

34
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



FACULTAD DE INGENIERIA

**SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ANALISIS
DE CANALES IONICOS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACION
P R E S E N T A N :
MIRIAM CECILIA MARIN FRAGOSO
MATEO MASAYOSHI SAITO HATA

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. SERGIO GUZMAN LARA**



MEXICO, D. F.

1990

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

D E D I C A T O R I A

Al recuerdo de mi abuelita:

Isabel Castañares Vda. de Frago

que llevo dentro de mí y quien, con su Sabiduría, Fortaleza
y Ternura, me enseñó los verdaderos
valores de la existencia.

Miriam.

A todos mis tíos:

por su amor, apoyo y buen ejemplo, siempre presentes en mí,
no importando el vivir o no. En especial a:

Manuelita, por su gran comprensión y cariño.

Juan, por su fortaleza y moralidad.

Alberto, por su valiosa responsabilidad y
dedicación.

A mis padres:

Ma. Elena Fragoso de M. y Daniel Marín G.

por ser coautores de mi vida.

A Mateo,

por su apoyo invaluable a través de mis estudios.

A la madre Lourdes López y a la Srita. Nina Romero. Gracias.

Miriam.

A mis padres:

Namie Hata de Saito y Mateo Saito Saito

**De quienes he recibido siempre una total ayuda y comprensión,
y a quienes dedico principalmente este trabajo, con el cual
culmina una etapa importante en nuestras vidas.**

A Silvia

SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ANALISIS DE CANALES IONICOS

1.- Definición del problema	1
1.1 Introducción a los Canales Iónicos.....	2
1.1.1 Antecedentes en el análisis de Canales Iónicos.....	4
1.1.2 Antecedentes en sistemas y métodos usados en el estudio de Canales Iónicos.	10
1.2 Objetivo y justificación.	12
1.3 Características del Hardware y del Software. ..	14
1.3.1 Hardware.	14
1.3.2 Software.	14
2.- Análisis del Problema (Selección del Método).	16
2.1 Requerimientos iniciales.	17
2.2 Problemas en la detección de aperturas de Canales Iónicos.	19
2.2.1 Limitantes superadas.	20
2.3 Funcionamiento del Convertidor Analogico/Digital LAB MASTER DMA.	23
2.3.1 Descripción de la tarjeta LAB MASTER DMA.	23

2.3.2	Intefaz con la computadora.	24
2.3.3	El Timer AM9513.	26
2.3.4	Caracteristicas de operación del convertidor A/D.	29
2.4	Teclado auxiliar.	30
3.-	Diseño del Sistema.	33
3.1	Diagrama General.	34
3.2	Diagrama del Sistema.	35
4.-	Desarrollo del Sistema (Programas).	37
4.1	Desarrollo de rutinas generales para manejo de archivos.	39
4.1.1	Esquema general.	39
4.1.2	Rutinas para manejo de Subdirectorios. ..	42
4.1.3	Rutinas para manejo de Grupos.	42
4.1.4	Rutinas para manejo de Archivos.	44
4.2	Captura.	45
4.2.1	Calibración.	45
4.2.2	Parámetros.	48
4.2.3	Adquisición de datos.	49
4.2.4	Osciloscopio.	49
4.3	Análisis y Reportes.	50
4.3.1	Manipulación de la señal.	50
4.3.1.1	Editar.	50
4.3.1.2	Filtrado.	54
4.3.1.3	Borrar y Desborrar la señal.	58

4.3.1.4	Salvar la señal.	59
4.3.2	Fijar nivel de ruido.	59
4.3.3	Fijar amplitud de niveles.	61
4.3.4	Detección.	63
4.3.4.1	Presencia de multiestados.	63
4.3.4.2	Presencia de ruido.	65
4.3.4.3	Existencia de muestra única.	66
4.3.4.4	Obtención de la línea basal.	66
4.3.4.5	Método usado y diagrama de flujo.	69
4.3.5	Reportes.	77
4.3.5.1	Amplitud por nivel.	77
4.3.5.2	Probabilidad por niveles.	79
4.3.5.3	Tiempo por nivel.	80
4.3.5.4	Probabilidad por eventos.	82
4.3.6	Conversión de datos a código ASCII.	83
4.4	Utilerías:	84
4.4.1	Subdirectorios.	84
4.4.2	Grupos.	86
4.4.3	Archivos.	88
4.4.4	Utilerías auxiliares.	89
4.4.4.1	Manejo de menú en modo gráfico.	89
4.4.4.2	Rutina de lectura datos en modo gráfico.	90
4.4.4.3	Impresión en modo gráfico.	90
4.4.5	Importar archivos.	90

5.- Resultados y Conclusiones. (Alcances).	93
6.- Bibliografía.	96
7.- Apéndices.	
7.1 Manual de Usuario.	100
7.2 Características de los archivos fuente.	126

1.- DEFINICION DEL PROBLEMA.

1.1 Introducción a los Canales Iónicos.

1.1.1 Antecedentes en el análisis de Canales Iónicos.

1.1.2 Antecedentes en sistemas y métodos usados en el estudio de Canales Iónicos.

1.2 Objetivo y justificación.

1.3 Características del Hardware y del Software.

1.3.1 Hardware.

1.3.2 Software.

DEFINICION DEL PROBLEMA.

1.1 Introducción a los Canales Iónicos.

La transmisión de señales eléctricas es la base del funcionamiento de algunos sistemas de los seres vivos. Sin embargo, para entender la transmisión de estas señales se necesita estar familiarizado con la biofísica de las membranas celulares, especialmente con el transporte de iones a través de las membranas y con las características de los potenciales eléctricos entre ellas.(14)

Sabemos que la célula mantiene una diferencia de potencial eléctrico entre sus medios interno y externo, es decir, a través de la membrana celular.

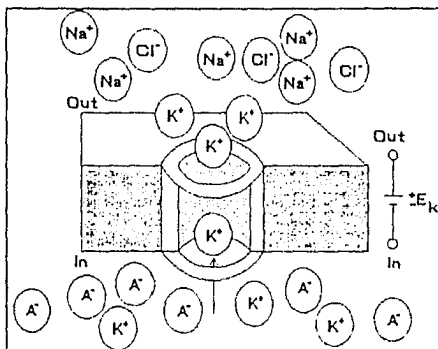
La membrana celular es la barrera que las partículas y el agua deben atravesar para entrar o salir de la célula. Esta membrana mantiene una concentración óptima de sustancias en el interior de la célula y controla el volumen del líquido en la misma, la distribución de iones, el paso de oxígeno y bióxido de carbono y el de pequeñas y grandes moléculas.

Un ión es un átomo o molécula con carga eléctrica. Entre los diferentes iones que son activamente transportados a través de las membranas celulares están los de: sodio, potasio, calcio, hidrógeno, hierro, yoduro y cloruro.(14)

La fluctuación o paso de iones a través de la membrana será nuestro punto de estudio. Por lo tanto, analizaremos la corriente que pasa a través de la membrana celular la cual es producida por la diferencia de la concentración de ciertos iones en ambos lados de la misma.

La membrana es atravesada por conductos, que son llamados **Canales Iónicos**. Existen canales separados para los diferentes iones, los cuales se hallan controlados por entradas o barreras. Los canales son sistemas que contienen proteínas y que se extienden a través de la membrana. Estos sistemas reconocen y permiten específicamente el transporte facilitado de diferentes iones. Para cada tipo de ión existe un sistema con propiedades específicas distintas.(32). Por ejemplo, por un canal simple pueden pasar 20 pA. decorriente,

lo cual es equivalente a un flujo de aproximadamente 100,000,000 de iones/seg.

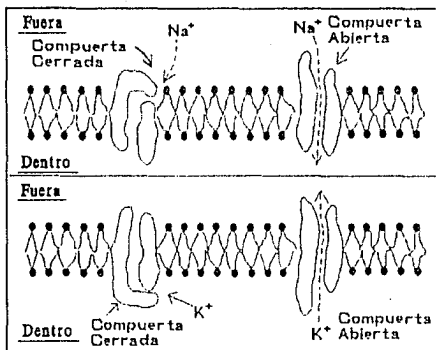


Movimiento de iones a través de la membrana.

Los cambios conformacionales pueden tornar este flujo en abierto o en cerrado, produciendo así pulsos de corriente que son adquiridos y estudiados por el investigador, como la obtención de estadísticas sobre su comportamiento.(30)

Por lo menos 20 diferentes tipos de canales de las diversas clases de iones han sido descubiertos por medio de registros eléctricos y por métodos farmacológicos, y muchos tipos más faltan por descubrirse.(23)

La permeabilidad de la membrana, es decir, la habilidad de las células para abrir y cerrar sus canales iónicos, puede ser medida directamente, pero estas medidas carecen del tiempo de resolución necesario para describir los movimientos del ión de las rápidas señales eléctricas que representan. Para lograr un mejor tiempo de resolución se necesita medir no el cambio en la permeabilidad iónica, sino su consecuencia, lo que es el flujo de corriente de iones y los cambios resultantes en el potencial de la membrana. Estas medidas tienen una duración de tan solo fracciones de milisegundos.(18)



Transporte de iones de sodio y potasio.
Se muestran los cambios de "abierto" y "cerrado".

El potencial eléctrico es mantenido en un cierto nivel por la membrana, la cual tiene una alta resistencia eléctrica y gran capacitancia. (La membrana actúa como un capacitor). (32)

Mediante estas dos características de la membrana se mantiene en equilibrio el transporte de iones a través de ella.

1.1.1 Antecedentes en el Análisis de Canales Iónicos.

Las señales de los canales fueron inicialmente observadas en membranas artificiales con doble capa (bilayer membranes) por Gordon y Haydon, en 1972 y también por Hladkey y Haydon en el mismo año, siendo los primeros en observarlas en membranas biológicas mediante el uso de uno de los métodos precursores del análisis de canales que fue el desarrollado por Neher y Sakmann y es llamado técnica Patch Clamp de registro de canales sencillos (Single Channel Recording). (10)

Este método se basa en la idea de que las corrientes de los canales iónicos tienen la forma de eventos discretos de duración aleatoria que tienden a representar una aproximación Gaussiana. Debido a que los resultados importantes son las amplitudes de corriente, la duración del canal en los tiempos

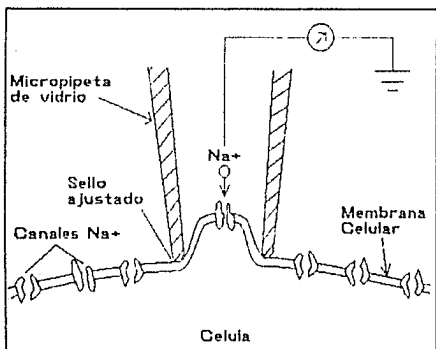
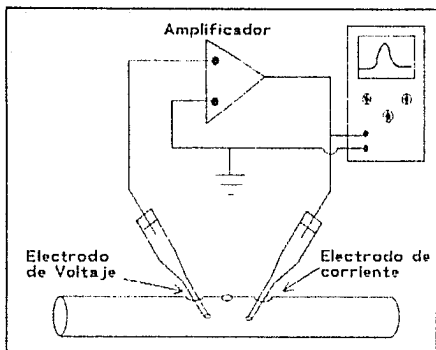
de "abierto" y "cerrado" y la posible correlación entre los parámetros, la obtención de las propiedades estáticas de los canales iónicos para cada registro es una actividad que requiere de mucho tiempo.(28)

El registro de la corriente de un canal es, en esencia, el registro de los cambios de una macromolécula simple. Aunque los canales de diferentes tipos exhiben distintos patrones de actividad, todos estos registros presentan dos niveles de corriente claramente definidos. El nivel bajo de corriente es, por lo regular, poco distinguible como corriente cero pues se presenta mucho ruido en estos registros. Este nivel es llamado estado cerrado. La corriente que se distingue con un nivel alto es llamada estado abierto y define la conductancia unitaria del canal. El objetivo del análisis de canales simples es interpretar las fluctuaciones aleatorias en términos de la estructura y transiciones conformacionales de la macromolécula. Para ser más exacto, el registro del canal solo revela las velocidades límites de transición entre los estados abierto y cerrado que ocurren al tiempo en que el registro es tomado. Por lo regular, la probabilidad de encontrarse en un estado es constante durante todo el registro.(23)

El Patch Clamp es una técnica que puede resolver fácilmente el análisis de los pulsos de corriente, haciendo de esta la técnica más conocida y sensitiva para el estudio de los cambios conformacionales en los canales. Con las técnicas macroscópicas tradicionales las propiedades cinéticas y de permeabilidad de los canales iónicos estaban inferidas por medidas de amplitud y tiempo de corriente provenientes de ensambles de muchos miles de canales.

Con el Patch Clamp las velocidades de transición entre varios estados del canal y la amplitud de corriente de cada estado puede ser medida directamente para canales individuales.(30) y (18)

La característica esencial de la técnica del Patch Clamp es el aislamiento de un pedazo de membrana celular (de pocos micrómetros) dentro de la punta de una micropipeta de cristal. La corriente que fluye dentro y fuera de la pipeta, atravesando el pedazo de membrana es medida bajo condiciones apropiadas conociendo así la corriente que pasa por un canal.



Método de Patch-Clamp

Fig. Superior. medición de la corriente producida por el movimiento de iones.

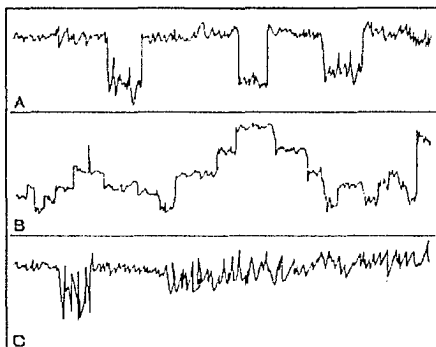
Fig. Inferior. pequeña porción de membrana en donde se mide la corriente

La forma de iniciar un potencial de acción es mediante un estímulo. Este puede ser: mecánico, térmico, químico-osmótico o por estimulación eléctrica. (32) y (14). El tipo de

estimulación más fácilmente regulado y menos nocivo para uso experimental es el eléctrico, y por lo tanto es el utilizado con más frecuencia por el investigador.(32) y (14)

Existen variaciones en las características de las corrientes de los canales pero típicamente son pulsos rectangulares con una amplitud de unos pocos picoamperes que persisten por tiempos desde milisegundos hasta segundos.(30) y (2)

En la siguiente figura se muestran algunas corrientes de canales simples típicos.(30)



Además de su gran sensibilidad, la técnica del Patch-Clamp tiene varias ventajas sobre los métodos macroscópicos en la medida de las corrientes de los canales. El sello entre la celda de la membrana y el electrodo es mecánicamente estable de modo que la parte de membrana analizada puede ser excitada en su cara extracelular. Además, por la alta impedancia de la parte de membrana con la pipeta, las corrientes de los canales sencillos son virtualmente libres de errores como los causados por: resistencias, espacio incompleto de contacto, los efectos acumulados de los iones, etc.(30)

Como ya hemos mencionado, el prototipo de la corriente de un canal sencillo es un pulso rectangular que sube y regresa a una línea basal a una velocidad límite. Los tiempos

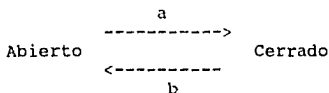
de apertura de los canales están comunmente agrupados como lo muestra la figura 1A y 1C. En registros en donde la actividad de canal es baja, la línea basal puede ser definida con seguridad como el nivel de corriente entre los grupos; sin embargo cuando más de un canal esta abierto (ver fig. 1B) la línea basal es difícil de definir. Si la velocidad de cambio entre los estados de conducción y de no conducción de un canal son comparables con el ancho de banda del sistema, las amplitudes y la duración de los eventos individuales son más difíciles de resolver (ver fig.1C) (30)

Comunmente más de un tipo de canal esta activo en un registro. En algunos casos estos diferentes tipos de canal pueden ser seleccionados en base a la amplitud (Fig. 1C). (30)

El propósito general del análisis de los datos del registro de canales envuelve la evaluación de 4 características en el registro:

- 1) La amplitud de la corriente de 1(os) estado(s) abierto(s) con respecto al estado cerrado (amplitud de corriente nula).
- 2) La probabilidad de encontrar el canal abierto a través de todo el registro.
- 3) La distribución de probabilidad de la duración de los eventos de estado abierto.
- 4) La distribución de probabilidad de la duración de los eventos de estado cerrado.(23)

Una forma sencilla de conocer la cinética de las fluctuaciones de un canal entre sus estados de abierto y cerrado pondría ser descrita por el siguiente esquema cinético: (21)



En este esquema las constantes a y b nos hablan de la probabilidad de que se llegue a un estado, dependiendo de la constante de que se hable, en el caso de que se presenten más estados, habrá más constantes las que, al igual que las anteriores, nos hablarán de la probabilidad de que se llegue a un estado determinado.(21)

Con estas constantes bien definidas podemos encontrar la probabilidad de permanencia en cada estado o nivel del registro. Lo que interesa al investigador es encontrar el valor de estas constantes, por lo que se requiere que los sistemas computacionales ofrezcan la probabilidad de permanencia en cada estado o nivel la cual ayudará a determinar estas constantes. (21)

Otra forma de obtener estas constantes es midiendo el tiempo en que un canal permanece en un estado determinado, lo que quiere decir, encontrar la probabilidad de que un canal permanezca en este estado una vez que se haya llegado a él. Esto nos da como resultado una gráfica exponencial que tiende a cero. (21)

Otra manera de obtener las constantes es encontrando los tiempos medios de permanencia en cada estado o nivel del registro. (21)

Si todos los estados de un canal son distinguibles, entonces la estimación de transiciones son realmente simples de determinar, pero desgraciadamente la mayoría de los canales existen en más de un estado que no puede ser identificado con facilidad. (30).

El análisis de datos cinéticos se vuelve más complicado si más de un canal está activo en el registro porque los tiempos entre las transiciones observadas muchas veces no pueden ser atribuidas a un canal simple. (30). (Ver fig. 1B, punto anterior).

Los modelos de la actividad de los canales iónicos pueden ser construidos usando algunas suposiciones básicas acerca de procesos aleatorios. Estas suposiciones son las siguientes:

- 1) Los canales existen en "estados" discretos los que tienen periodos de vida mucho más largos que el tiempo necesario para cambiar entre estados.
- 2) La probabilidad de que una transición dada ocurra depende solamente del estado actual del canal, y no de su historia pasada.
- 3) La velocidad de cambio entre dos estados está determinada por un parámetro simple, la constante de velocidad, la cual es invariante con el tiempo pero pondría depender de condiciones externas tales como voltaje o temperatura.

La consecuencia de estas tres suposiciones es que el periodo de vida de cualquier estado está descrito por una función exponencial sencilla cuya constante de tiempo es el

inverso de la suma de todas las velocidades en que se toma ese estado.(10)

1.1.2 Antecedentes en sistemas y métodos usados en el estudio de Canales Iónicos.

Existe una metodología acerca de la forma de estudiar este tipo de señales y que los autores toman y recomiendan siempre, la cual consiste básicamente en seguir los siguientes pasos: (30)

- 1) Adquisición de Datos.
- 2) Almacenamiento.
- 3) Filtrado.
- 4) Detección de los eventos de canales.
- 5) Histogramas y funciones de probabilidad.

La manera en que hasta ahora se han tratado de cubrir los pasos anteriores se describe en los siguientes párrafos:

Es posible analizar un número moderado de eventos sin una computadora por medio del registro temporal que puede desplegarse en un osciloscopio. El evento puede ser medido y trazado en los ejes "X" y "Y". Este método es conveniente para producir gráficas pero es muy lento para el análisis a gran escala.(29)

Existe un programa realizado por R. FitzHugh pero asume que el canal solo presenta 2 estados; abierto y cerrado. Considera la presencia de una línea basal a partir de la cual se mide la corriente de apertura del canal, tomando en cuenta la desviación estándar del ruido y no considerando la presencia de más de un estado de apertura. Este programa trabaja correctamente cuando se trata de datos simulados.(29)

Horn y Lange en 1982 desarrollaron otro programa mucho más complejo que el anterior pero presenta la siguiente gran desventaja: cuando la señal analizada viene acompañada de ruido presenta información falsa en su salida. Este programa requiere 5 días para analizar un archivo y, del mismo modo que el anterior, provee de resultados correctos solo si analiza datos simulados, es decir, datos teóricos.(29)

En 1982 se desarrolló un programa para el análisis, llamado IPROC, por F. Sachs, J. Neil y N. Barkakati que presenta las siguientes características: (28)

- Los datos son digitalizados y almacenados en un disco duro.

- Posteriormente, los datos adquiridos son filtrados con un filtro paso bajas.

- Después del paso anterior, este programa propone una "línea basal fija".

- El siguiente paso que realiza es la detección de las transiciones válidas de corriente tomando estas dos consideraciones:

- a) Para realizar la detección de eventos considera que un canal se abre si presenta una corriente que supere en el doble la desviación estándar del ruido tomada desde la línea basal propuesta.
- b) La estimación inicial de la amplitud de corriente es dada por el usuario y se mantiene "fija" durante la detección de todo el registro. (28)

Existe otro sistema más para el análisis de canales iónicos desarrollado por F. J. Sigworth que se subdivide en tres programas independientes, uno para captura de datos, el que sigue para detección de aperturas y el último para el análisis estadístico y generación de histogramas. A continuación presentaremos algunos de los métodos usados para el desarrollo de estos tres programas: (29)

- El programa de captura contiene una rutina de muestreo basada en el manejo de interrupciones y también tiene la capacidad de rechazar las muestras que se deseen. (29)

- El programa que maneja la detección de aperturas se basa en un algoritmo demasiado sencillo que se conoce como "umbral al 50%", ya que solo fija un umbral al 50% de la amplitud de la apertura del canal y en base a esto los datos que se encuentren por encima de este umbral serán considerados como aperturas, de lo contrario serán cierres del canal. Debido al método del 50%, se puede hacer notar que aunque maneje más de dos estados, puede presentar resultados erróneos a la hora de que la basal tenga un ligero cambio de amplitud, es decir, de posición, al igual que las amplitudes de aperturas, pues no todas estas amplitudes son múltiples unas de otras, existiendo con ello aperturas sin determinar. (29)

- El tercer programa, para llevar a cabo la estadística, muestra histogramas de cada uno de los niveles encontrados dando la información de amplitud y de tiempo de permanencia en cada nivel. (29)

Se han trabajado ya muchos años en el desarrollo del análisis automatizado de estos datos y cada vez se han obtenido algoritmos más complejos. (28) Existen programas más rápidos que detectan y analizan alrededor de 5,000 eventos en 40 horas, (29) pero presentan, similarmente, las desventajas de los programas antes mencionados.

1.2 Objetivo y Justificación.

El sistema que se presenta forma parte de un proyecto mayor integrado a su vez por sistemas de Análisis de Señales que se están desarrollando en la Unidad de Cómputo del Instituto de Fisiología Celular (I.F.C.) de la UNAM. Tomando en cuenta que entre estos sistemas existen algunos procesos similares, (captura de señales y manejo de archivos) se decidió que, para evitar duplicidad de esfuerzos, el desarrollo de estos módulos se dividirían entre varios tesisistas de la Unidad. Por ello, uno de los objetivos de nuestra tesis fue el desarrollo de un conjunto versátil de rutinas para manejo de archivos que pudieran ser usadas tanto por nuestro sistema como por los demás.

Por otro lado, en el I.F.C., y en otros centros de investigación, existen varios investigadores interesados en los mecanismos electroquímicos que intervienen en la apertura y cierre de los canales iónicos de las membranas celulares y para todos los experimentos relacionados con estas investigaciones se requiere de un sistema que permita cuantificar la dinámica de los canales iónicos (amplitud, frecuencia y duración de las aperturas, número de canales involucrados, etc.). Esta cuantificación la realiza normalmente el investigador al examinar visualmente la gráfica del comportamiento eléctrico de la membrana. Sin embargo, este proceso requiere de mucho tiempo por parte del investigador, ya que el nivel de automatización es bajo y en ciertas ocasiones se vuelve manual, además de que se introducen errores de tipo humano.

El objetivo principal del presente trabajo es desarrollar un Sistema Computacional que permita analizar el registro de las fluctuaciones provocadas por la apertura y el cierre de los canales iónicos en membranas celulares para un número "N" de aperturas de canales.

El método ideal de análisis propuesto es el uso de una computadora para comparar los datos de un modelo y calcular

sus parámetros más relevantes. Manejando, principalmente, dos tipos de problemas:

- Primero, el sistema debe ser capaz para identificar los eventos aún cuando tengan forma variable y estén distorsionados, sobre todo por la contaminación de ruido.
- Segundo, ya que los eventos hayan sido identificados, el mismo programa debe ser hábil de comparar los resultados con las predicciones teóricas.

Además se deben tener presentes dos consideraciones de gran importancia en la detección de eventos que posteriormente describiremos con mayor detalle:

- 1) Las líneas basales no son perfectamente planas, así que se necesita de un algoritmo exacto y robusto para definir la línea basal.
- 2) Deben ser aplicados criterios adicionales para la detección de eventos antes de que estos sean aceptados por el análisis. Esta validación es necesaria porque los registros a menudo contienen corrientes de más de un tipo de canal.(30). Si todos los estados de un canal son distinguibles, entonces la estimación de transiciones es realmente simple de determinar, pero desgraciadamente la mayoría de los canales existen en más de un estado que no puede ser identificado con facilidad. Conforme se incrementa el número de canales abiertos, aumenta el nivel de dificultad del sistema que los analiza.

Se ha trabajado muchos años en el desarrollo del análisis de estas señales y se han obtenido algoritmos complejos pero los sistemas que ya existen son insuficientes en su etapa de detección debido a las desventajas ya antes mencionadas, dando información incompleta para realizar el adecuado estudio de los canales iónicos.

La realización de este proyecto, principalmente, contempló 4 tipos de actividades:

- 1) Realización de un sistema totalmente nuevo que mejorara las capacidades de proyectos anteriores.
- 2) Adaptación del sistema a diferentes y variados ambientes de cómputo.
- 3) Depuración de errores.

- 4) Y por último, el desarrollo de subrutinas para el manejo eficiente de los archivos utilizados, que abarcan manejo de subdirectorios y de grupos de archivos del mismo tipo. Además de la rutina de Calibración del sistema, que servirá para la correcta interpretación de los datos adquiridos y de rutinas auxiliares sobre el manejo de menús en modo gráfico.

1.3 Características del Hardware y del Software.

1.3.1 Hardware.

Se eligió la familia de computadoras IBM PC y compatibles incluyendo la XT, AT, la 80386, la 80486, etc. por lo siguiente:

- Son las computadoras con mayor aplicación en la actualidad y conocidas por el mayor número de investigadores que usarán el sistema.
- La memoria principal que se incluye en este tipo de máquinas es de, por lo menos, 640 KBytes, siendo suficiente para la ejecución del sistema.
- El reloj puede ser de 12 MHertz o mayor, lo que incrementa enormemente la rapidez de procesamiento.
- Permiten el uso de coprocesadores matemáticos como el 80287 y el 80387, con los cuales se obtendría aún una mayor rapidez en el procesamiento de datos.

Se usó el Convertidor Analógico Digital LAB MASTER DMA (Scientific Solutions Inc.) por ser el más ampliamente difundido en los laboratorios de investigación del área.

1.3.2 Software.

- Nuestro sistema corre bajo el sistema operativo MS-DOS (Disk Operating System) mayor o igual a la versión 2.0, por ser el de mayor uso y más apropiado para el manejo del lenguaje en que se desarrolló el sistema.
- El sistema fue desarrollado en los lenguajes de programación Turbo Pascal versión 5.5 y Turbo Ensamblador versión 1.0. El compilador Turbo Pascal se seleccionó pues el medio ambiente de trabajo que nos

ofrece facilita la tarea de programación, ya que cuenta con las siguientes ventajas:

- a) Editor de programas completo y de fácil manejo.
- b) Debugger integrado.
- c) Compilador integrado y de mayor rapidez que versiones anteriores.
- d) De fácil interfaz con lenguaje Ensamblador.
- e) Cuenta con numerosas instrucciones que nos facilitan el manejo de archivos, de subdirectorios, manejo de gráficos, captura de datos, etc.

El uso de la programación en Turbo Ensamblador contribuyó a disminuir el tiempo de respuesta de algunas rutinas claves (como el filtrado de la señal).

2.- ANALISIS DEL PROBLEMA (SELECCION DEL METODO).

2.1 Requerimientos iniciales.

2.2 Problemas en la detección de aperturas de Canales Iónicos.

2.2.1 Limitantes superadas.

2.3 Funcionamiento del Convertidor Analógico/Digital LAB MASTER DMA.

2.3.1 Descripción de la tarjeta LAB MASTER DMA.

2.3.2 Interfaz con la computadora.

2.3.3 El Timer AM9513.

2.3.4 Características de operación del convertidor A/D.

2.4 Teclado auxiliar.

ANALISIS DEL PROBLEMA (SELECCION DEL METODO).

2.1 Requerimientos iniciales.

Analizando, junto con investigadores interesados en el tema, las características más deseables de un sistema de análisis de Canales Iónicos y tomando como referencia algunos sistemas comerciales llegamos a los siguientes requerimientos para el nuevo sistema:

- Debido a la importancia de la adquisición de datos, se prestó a esta parte una especial atención, construyendo una subrutina que permitiera una adquisición precisa y libre de errores, que presentara la gráfica de la señal adquirida, que funcionara como un osciloscopio y que fuese rápida; para lo cual se eligió el convertidor A/D LAB MASTER DMA manejado por una rutina que se desarrolló previamente en la Unidad de Cómputo del Instituto de Fisiología Celular, UNAM. Esta rutina se programó en Lenguaje ensamblador para un mejor control en la adquisición de cada dato.

- Las componentes indeseables de una señal son conocidas como "ruido"; señales aleatorias no predecibles debidas a fuentes tanto externas como internas. El ruido externo incluye a la interferencia proveniente de señales transmitidas por canales vecinos: el ruido generado por fallas de contactos en el equipo eléctrico, por luces fluorescentes y el ruido provocado por efectos de la naturaleza. Para contrarrestar este problema, se diseñan sistemas que filtren el ruido, o sea, que supriman las frecuencias no deseadas y que al mismo tiempo permitan la clara obtención de la señal. (16)

Ya que el ruido que acompaña a la señal adquirida es independiente de la actividad de los canales iónicos, su eliminación debe ocupar una fase opcional dentro del análisis de datos.

Existen dos posibilidades para el filtrado de datos: filtrado analógico y filtrado digital. El utilizar filtros analógicos (antes de digitalizar los datos) es un proceso más rápido pero induce algunos errores, pues se ve influenciado por interruptores, constantes inexactas, etc. lo que puede provocar el cambio del ancho de banda.(29). Por otro lado, en los filtros digitales la banda de paso es fácilmente modificable a diferencia de los analógicos.

Muy frecuentemente los filtros digitales son usados simplemente porque una computadora esta disponible y se necesita del filtrado. Muchas veces esta disponibilidad en un laboratorio pequeño podria hacer posible utilizar filtros digitales en aplicaciones donde el gasto de la construcción de un filtro analógico no sea justificado.(1)

Un filtro digital, en término generales, es cualquier dispositivo que acepta una secuencia de números como entrada y opera con ellos para producir otra secuencia de números como su salida. Un filtro digital puede ser implementado bajo la forma de un programa que corra en una computadora de propósito general.(1)

En el sistema se decidió anexas un módulo de filtrado digital (para mejorar el análisis y visualización de la señal) y en base a un algoritmo de filtrado ya existente, se modificaron algunas de sus partes, cambiándolas por rutinas en lenguaje Ensamblador para aumentar la rapidez de ejecución.

En esta fase (opcional) del análisis, los datos son pasados por un filtro paso-bajas para que las transiciones de abierto y cerrado sean mejor detectadas. El propósito de este filtro es limitar el nivel de ruido para que sean minimizadas las falsas detecciones y los canales de corriente sean fácilmente visualizados.(30)

Inevitablemente este filtrado causa que los eventos de duración pequeña (en tiempo) sean atenuados.(30). Además, cuando algunas aperturas de los canales se presentan demasiado pequeñas (en cuanto a su amplitud) es difícil detectarlas ya que son confundidas con el ruido. Por ello es recomendable evitar el filtrado para conservar estas pequeñas aperturas, ya que sin él se conservaría el ruido que en un momento dado ayudaría a no esconder la actividad del canal.(29)

Existen dos tipos generales de filtros digitales, recursivos y no-recursivos. La forma recursiva es también conocida como de respuesta al impulso infinita y emplea realimentación y la forma no recursiva es conocida como de respuesta al impulso finita y no emplea

realimentación. Los filtros recursivos ocupan menos memoria y son más rápidos en comparación con los filtros no recursivos, pero su diseño es más difícil y pueden llegar a ser inestables. Los filtros no recursivos son, generalmente, fáciles de implementar y no son inestables. Los coeficientes de un filtro no recursivo pueden ser obtenidos por medio de la transformada de Fourier en el dominio de la frecuencia. (29)

La opción tomada fue el desarrollo de un filtro digital no-recursivo usado en conjunto con una rutina basada en la Transformada Rápida de Fourier. (FFT).

Por ser el paso más importante, se dio a la detección de aperturas de los canales un mayor énfasis. Se trabajó en el diseño e implementación de un algoritmo inteligente, exacto y robusto; eliminando al máximo los errores cometidos por diseños anteriores, mediante la creación y desarrollo de nuevas ideas en cuanto al proceso de detección.

Estas nuevas ideas se enfocan principalmente al manejo de una línea basal móvil, a la aceptación de multiestados en las aperturas de los canales, a la correcta manipulación del ruido para evitar errores en la detección, etc.

2.2 Problemas en la detección de aperturas de Canales Iónicos.

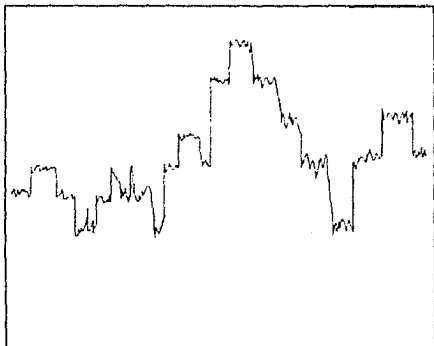
Como se ha mencionado, las señales provenientes del registro de aperturas de canales iónicos se presentan como eventos en forma de pulsos rectangulares, discretos y de duración aleatoria, acompañadas de ruido.

La detección de aperturas de canales en los registros involucra la estimación del tiempo y de la amplitud de cada transición en el registro de corrientes. La lista de estos valores describe un registro ideal, que es la aproximación verdadera a la actividad del canal y sirve como un conjunto de datos para el análisis estadístico de la cinética.

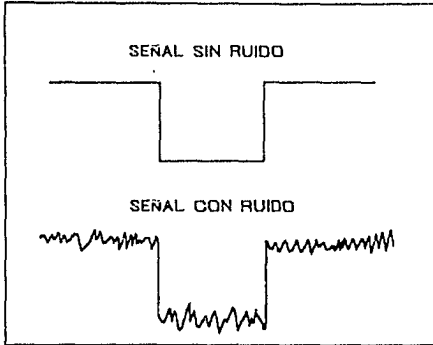
2.2.1 Limitantes superadas.

En la práctica, algunas de las transiciones originales se pierden en el proceso de detección debido principalmente a seis causas:

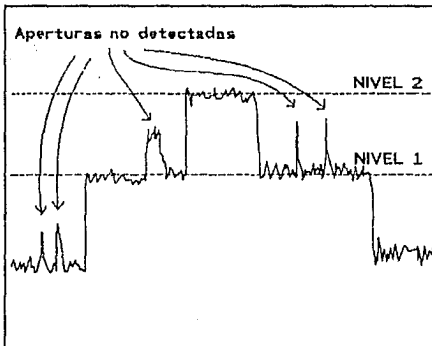
- 1) El registro de corrientes presenta más de un nivel, lo que nos habla de la existencia de multiestados. Ver figura siguiente.



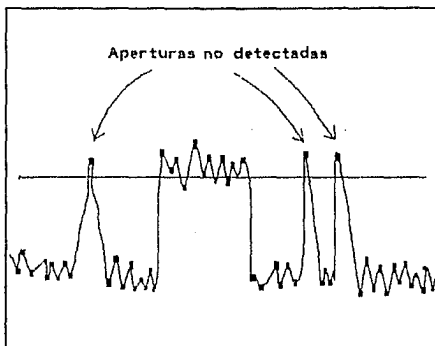
- 2) La señal viene acompañada de ruido. Ver figura siguiente.



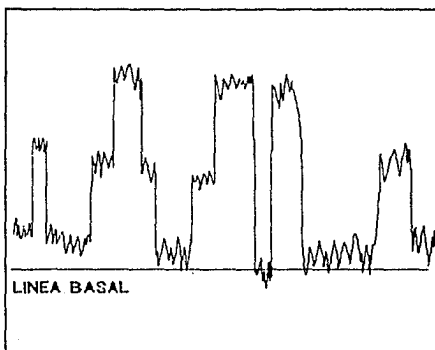
- 3) Existen aperturas demasiado pequeñas en amplitud que no entran dentro del nivel requerido para que se considere como un cambio de estado. Ver figura siguiente.



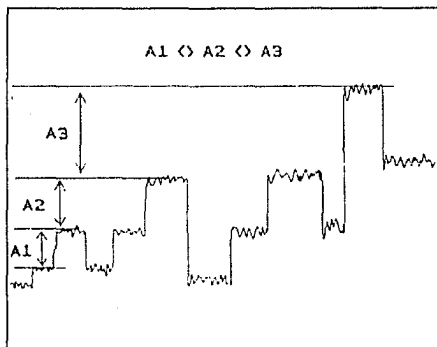
- 4) Por otro lado existen aperturas que si alcanzan la amplitud necesaria para determinar su cambio, pero ocurre en estos casos que la duración en puntos digitales no es lo suficientemente larga como para que el programa lo logre detectar. Ver figura siguiente.



- 5) El valor de corriente del nivel más bajo de la señal (nivel basal) presenta ligeras variaciones a través del tiempo con respecto a su valor original. Ver figura siguiente.



- 6) Los valores de las amplitudes de corrientes de las aperturas de canales no son siempre unos múltiplos de otros. Ver figura siguiente.



2.3 Funcionamiento del Convertidor Analógico/Digital.

Las señales, para ser procesadas por computadora, deben ser convertidas a formato digital por medio de un convertidor analógico-digital (CAD). (20)

2.3.1 Descripción General de la tarjeta LAB MASTER.

En el sistema que se presenta se utilizó la tarjeta PC LAB MASTER DMA para la realización de la conversión Analógica-Digital y para controlar la frecuencia de muestreo.

Este periférico consta físicamente de dos tarjetas: la "madre" y la "hija". La tarjeta madre se coloca en alguno de los slots de expansión de la computadora y la hija esta conectada a la madre por medio de un cable plano. Todo el conjunto consta de los siguientes módulos:

- Un Convertidor analógico-digital con las siguientes características:
 - a) Hasta 16 canales.
 - b) Disparo externo opcional.
 - c) Resolución de 12 bits.
 - d) Capacidad para interrumpir al procesador de acuerdo con varias banderas.
- Dos convertidores Digital-Analógico independientes de 12 bits.
- Un Timer (AM9513) con 5 contadores de 16 bits (que pueden ser conectados en cascada) y con capacidad para interrumpir al procesador, así como para iniciar la conversión Analógica-Digital.
- Un puerto en paralelo (Intel 8255) con 24 líneas de entrada/salida que pueden agruparse en 3 grupos de 8, utilizando algunas de entrada y otras de salida.

2.3.2 Interfaz con la Computadora.

La comunicación entre la computadora y la tarjeta se hace a través de 16 bytes consecutivos que pueden mapearse en memoria o en puertos de I/O (esto último se fija con los jumpers J5 de la tarjeta madre). La dirección a partir de la cual se encuentran esos 16 bytes se fija mediante los interruptores SW1, SW2, y SW3 de la tarjeta. En nuestro caso se optó por el mapeo de I/O (para evitar posibles conflictos con las muchas tarjetas expansoras de memoria) y por una dirección de inicio de 1808.

A continuación se presenta la función de cada uno de los bytes de interfaz con la tarjeta (suponiendo que la dirección base es INI):

Dirección	Lectura o escritura	Función
INI + 0	escritura	Son los 8 bits menos significativos del convertidor D/A #0.
INI + 1	escritura	Son los 8 bits más significativos del convertidor D/A #0.

Dirección	Lectura o escritura	Función
INI + 2	escritura	Es el byte menos significativo del convertidor D/A #1.
INI + 3	escritura	Es el byte más significativo del convertidor D/A #1.
INI + 4	escritura	Es el byte de control del convertidor A/D (que mas adelante se explica).
INI + 5	escritura	Es el número del canal de entrada para el convertidor A/D.
INI + 6	escritura	Este byte sirve para controlar por software el inicio de una conversión (lo cual se logra escribiendo cualquier cosa en esta localidad).
INI + 7	escritura	Escribir aqui cualquier cantidad equivale a mandar un Acknowledge a la interrupción originada por el Timer.
INI + 4	lectura	Byte de Status del convertidor A/D (el cual se explica mas adelante).
INI + 5	lectura	Es el byte menos significativo de la entrada A/D.
INI + 6	lectura	Es el byte más significativo de la entrada A/D.
INI + 8	ambas	Este byte sirve de comunicación con el puerto de datos del Timer.
INI + 9	ambas	Este byte sirve de comunicación con el puerto de control del Timer.

Dirección	Lectura o escritura	Función
INI + 12	ambas	Este byte sirve de comunicación con el puerto en paralelo A del 8255.
INI + 13	ambas	Este byte sirve de comunicación con el puerto en paralelo B del 8255.
INI + 14	ambas	Este byte sirve de comunicación con el puerto en paralelo C del 8255.
INI + 15	lectura	Byte de control del puerto en paralelo (o sea, del 8255).
INI + 0 a + 3	lectura	No usado.
INI + 7	lectura	No usado.
INI + 10 a + 12	ambas	No usado.
INI + 15	lectura	No usado.

2.3.3 El Timer AM9513

- Arquitectura:

El AM9513 System Timer Controller es un circuito que se compone de un solo chip que consta de varios registros internos, a los cuales se tiene acceso por medio de dos puertos de 8 bits: el de datos y el de control (los cuales, según se menciona en el párrafo anterior, están mapeados en INI + 8 e INI + 9 respectivamente).

Por medio del puerto de control se tiene acceso a tres registros internos del Timer:

- Command Register: Este registro cuenta con 8 bits y es usado para inicializar, parar o salvar el contenido de un contador. En otras palabras, por medio de este registro se mandan los comandos para controlar la operación del Timer.
- Data Pointer Register. Este registro es de 6 bits y es usado para determinar qué registro interno es accesible

desde el puerto de datos. De tal forma que, para cargar algún valor a cualquiera de los registros internos, se debe mandar la orden al puerto de control para que el Data Pointer Register apunte a dicho registro y a continuación se escribe el valor deseado en el puerto de datos.

- Status Register. Este registro es de 6 bits e indica el estado de la señal OUT de cada uno de los contadores.

Y por medio del puerto de datos tenemos acceso a los siguientes registros:

- Master Mode Register.
- Counter Mode Register (5).
- Load Register (5).
- Hold Register (5):
- Alarm Register (2):

Los que a su vez están divididos en dos grupos: uno que pertenece a los contadores y otro al control de los mismos como sigue:

Para los contadores existen 5 grupos de registros que contiene cada uno lo siguiente:

- Un Mode Register de 16 bits: Este registro sirve para seleccionar una de las 16 entradas al contador, modos de repetición, tipo de conteo (BCD o binario, descendente o ascendente) y la compuerta usada.
- Un Load Register de 16 bits: Cada uno de estos registros controla el periodo de conteo inicializando al contador con un valor definido por el usuario. La interpretación de este número va de acuerdo al tipo de conteo que se escogió (BCD o binario).
- Un Hold Register de 16 bits: Cada uno de estos 5 registros salva el valor actual de cada contador.

Mientras que el grupo de control cuenta con los siguientes registros:

- El Master Mode Register de 16 bits: Este registro controla las actividades internas que no son realizadas por el Mode Register, es decir, frecuencia de salida, operaciones del tiempo diario, comparaciones y la

división binaria o BCD de la fuente interna de oscilación.

- Dos Alarm Register de 16 bits: Los contadores 1 y 2 son los que contienen los Alarm Register.

Es necesario hacer notar que por cada uno de los 5 contadores del Timer existen 3 conexiones externas asociadas (lo que da un total de 15).

OUT1 - OUT5: Conexiones de salida (de las que, dependiendo de la configuración de los contadores, pueden obtenerse ondas cuadradas o pulsos).

SRC1 - SRC5: Conexiones de entrada (que pueden utilizarse para conteo de eventos externos).

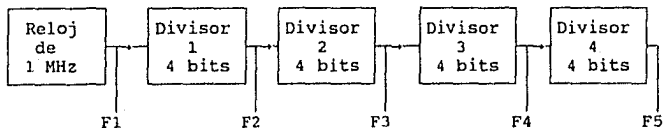
GATE1 - GATE5: Conexiones de entrada que pueden iniciar y suspender el conteo de cada contador.

También existe una salida de frecuencia programable (FOUT) y que no está asociada a algún contador en particular.

Aparte de la conexiones SCR1-SCR5 y GATE1-GATE5, la fuente de conteo de cada contador puede ser la salida de otro contador, o bien, alguno de los 5 relojes disponibles en el Timer. Estos relojes provienen de un reloj original de 1MHz que tiene la tarjeta y que se pasa por 4 divisores de frecuencia en el AM9513.

Los divisores de frecuencia pueden trabajar como divisores tipo BCD o divisores binarios, lo cuales se controlan con el Master Mode Register.

Los 5 relojes disponibles se muestran a continuación:



La siguiente tabla nos indica los valores que son usados para dividir la señal de 1MHz para las cinco frecuencias de entrada (F1 a F5) para los contadores.

Frecuencia	BCD	BINARIO
F1	1	1
F2	10	16
F3	100	256
F4	1000	4096
F5	10000	65536

Por lo visto con anterioridad, la forma de trabajar con el Timer es en base a comandos mandados al puerto de control y de valores a cargar en cada registro interno que se mandan al puerto de datos. Por lo mismo, para entender la secuencia de programación del Timer, es necesario conocer estos comandos así como la función de cada registro interno.

2.3.4 Características de operación del Convertidor A/D

La conversión de un voltaje analógico a información digital se realiza con la tarjeta hija del LAB MASTER y solo puede convertir un voltaje analógico a su equivalente digital a la vez.

Una señal analógica es normalmente convertida en información digital en tres pasos:

- Cuando la señal de inicio de conversión es recibida, el modulo obtiene el número de canal almacenado en el A/D Input Channel Register.
- Una muestra es tomada de la señal del canal seleccionado y puesta en un circuito "de muestra y adquisición". Este circuito se pone en modo de adquisición y sirve para mantener la entrada del convertidor Analógico/Digital en un valor constante durante el proceso de conversión.
- La señal analógica es transferida al circuito convertidor. Usando un método de aproximación sucesiva la entrada analógica es obtenida después de que el proceso de conversión es completado, el dato digital se envía al A/D Output Data Register de la tarjeta madre.

El modelo de la tarjeta con la que se trabajó cuenta con un convertidor A/D de 12 bits (los fabricantes mencionan que también existen modelos de 14 y 16), una velocidad de conversión de 30KHz y capacidad para muestrear hasta 16 canales.

El rango de entrada se puede seleccionar por medio de unos conectores que tiene la tarjeta. Los rangos disponibles son:

- -10 a +10 volts.
- 0 a 10 volts.
- -5 a +5 volts.
- 0 a +5 volts.

El formato de la salida del convertidor también se controla mediante conectores y se puede optar por complemento a dos, o bien, por un formato binario.

En nuestro caso se optó por fijar los conectores a un rango de -10 a +10 volts, se usó un formato binario y se conectó el pin de External Start del convertidor a la salida OUT5 del Timer.

2.4 Teclado Auxiliar

Debido a que la parte de adquisición de la señal bioeléctrica es crucial en sistemas de este tipo, se tiene que acelerar al máximo la rapidez de ejecución de dicho módulo. Esto se logró programando en ensamblador y deshabilitando las interrupciones. Sin embargo el hecho de deshabilitar las interrupciones nos impedía leer el teclado de la PC, y como el sistema esta planeado (en uno de sus módulos) para permitir al usuario modificar el canal desplegado en la adquisición en tiempo real, nos vimos en la necesidad de implementar un teclado auxiliar para dicha comunicación (cuyo software se diseñó en el Instituto de Fisiología Celular).

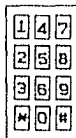
Normalmente los procesos de I/O son llevados a cabo por medio del Sistema Operativo. En particular, en una PC el BIOS (Basic Input Output System) forma la interfaz entre el MS-DOS y el hardware. Desafortunadamente las rutinas de control y sentido del teclado son lentas comparadas con las velocidades necesarias para trabajar en tiempo real. Nuestro sistema, al no utilizar estas rutinas y acceder directamente un puerto de I/O conectado al teclado auxiliar, ahorra gran cantidad de tiempo al microprocesador, pudiendo optimizar la etapa de análisis.

La comunicación entre la PC y el teclado auxiliar se logra mediante la configuración y programación del puerto paralelo programable INTEL 8255A de la tarjeta madre del LAB MASTER.

Se utiliza el puerto A (8 bits) y se programa en modo básico (Modo 0) exclusivamente en selección de entrada de datos, esto es, directamente desde el teclado al puerto A (líneas A0-A7). El teclado auxiliar tiene como propósito servir de interfaz Hombre-Máquina que interrumpa (definitiva o momentáneamente) un proceso, o bien, cambie el canal a desplegar en un proceso específico dentro del análisis en tiempo real.

Hardware:

El componente principal es el teclado mismo y esta formado por un total de 12 teclas, diez de ellas asociadas a los números del 0 al 9 y dos teclas disponibles rotuladas como "#" y "*". Este teclado reducido es muy utilizado en telefonía y en equipos de control numérico sencillos



Su ventaja consiste en la importante reducción en el número de teclas que lleva su empleo, así como la fácil identificación de las mismas, ya que no contienen palabras o mnemónicos en algún otro idioma.

El cable de conexión es de una longitud tal que permita al usuario portar el teclado, manejarlo y acomodarlo según guste o convenga a la disposición física de su laboratorio.

Software:

Las rutinas de sensado e identificación son llevadas a cabo mediante software.

La operación del teclado esta diseñada para trabajar en "modo único", es decir:

- a) El teclado genera un sólo código por cada tecla.
- b) No existen características como mayúsculas, minúsculas.
- c) La combinación de dos o más teclas simultáneamente no es válida.

La rutina de sensado verifica lo siguiente:

- a) La presencia de un estado que implique la ocurrencia de pulsación de alguna tecla.
- b) Al mantener oprimida una tecla durante algún tiempo prolongado advierte este hecho, notificando a la PC que un sólo carácter ha sido pulsado en realidad. Regresando a su estado normal hasta que haya sido liberada la tecla oprimida.

La rutina de identificación realiza lo siguiente:

- a) Identificar un error en el sensado. No genera código alguno y regresa a sensar el teclado nuevamente.
- b) Se valida el estado del código recibido por el teclado, de tal forma que la existencia de ruido, o bien, de fallas de transmisión sean detectadas y no ocasionen distorsión en la PC.
- c) Proporciona como resultado de una identificación válida el código ASCII de la tecla oprimida.

3.- DISEÑO DEL SISTEMA.

3.1 Diagrama General

3.2 Diagrama del Sistema.

DISEÑO DEL SISTEMA.

3.1 Diagrama General.

El esquema de la siguiente página muestra el flujo que sigue la información para su proceso.

A continuación se describen básicamente cada uno de los módulos:

- Adquisición.

La señal original debe ser pasada por una etapa de amplificación, pues es demasiado pequeña, además de pasarla por el convertidor A/D para obtenerla en forma digital.

- Procesamiento de la Señal (Computadora).

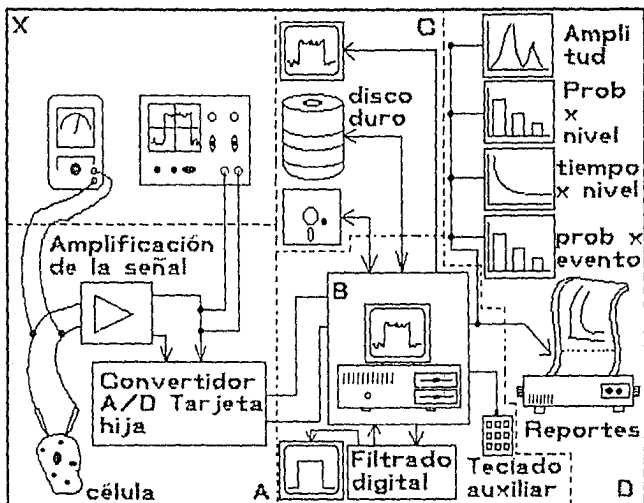
El sistema realiza el análisis de la señal (detección de niveles) y, en forma opcional, el filtrado digital.

- Almacenamiento.

Las señales capturadas, al igual que las filtradas, se almacenan en disco duro o en floppy.

- Reportes.

Presentación de gráficas e impresión. Se expresan los resultados del análisis de datos ya sea por medio de gráficas en la pantalla ó imprimiéndolas en papel.

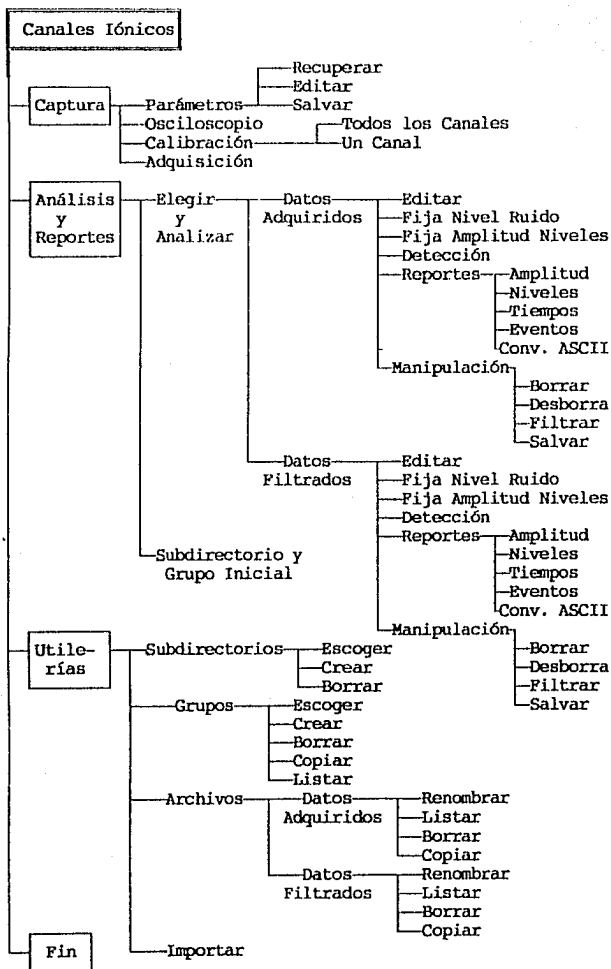


- A. Adquisición.
- B. Procesamiento.
- C. Almacenamiento y Visualización.
- D. Reportes: Gráficas e Impresión.
- X. Opcionales: Osciloscopio y Filtrado Digital.

3.2 Diagrama del sistema.

El sistema está organizado en base a un árbol de menús, cuya estructura se presenta en la siguiente figura.

La explicación a detalle de cada módulo se presenta en el capítulo de "Desarrollo del Sistema".



4.- DESARROLLO DEL SISTEMA (PROGRAMAS).

- 4.1 Desarrollo de rutinas generales para manejo de archivos.
 - 4.1.1 Esquema general.
 - 4.1.2 Rutinas para manejo de Subdirectorios.
 - 4.1.3 Rutinas para manejo de Grupos.
 - 4.1.4 Rutinas para manejo de Archivos.
- 4.2 Captura.
 - 4.2.1 Calibración.
 - 4.2.2 Parámetros.
 - 4.2.3 Adquisición de datos.
 - 4.2.4 Osciloscopio.
- 4.3 Análisis y Reportes.
 - 4.3.1 Manipulación de la señal.
 - 4.3.1.1 Editar.
 - 4.3.1.2 Filtrado.
 - 4.3.1.3 Borrar y Desborrar la señal.
 - 4.3.1.4 Salvar la señal.
 - 4.3.2 Fijar nivel de ruido.

- 4.3.3 Fijar amplitud de niveles.
- 4.3.4 Detección.
 - 4.3.4.1 Presencia de multiestados.
 - 4.3.4.2 Presencia de ruido.
 - 4.3.4.3 Existencia de muestra única.
 - 4.3.4.4 Obtención de la línea basal.
 - 4.3.4.5 Método usado y diagrama de flujo.
- 4.3.5 Reportes.
 - 4.3.5.1 Amplitud por nivel.
 - 4.3.5.2 Probabilidad por niveles.
 - 4.3.5.3 Tiempo por nivel.
 - 4.3.5.4 Probabilidad por eventos.
- 4.3.6 Conversión de datos a código ASCII.

4.4 Utilerías:

- 4.4.1 Subdirectorios.
- 4.4.2 Grupos.
- 4.4.3 Archivos.
- 4.4.4 Utilerías auxiliares.
 - 4.4.4.1 Manejo de menús en modo gráfico.
 - 4.4.4.2 Rutina de lectura datos en modo gráfico.
 - 4.4.4.3 Impresión en modo gráfico.
- 4.4.5 Importar un archivo.

DESARROLLO DEL SISTEMA (PROGRAMAS).

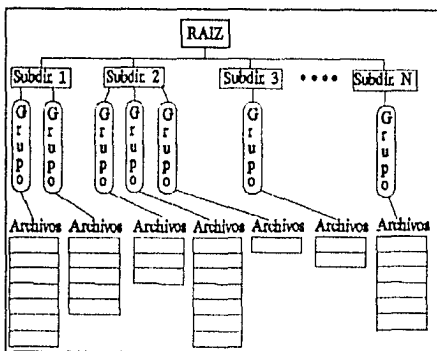
4.1 Desarrollo de rutinas generales para manejo de archivos.

4.1.1 Esquema General.

Para los usuarios de los sistemas desarrollados en la Unidad de Cómputo del I.F.C. resulta ser de gran importancia el tener un control total sobre los archivos de datos que ocupan en sus investigaciones. Sin embargo, en su gran mayoría los usuarios no tiene un conocimiento suficiente de MS-DOS como para llevar ellos mismo el control de sus archivos. Por ello se decidió crear un conjunto de rutinas para ser llamadas desde los sistemas desarrollados en la Unidad de Cómputo, que permitieran un manejo fácil y completo a los usuarios finales.

La creación de estas rutinas se basó en los conceptos de subdirectorios, grupos y archivos.

La figura siguiente es un ejemplo de la estructura general que el usuario maneja, con respecto a las tres facilidades antes mencionadas.



Estas rutinas contemplan lo siguiente:

Subdirectorios: Cada vez que el usuario quiere manejar un archivo perteneciente a un subdirectorio diferente tiene el problema de salirse del sistema y realizarlo mediante los comandos del Sistema Operativo. En esta rutina se incluye la facilidad de cambiarse libremente de subdirectorio sin necesidad de teclear alguna instrucción del Sistema Operativo. Esto se realiza mediante el manejo de ventanas para la selección de la unidad de disco y de subdirectorios, la cuales "llevan de la mano" al usuario hasta posicionarse en la trayectoria deseada.

Grupos: La clasificación de los archivos de datos representa otro problema para el usuario, para ello las rutinas implementadas cuentan con una forma de agrupamiento de datos que lo ayudan a manejar de una manera ordenada los archivos que se derivan de un experimento, para lo cual se creó un nuevo concepto que es el de "Grupo".

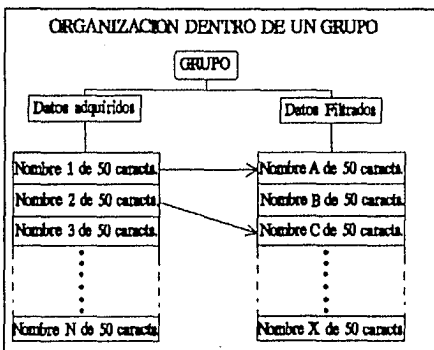
Un Grupo es un conjunto de nombres dados por el usuario junto con características tales como el nombre real de cada archivo en disco y el tipo al que pertenece el archivo (determinado por la extensión del nombre en disco). Dicho de otra forma, cada grupo es una "Tabla" mediante la cual se permite al usuario dar nombres a sus

archivos sin tener limitaciones de MS-DOS (8 caracteres como máximo, no poder utilizar espacios intermedios, ect.).

Archivos: La idea de este manejo, además de servir como interfaz entre el usuario y MS-DOS, es permitir al investigador dar nombres más representativos a sus archivos (nombre del experimento, fecha, droga suministrada, etc.).

Nuestro diseño permite al usuario dar nombres de hasta 50 caracteres y, por medio de las rutinas que diseñamos, se logra que el manejo de sus archivos en disco (utilizando nombres válidos en MS-DOS) sea transparente al usuario (el usuario puede crear, copiar y borrar grupos en forma sencilla).

La siguiente figura muestra cómo el usuario ve la estructura de un grupo conteniendo en él archivos de datos adquiridos y sus subproductos, como lo son archivos filtrados, archivos de datos con modificaciones, etc.



4.1.2 Rutinas para manejo de Subdirectorios.

El concepto de subdirectorios se basa en la misma lógica y sintaxis del Sistema Operativo, permitiendo navegar a través de los subdirectorios de una forma muy fácil mediante ventanas de selección.

Esta rutina, a su vez, contiene las siguientes rutinas:

- a) **EscogeDirectorio:** Permite escoger un subdirectorio de trabajo. En donde primeramente se elige la unidad del disco (A, B, C, etc.) para después ir viajando a través de los subdirectorios de esta unidad.
- b) **CreaSubdirectorio:** Permite crear un nuevo subdirectorio en la trayectoria actual elegida con la rutina del inciso anterior.
- c) **BorraSubdirectorio:** Permite borrar un subdirectorio perteneciente a la trayectoria escogida en el inciso a), con la aclaración de que también eliminará todos los grupos y archivos pertenecientes a él.

Estas rutinas realizan las siguientes validaciones:

- No permiten acceder una unidad de disco no existente en la computadora.
- No permiten la duplicación de nombres de subdirectorios.
- No permiten borrar un subdirectorio que no sea el último nodo en el árbol de subdirectorios.
- Despliegan la lista de posibles subdirectorios a elegir.

4.1.3 Rutinas para manejo de Grupos.

Internamente, un Grupo contiene los siguientes campos:

- Nombre de hasta 50 caracteres manejado por el usuario y permitiéndole mayor claridad en caracterizar a un experimento.
- Nombre en disco. La rutina asigna este nombre que es totalmente invisible para el usuario pues sólo se maneja internamente y esta construido de tal forma que no exista colisión al asignarle el nombre. Se estructura como sigue:

Es un nombre de hasta 8 caracteres mas la extensión; el primer caracter corresponde a la primera letra del tipo de archivo, por ejemplo, si es de datos esta será "D", los tres siguientes caracteres corresponden a un número

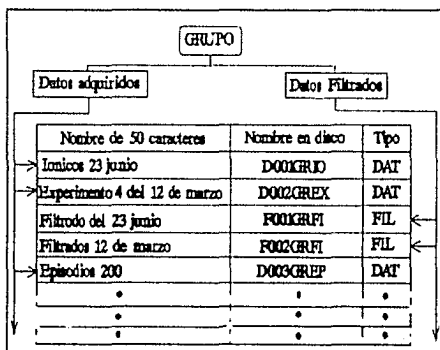
asignado aleatoriamente y son los que, en un momento dado, garantizan que no se presenten nombres repetidos, los dos caracteres siguientes se toman de las dos primeras letras del nombre del Grupo y, finalmente, los dos últimos son referidos a los dos primeros caracteres del nombre de 50 caracteres dado por el usuario.

Tipo de archivo. Este se conoce únicamente por su extensión, la que nos servirá para identificarlo. Por ejemplo, los tipos usados en el sistema de análisis de canales iónicos son los siguientes:

- .DAT - Para datos adquiridos.
- .FIL - Para datos filtrados.

Los tres campos descritos anteriormente forman un registro que define a un solo archivo, uno o más de estos registros conforman internamente el grupo, es decir, este es manejado por la subrutina como un archivo cuyo nombre es el nombre del mismo mas la extensión ".GPO".

La siguiente figura nos permite conocer la organización interna de un grupo:



Las rutinas de manejo de grupos son las siguientes, tomando en cuenta que cualquier operación que realizan será

dentro de la trayectoria previamente elegida en el punto 4.1.2 referido a los subdirectorios:

- a) **EscogeGrupo:** Permite escoger el grupo de trabajo.
- b) **CreaaGrupo:** Permite crear el nombre de un nuevo grupo con una longitud de 8 caracteres, al que posteriormente se le irán incluyendo los archivos que se deseen.
- c) **BorraGrupo:** Permite borrar, ya sea un solo grupo, o varios de ellos de una sola vez, con todos los archivos relacionados a él, o a ellos en su caso.
- d) **CopiaGrupo:** Permite copiar, ya sea un sólo grupo, o varios de ellos de una sola vez, con todos los archivos relacionados a él, o a ellos en su caso, teniendo la posibilidad de escoger el subdirectorío destino para cada grupo.
- e) **ListaGrupo:** Permite visualizar el listado de los grupos del subdirectorío actual.

Estas rutinas realizan las siguientes validaciones:

- No permiten la duplicación en nombres de grupos.
- No permiten llevar a cabo el copiado de un grupo si no existe capacidad en disco para ello.
- No permiten llevar a cabo el copiado de un grupo a otro subdirectorío si en éste ya existe un grupo con el mismo nombre, para lo cual permiten la opción de copiarlo con diferente nombre.

4.1.4 Rutinas para manejo de Archivos.

Para los archivos con nombre de 50 caracteres también se realizaron las siguientes subrutinas y para poder utilizarlas previamente se debió elegir el subdirectorío y el grupo de trabajo:

- a) **RenombraArchivos:** Permite renombrar uno o varios archivos a la vez.
- b) **ListaArchivos:** Permite visualizar los nombres de los archivos dentro de un grupo.
- c) **BorraArchivo:** Permite borrar un archivo ó varios a la vez.
- d) **CopiaArchivo:** Permite copiar un archivo, ó varios a la vez, a otro grupo, agregándolo(s) a los archivos ya

existentes dentro de este grupo. El grupo destino puede pertenecer al mismo o a otro subdirectorío.

Estas rutinas realizan las siguientes validaciones:

- No permiten copiar archivos a un grupo donde existan archivos con el mismo nombre, para ello se ofrece la opción de cambiar de nombre el archivo a copiar.
- No permiten renombrar un archivo con un nombre que ya exista dentro del mismo grupo al que pertenezca el archivo.

4.2 Captura.

4.2.1 Calibración.

La calibración de todos los instrumentos es importante porque ofrece la oportunidad de verificar el instrumento con respecto a un estándar conocido y, por lo tanto, reducir los errores en la medición, por lo que es recomendable no pasar por alto su importancia y, antes de utilizar cualquier opción del sistema, realizar la calibración del mismo.

En el sistema que se presenta, la señal adquirida por la computadora, como ya se mencionó, pasa a través de amplificadores lo que podría causar que la salida del convertidor no nos proporcione la magnitud correcta que se espera recibir, además de que se desea conocer el valor en microvolts de la señal original (antes de los amplificadores), lo que lleva a que la calibración del sistema sea de suma importancia para el buen funcionamiento del mismo.

El procedimiento de la calibración involucra la comparación de un pulso de amplitud conocida contra el pulso recibido por la computadora mediante el convertidor Analógico/Digital.

La calibración se puede realizar para cualquier canal del sistema de adquisición; ya sea de un canal en un canal o para todos los canales del sistema de una sola vez. Este procedimiento se lleva a cabo como sigue:

- Se lee la frecuencia a la que se quiere capturar la señal que nos servirá para la calibración.
- En base a la frecuencia antes dada, se capturan 512 muestras por cada canal que se quiera calibrar.

- Si no se desean calibrar todos los canales de una sola vez, se escoge el canal que se desee calibrar.

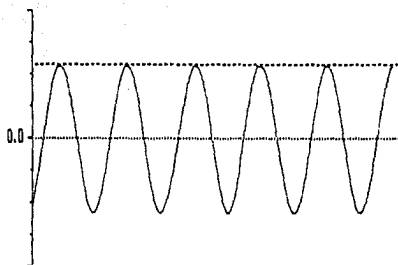
- Además se debe introducir un valor que corresponda al pulso ya conocido de entrada y será dado en microvolts.

- Si se calibra de un solo canal en un solo canal, aparecerá una pantalla que muestra la gráfica de la señal capturada según el canal elegido en la que el sistema propone la posición de dos líneas que indican el valor de la basal y la amplitud del pulso de calibración, si el usuario lo cree conveniente, puede desplazar estas líneas hasta la posición que él crea correcta. También se tiene la opción de rechazar la señal capturada y volver a capturar una nueva. De acuerdo a la posición de estas dos líneas, una vez que son aceptadas, se calcula el factor de calibración para el canal antes determinado y este factor funcionará como sigue:

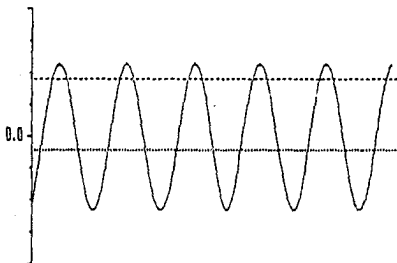
$$\text{Valor adquirido} = (\text{Valor de salida del convertidor} \\ \text{(en microvolts)} - 2048) * \text{Factor de Calibración}$$

Como ya sabemos, los valores de salida del convertidor A/D se encuentran entre el rango de 0 a 4095 (es un convertidor de 12 bits) correspondientes a los valores de entrada de -10 Volts a +10 Volts, es por ello que en la fórmula anterior se resta el valor de 2048 (que es la mitad del rango) para obtener los valores reales en voltajes positivos y negativos.

A continuación se presentan las pantallas que aparecen en la calibración del canal escogido; correspondientes a la inicial y a la que se despliega al mover la línea basal y/o la de pulso.



Canal en Calibración : 14	(F5) Línea Pulso/Basal	↑ ↓ Mover
Pulso de Calibración : 5000000.00 [uV]	PULSO	(RET) Aceptar
Frecuencia de Muestreo : 1000.00 [Hz]	(F6) Recaptura Señal	(ESC) Aborta



Canal en Calibración : 14	(F5) Línea Pulso/Basal	↑ ↓ Mover
Pulso de Calibración : 5000000.00 [uV]	BASAL	(RET) Aceptar
Frecuencia de Muestreo : 1000.00 [Hz]	(F6) Recaptura Señal	(ESC) Aborta

Posteriormente se puede elegir otro canal a calibrar y para ello el proceso es el mismo.

Si se escogió la opción de calibrar todos los canales a la vez, las pantallas anteriores no se presentarán y se tomarán los valores propuestos por el sistema, para las

líneas basal y de amplitud del pulso, como aceptadas y con ellas se calculará el factor para todos los canales del mismo. Desde luego, el sistema propondrá tantos pares de líneas de basal y de pulso como canales existan.

El factor de calibración será almacenado en un archivo llamado CALIBRA.SAS y el lugar que ocupe en este dependerá del canal al que corresponda. Este archivo debe ser leído antes de llevar a cabo cualquier proceso de la señal pues el factor forma parte de los parámetros asociados a cada archivo de datos capturados.

4.2.2 Parámetros.

Nos referimos a parámetros cuando hablamos de las siguientes variables:

- Frecuencia de Muestreo de la señal a capturar (en Hz), manejando como máxima la que permite el convertidor A/D, (normalmente 40 KHz) teniendo en cuenta que la conversión Analógica/Digital es mediante multiplexaje por lo que a 16 canales disminuye considerablemente.
- Número de canales a monitorear, manejando el rango máximo permitido por el convertidor A/D (que es de 16 canales).

Las rutinas para el manejo de los parámetros anteriores son las siguientes, haciendo notar que estos parámetros se manejan como un archivo cuyo nombre es de 50 caracteres y será utilizado para caracterizar al archivo de datos adquiridos:

- a) RecuperaParámetros: Despliega una lista de archivos de parámetros existentes y permite elegir uno de ellos.
- b) EditaParametros: Permite introducir los parámetros y/o modificarlos.
- c) SalvarParametros: Salva los parámetros introducidos en un archivo.

4.2.3 Adquisición de Datos.

En este módulo se llevan a cabo todas las operaciones de adquisición de datos del sistema, de acuerdo con los parámetros que el usuario estableció anteriormente. El proceso de adquisición se realiza con las interrupciones del procesador deshabilitadas con el objeto de acelerar al mismo, ya que de esta forma el procesador no pierde tiempo en sensar al controlador de interrupciones. Si es necesario interrumpir la adquisición de datos, es posible hacerlo mediante el teclado auxiliar descrito con anterioridad.

La rutina de adquisición de la señal (al igual que la de osciloscopio, que se explica a continuación) y que utilizamos en nuestro sistema fue desarrollada en la Unidad de Cómputo del Instituto de Fisiología Celular y sus características principales son las siguientes:

- En esta rutina se controla el disparo de cada canal por software y se desarrolló en Turbo Pascal 5.5 con partes en ensamblador para mayor rapidez en la adquisición.
- La versión de adquisición que se tomó para nuestro sistema dependió de la aplicación del mismo y del tipo de máquina a utilizar. Esta versión cuenta con la facilidad de utilizar memoria expandida, lo que permite almacenar mayor número de datos.

4.2.4 Osciloscopio.

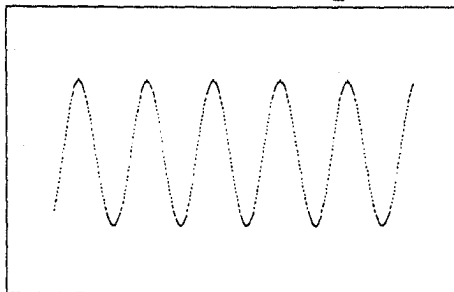
La señal adquirida puede desplegarse como una gráfica sobre un plano coordenado tiempo vs amplitud (Osciloscopio).

Esta opción permite al usuario observar en la pantalla de la computadora la señal de entrada de cada uno de los canales del convertidor A/D sin hacerle ninguna modificación.

Como su función es desplegar únicamente la entrada en forma continua, no almacena la información. "Osciloscopio" deja de desplegar señales hasta que se interrumpa por medio del teclado auxiliar (tecla <#>), también por este teclado podemos cambiar el canal a graficar, como se explicó anteriormente, al oprimir algún número del mismo.

La graficación en "Osciloscopio", en vez de adquirir primero toda la señal y después desplegarla, va graficando punto a punto en tiempo real, es decir; adquiere una muestra, borra el pixel de la señal anterior e inmediatamente después despliega en pantalla el nuevo punto. La siguiente figura nos muestra la pantalla de "Osciloscopio".

Canal Actual : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



>> OSCILOSCOPIO <<

Num. Ensambls Rechazados:

Num. Ensambls Aceptados: 8218

18/ 4/8/20/20/20

Frecuencia de Muestreo : 1000.00

4.3 Análisis y Reportes:

En la realización de esta etapa, son de importancia básica los cinco pasos siguientes: manipulación de la señal, establecimiento de un rango de ruido significativo así como de amplitudes de aperturas de canales, detección de los eventos y, por último, cálculo estadístico y despliegue de reportes.

4.3.1 Manipulación de la señal.

Se implementó toda una serie de herramientas que tienen como fin el permitir al usuario poder manejar la señal como este lo desee.

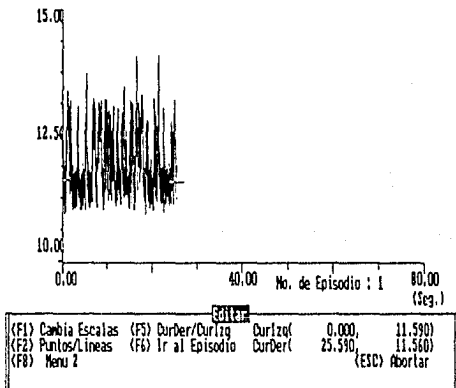
Cabe hacer notar que estas herramientas se implementaron totalmente en modo gráfico, lo cual representó una nueva forma de manipular una señal.

4.3.1.1 Editar.

Esta opción ofrece las siguientes facilidades:

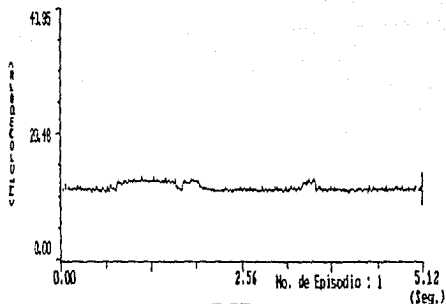
- Escalar. Es posible variar el tamaño de la señal a diferentes escalas, tanto sobre el eje "X" como sobre el eje "Y".

Eje "X".- Se tiene la posibilidad de graficar hasta 8192 muestras sobre este eje e inicialmente el sistema grafica 512. Por ejemplo, se pueden tener en la pantalla 5 episodios compactando la señal sobre este eje, lo que ayuda a visualizar la señal en un tramo de tiempo más largo, como se muestra en la siguiente figura:



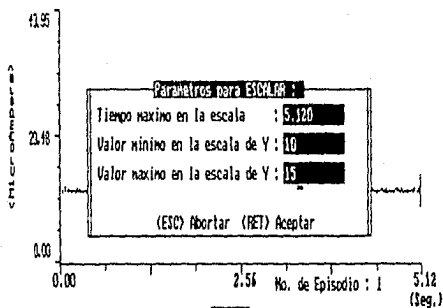
Eje "Y".- Sobre este eje se determinan dos puntos: un límite superior y otro inferior. Estos límites se refieren a los valores máximo y mínimo, respectivamente, que se tomarán para graficar la señal en cuanto a su amplitud. Lo anterior sirve de ayuda a la visualización de la señal ya sea aumentando o disminuyendo su amplitud.

A continuación se muestra la señal sin escalar y algunos ejemplos de la misma, modificada al cambiarle los parámetros de escalamiento.



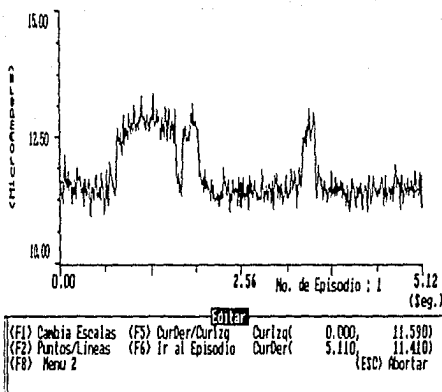
Editar			
(F1) Cambia Escalas	(F5) Curber/Curlizg	Curizg(	0.000, 11.590)
(F2) Puntos/Lineas	(F6) Ir al Episodio	Curber(	5.110, 11.410)
(F8) Menu 2		(ESC) Abortar	

Gráfica de la señal sin escalar.



Editar			
(F1) Cambia Escalas	(F5) Curber/Curlizg	Curizg(	0.000, 11.590)
(F2) Puntos/Lineas	(F6) Ir al Episodio	Curber(	5.110, 11.410)
(F8) Menu 2		(ESC) Abortar	

Modificación de escalas.



Gráfica ya escalada.

Es posible viajar dentro de una señal graficada en pantalla mediante dos cursores movibles, cuya utilidad radica en proporcionar la posición exacta de la muestra graficada con su respectivo valor en coordenadas XY. Estos cursores aparecen inicialmente en los extremos de la ventana de graficación y se pueden mover mediante las flechas del teclado.

El valor de la coordenada "X" proporciona el valor en tiempo de la muestra y el de la coordenada "Y" la amplitud de la misma.

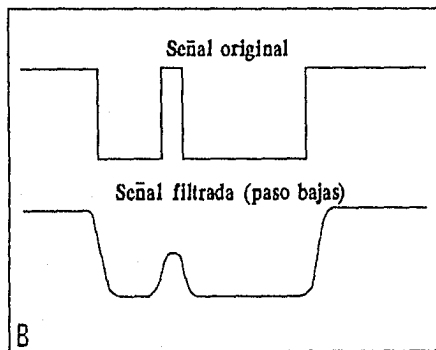
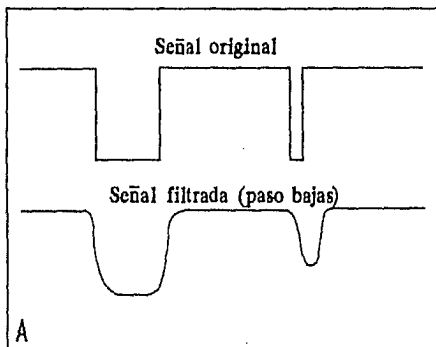
El número de episodios a analizar es por lo general grande, teniéndose en promedio archivos con 250 episodios de 512 muestras cada uno, lo que llevó a implementar una forma rápida de viajar a lo largo de toda la señal y en cualquier sentido, con la opción de posicionarse en un episodio X cualesquiera o viajar de una sola vez hacia el primer o último episodio.

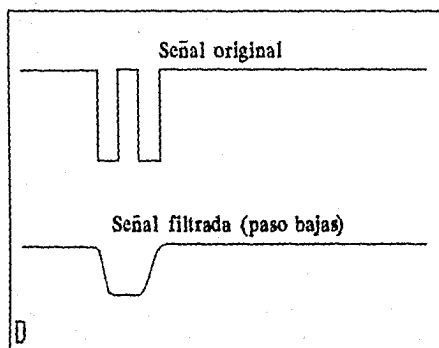
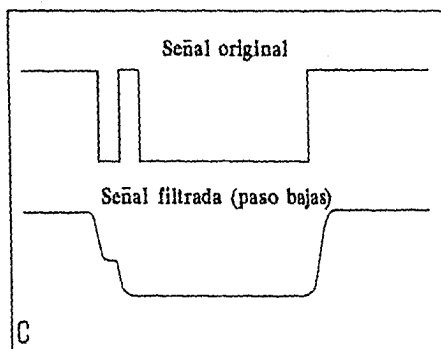
Todas las facilidades tratadas con anterioridad también se proporcionan para las etapas de filtrado, borrar y desborrar, fijar nivel de ruido, fijar amplitud de niveles y detección, que posteriormente se desarrollan.

4.3.1.2 Filtrado.

El filtrado en nuestro sistema es una herramienta auxiliar puesto que al investigador le interesan los resultados obtenidos tanto de una señal filtrada como de una que no lo es.

Las figuras siguientes muestran cómo la rutina de filtrado actúa sobre una señal dada.





Los filtros digitales implementados en la computadora presentan varias ventajas sobre los filtros analógicos. Algunas de estas ventajas son las siguientes:

- Exactitud.
La exactitud de los filtros digitales, la que es debida al redondeo de errores en la aritmética de la computadora, puede ser tan pequeña como se requiera. El ruido producido por los circuitos analógicos no puede ser lo suficientemente controlado y los componentes analógicos no pueden ser fácilmente hechos para una tolerancia de, más o menos, abajo de un uno por ciento.(1).
- Versatilidad.
Una computadora puede ser programada facilmente para la implementación de un filtro digital con características tan complicadas que no podrían ser producidas, por razones prácticas, por un filtro analógico equivalente. La alteración del diseño de un filtro digital envuelve, a lo mucho, la reescritura de una sección del código del programa o, a menudo, sólo la lectura interna de un conjunto diferente de coeficientes del filtro como datos.(1).
- Libre de variaciones.
Las características de un programa de computadora digital permanecen idénticas cada vez que es corrido, independientemente de las variaciones en el suministro de voltaje, del ambiente de temperatura, etc. Esto es muy importante en las aplicaciones biomédicas donde muchas bajas frecuencias se presentan a menudo y los efectos de variaciones en componentes analógicos pueden aparecer como señales ilegítimas.(1).

Si se desea la opción del filtrado para el análisis de eventos, cabe tener en cuenta que este algoritmo es extremadamente flexible, pero es lento (29), por lo que el algoritmo que presentamos, en su etapa de filtrado, contiene partes programadas el lenguaje Ensamblador para mayor rapidez en su ejecución.

En la opción de filtrado, el algoritmo presenta las siguientes subopciones:

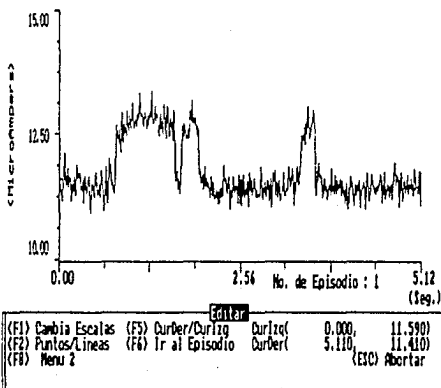
- Filtro paso bajas.
- Filtro paso altas.
- Filtro paso banda.
- Filtro supresor de banda.

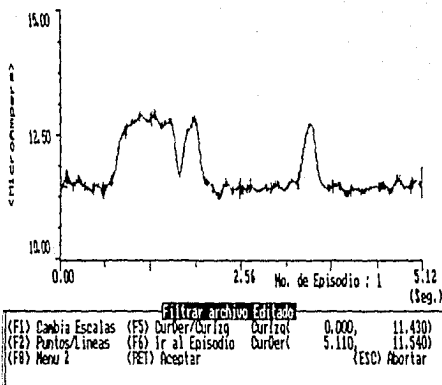
Esta subopción se toma gracias a que el algoritmo presenta al usuario la facilidad de escoger los límites de la banda en frecuencia que se desee mediante el despliegue de una ventana en la que se introducirán estos datos. Además, el usuario puede determinar el número de episodios que desee filtrar, para ello, cabe hacer notar que previamente se eligió el archivo de datos con el que se trabajará.

Después del proceso de filtrado, la etapa de detección de eventos se realiza sobre esta señal filtrada, pero además el algoritmo ofrece la opción de guardarla en un archivo diferente, para que, si se desea, se pueda volver a usar posteriormente.

Si se desea detectar un archivo filtrado, se siguen los mismos pasos que para uno que no lo es; desde fijar el nivel de ruido, aunque se le haya eliminado con el filtrado (aunque este parezca ser muy pequeño, pues tendrá una desviación estándar casi nula), hasta fijar el nivel de amplitudes.

Es claro entender que los resultados obtenidos de una misma señal antes y después de ser filtrada no serán los mismos, ya que se presentan variaciones al atenuarse algunas muestras al filtrarse. El ejemplo siguiente muestra la señal antes y después de filtrarse con esta rutina.





4.3.1.3 Borrar y Desborrar una Señal.

En esta fase del algoritmo se pueden borrar partes de una señal. Se implementó con el fin de proporcionar al usuario una herramienta con la cual pueda moldear la señal para obtener resultados más exactos por medio de la eliminación de los tramos de la misma que en un momento dado se crea que desvirtuarán al análisis. Como un ejemplo de este caso es el principio o el final de la señal capturada donde, por lo regular, existen muestras que no pertenecen a la señal verdadera derivada de la actividad eléctrica de la membrana y que solo forman parte del efecto de estabilización de la señal al comienzo de su adquisición.

Después de aceptar el borrado de un tramo de señal, el algoritmo lo presenta remarcado para visualización del usuario. Una vez que se hayan escogido todos los tramos a borrar, se puede salvar la señal y es en este momento cuando realmente se suprimen los tramos seleccionados. Si la señal fue salvada, la etapa de detección de eventos se puede realizar sobre la misma.

Adicionalmente se da la facilidad de desmarcar los tramos marcados gracias a la que la señal permanece remarcada en las partes seleccionadas para borrarse y esto se debe realizar antes de salvar la señal, de lo contrario no se podrán recuperar las partes borradas.

Estas dos opciones se complementan con las de edición de la señal para facilitar el marcado o desmarcado en partes de la misma.

4.3.1.4 Salvar Señal.

Esta opción se utiliza cuando:

- Se desean guardar los cambios realizados al borrar partes de una señal.
- Se desea guardar la señal con la que se esta trabajando, para tener un respaldo.

La lógica que se utiliza para salvar las señales es la misma que se emplea en el manejo de archivos en todo el sistema (que más adelante se explicará) y que consiste en proporcionar al usuario la facilidad de escribir los nombres de la señal con una longitud de hasta 50 caracteres.

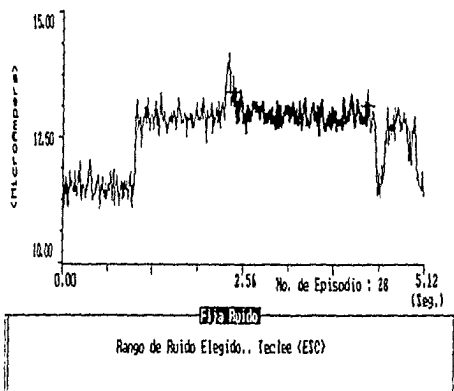
4.3.2 Fijar nivel de ruido.

Para el análisis de Canales Iónicos, y en especial para su detección de aperturas, es muy importante conocer con anterioridad el ruido que acompaña a la señal a analizar y su variación.

Antes de entrar a fijar el nivel de ruido, es necesario haber seleccionado previamente la señal, es decir, el archivo de datos que se analizará. Una vez hecho esto, podremos entrar a este paso del análisis como sigue:

- Se permite al usuario elegir uno de los episodios de la señal en el que se encuentre un grupo de datos que se considere de mayor representatividad como ruido de la señal. Anteriormente ya explicamos las opciones de la edición de la señal, las que también se proporcionan para fijar el nivel del ruido.
- Una vez que se ha escogido el episodio, se determina el tramo de datos que contenga ruido, esto se hace por medio de los dos cursores movibles por el usuario que se deberán posicionar en los extremos de dicho tramo. Cabe hacer notar que entre mayor longitud tenga dicho tramo, mayor será la representatividad del ruido elegido.
- El tramo de ruido elegido se presenta dentro de la señal desplegada en pantalla en forma remarcada para que el

usuario pueda visualizar con facilidad el tramo que eligió y, por medio de un mensaje, el usuario sabrá que su rango escogido fue aceptado. A continuación presentamos la pantalla antes citada:



Por último, el sistema se encarga de calcular la desviación estándar del tramo seleccionado, este dato nos ayudará para delimitar los rangos de amplitud alrededor de la línea basal y de las líneas auxiliares que, a su vez, nos determinarán la existencia de aperturas en los canales, como veremos con más detalle en la sección referente a la detección.

Como ya se mencionó, el fijar el nivel de ruido antes de llevar a cabo la detección de las aperturas de los canales es de suma importancia, por lo que es recomendable no pasar por alto esta fase del análisis, además de que el tramo de ruido elegido deberá ser lo más representativo que le sea posible al investigador pues su mala elección podría acarrear problemas en la detección. En caso de que el investigador entre a la etapa de detección sin haber escogido previamente un tramo de ruido, el sistema le avisará con el despliegue de una ventana al entrar a la detección y asignará la desviación estándar del ruido con la que trabajará, por lo que aumentan las posibilidades de provocar detecciones de aperturas erróneas.

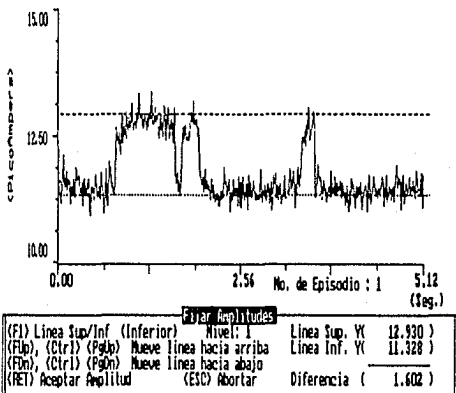
4.3.3 Fijar amplitud de niveles.

Antes de proceder a la detección de aperturas de canales es muy recomendable fijar la amplitud aproximada de cada apertura de canal en la señal a analizar.

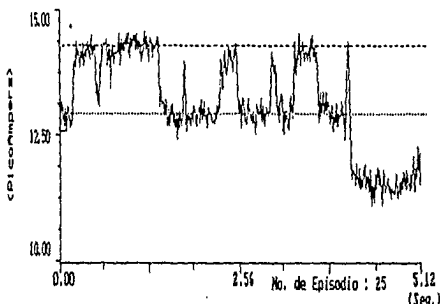
Al igual que para fijar el nivel de ruido, el investigador debe seleccionar el archivo sobre el que va a trabajar y proceder con los siguientes pasos:

- Se selecciona un episodio de la señal.

- Se fija la amplitud aproximada de las aperturas que se presentan en la señal por medio del desplazamiento de dos líneas que se deberán posicionar en las partes inferior y superior como topes de amplitud por cada nivel que se presente. Una vez que se encuentre la mejor posición de estas dos líneas, se procederá a aceptarlas y el sistema almacenará esta amplitud (distancia entre las dos líneas) como amplitud aproximada de apertura del nivel del que se trate. Como ayuda adicional, el sistema proporciona la distancia actual entre las dos líneas y el nivel al que pertenezca la amplitud que se esté fijando. La siguiente figura nos muestra la pantalla que se despliega en la elección de amplitudes:



El sistema permite (y de hecho es muy recomendable) posicionar y aceptar tantos pares de líneas como niveles se visualicen en el despliegue de la señal, teniendo la opción de proponerlas en diferentes episodios, según se crea necesario por el investigador. Además, cuando se fijan más de una amplitud, al entrar a fijar la siguiente, el sistema propondrá la línea inferior en la posición que ocupó la línea superior de la amplitud anterior. La siguiente figura nos presenta la elección de más de una amplitud en la señal:



Fijar Amplitudes		
(F1) Línea Sup/Inf (Superior)	Nivel: 2	Línea Sup. V (14.297)
(FUp), (Ctrl) (PgUp)	Mueve línea hacia arriba	Línea Inf. V (12.930)
(FDn), (Ctrl) (PgDn)	Mueve línea hacia abajo	
(RET) Aceptar Amplitud	(ESC) Abortar	Diferencia (1.367)

El orden en el que se den las amplitudes será el mismo en el que se almacenen en un arreglo, por lo que se deben fijar de abajo hacia arriba, pues lo anterior servirá para su uso durante la detección de aperturas de canales.

Estas amplitudes servirán de apoyo para la detección de aperturas, por lo que es de suma importancia que el investigador las proponga antes de llevar a cabo la detección. Si el investigador no propone tantas amplitudes como niveles se presenten en la señal, el sistema las propondrá en base a la última que el investigador haya propuesto y, si el investigador no propuso ninguna, el sistema propondrá todas las amplitudes y desplegará una ventana al entrar a la detección recordando que no se fijaron

amplitudes, pero se corre el riesgo de que la detección sea errónea.

4.3.4 Detección.

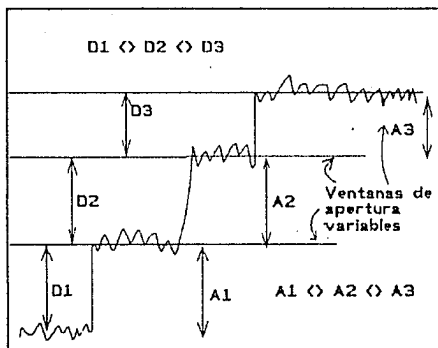
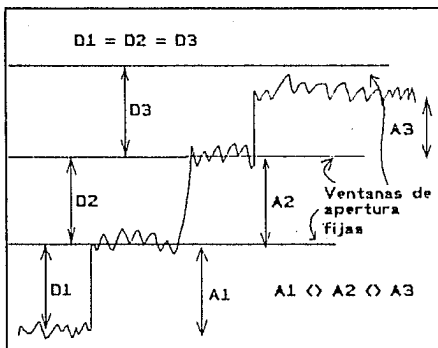
En el algoritmo que se presenta se eliminan completamente los eventos perdidos ya que es de gran importancia que este registro ideal este completo e imparcial tanto como sea posible, especialmente cuando la cinética de multiestados este involucrada. Los dos puntos tratados anteriormente, referidos a fijar ruido y fijar amplitudes, son un apoyo de gran ayuda para la realización de una correcta detección.

4.3.4.1 Presencia de multiestados.

Es claro que, casi siempre, habrá más de un nivel en un registro, es decir, se presentará más de un estado abierto, lo que significa la presencia de más de una amplitud de corriente diferente sin ser, necesariamente, una múltiplo de otra con referencia a la amplitud del estado cerrado.

Lo anterior presenta un grave problema para la mayoría de los algoritmos conocidos, ya que solo son capaces de detectar un único nivel de corriente, pues se basan en la idea de contar con una única ventana de apertura para medir la amplitud, pero no todas las aperturas caen dentro de esta ventana, provocando una detección errónea. El algoritmo que implementamos tiene tantas ventanas como niveles se presenten en el registro, además de que tienen la característica de ser movibles dependiendo de la localización del nivel cero, independientemente de que este nivel mantenga o no su mismo valor de corriente, auxiliándonos de una línea basal movable, de la cual hablaremos posteriormente con más detalle. En base a todo lo anterior conseguimos un total reconocimiento de cada nivel que se presente.

Las siguientes figuras nos muestran la presencia de multiestados:

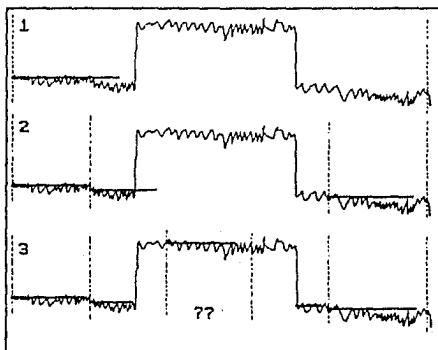


plana, es decir, esta se fijaba al principio con una determinada amplitud de corriente en el nivel más visiblemente bajo y era válida durante la detección de todo el registro, pero a lo largo de éste existen cambios, aunque mínimos, de corriente en un mismo nivel por lo que llegaba un momento en el que los datos, que a un principio pertenecían al nivel donde la línea basal se fijó, se separaban completamente de esta, perdiéndose así el control del nivel actual. Ver próxima figura.

Para la estimación de la amplitud de un evento, cada dato es introducido en un histograma de amplitudes referidas a la línea basal, pero si esta es fija, acarrea error en el cálculo de las amplitudes.

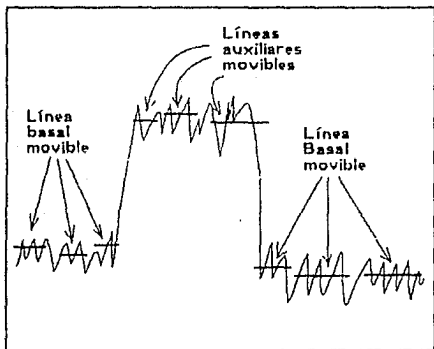
Algoritmos posteriores hacen de la línea basal una relativamente movable, fijándola al comienzo de cada bloque de datos a analizar, pero esto les acarrea error en la detección, pues dentro de un mismo bloque la línea basal real se puede estar moviendo.

Tratando de minimizar este error, se fueron subdividiendo aún más los bloques de datos, y calculando una línea basal para cada uno de ellos, pero esto contrajo otro tipo de problemas: la línea basal podría, en algunos casos, ser confundida con el tope del canal abierto y, además, causar problemas para las aperturas de canal que ocupasen más de una subdivisión.



Nuestro algoritmo se basa en el concepto de una línea basal totalmente movable a través de todo el registro y, aunque el registro al cual se le aplica la detección este dividido en bloques de 512 datos, no se afecta nuestra basal movable, pues cuando es necesario, se actualiza conforme la señal se vaya alterando o cambiando sus corrientes de inicio, no importando si existe cambio de bloque, ya que la basal se conserva hasta que sea necesaria su actualización.

Lo anterior fue de gran ayuda ya que nos permitió la realización de un algoritmo acertado en sus resultados de detección siendo esta la base primordial para los estudios estadísticos a realizarse posteriormente. Ver figura siguiente.



Otros autores tratan separadamente la identificación de aperturas de los datos digitalizados, basándose en los siguientes cuatro pasos:

- Tomar una línea basal fija.
- Filtrar.
- Detectar eventos.
- Validar.

Nuestro algoritmo realiza los pasos de posicionar la línea basal, detección y validación, en forma conjunta, teniendo el paso del filtrado como opcional, como ya lo hemos

mencionado. La detección de eventos es realizada fuera de línea.

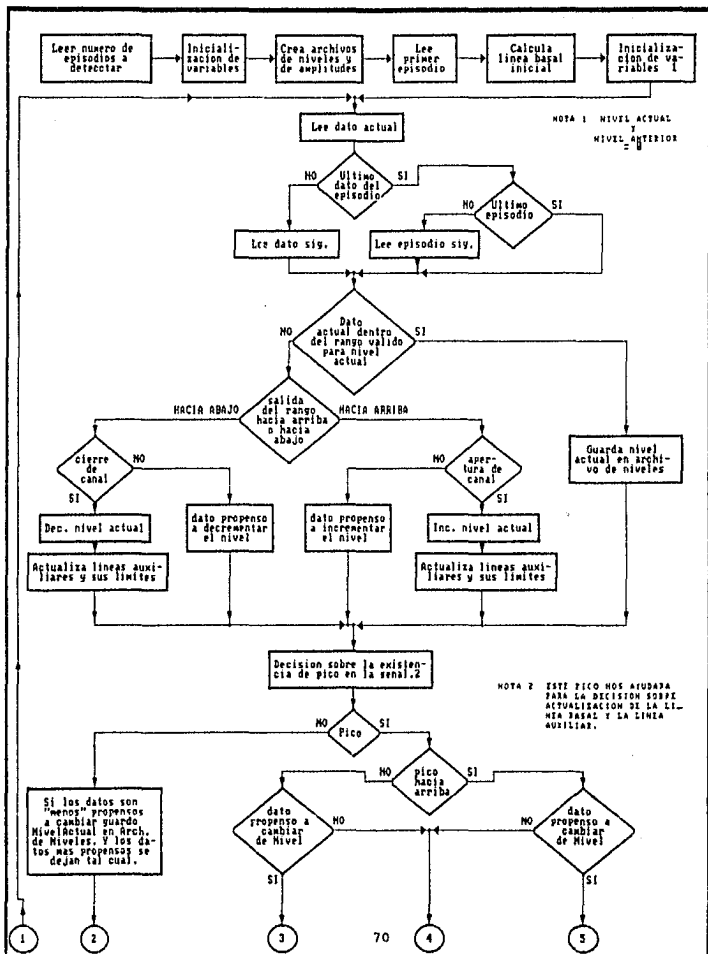
4.3.4.5 Método usado en la detección y diagrama de flujo.

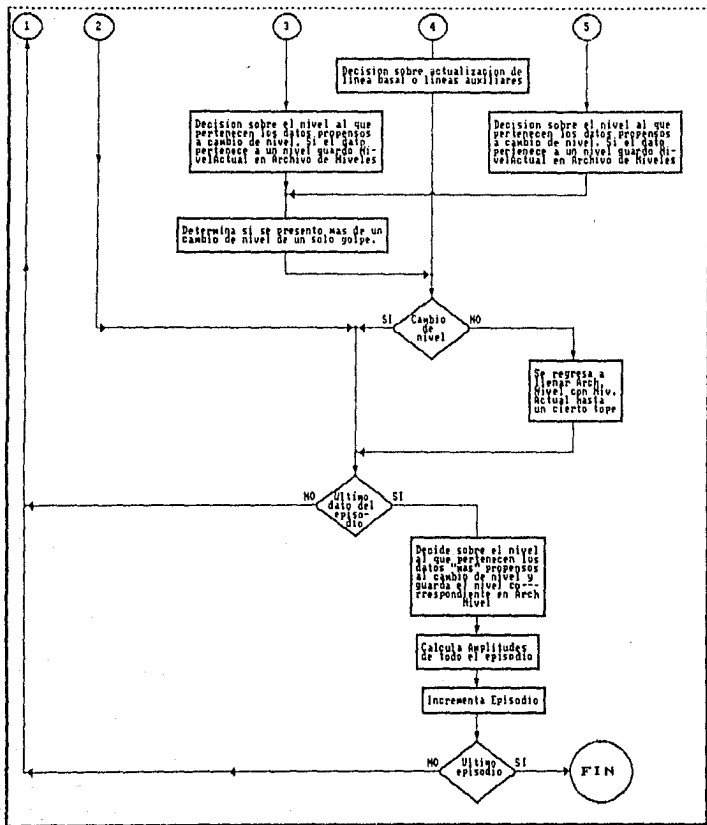
Para llevar a cabo la detección, se debe escoger con anterioridad la señal o el archivo de datos que se analizarán.

Cabe hacer notar que la detección, para su correcto funcionamiento, debe comenzar forzosamente en el nivel más bajo que se presente en la señal y se puede llevar a cabo tanto para señales filtradas como para las que no lo son, asumiendo que todos los eventos que se presentan durante el transcurso de la señal son positivos.

El sistema, antes de llevar a cabo la detección, nos desplegará una ventana en la que podremos introducir el número de episodios a los que se desee detectar eventos, y la detección se llevará a cabo sólo para estos episodios.

La figura que a continuación se muestra nos permite conocer el diagrama de flujo, en forma simplificada, del algoritmo realizado para la detección de cambios de estado en la dinámica de los canales iónicos.





A continuación daremos una breve descripción del diagrama anterior:

1) Inicialización.

- Inicialización de archivos. Básicamente se usan tres archivos que son los siguientes:
 - a) Archivo de datos obtenidos de la adquisición.
 - b) Archivo de niveles a los que pertenece cada dato del archivo anterior.
 - c) Archivo de amplitudes que contiene la amplitud de cada dato.
- Lectura de datos y parámetros iniciales.
- Cálculo de la línea basal inicial. Esta es obtenida mediante el cálculo de la media de los diez primeros datos. Validación del rango de ruido que se escogió.

Comienzo del ciclo de detección.

2) Lectura de datos a procesar.

- Los datos serán analizados en bloques de 512 datos cada uno por razones de capacidad de memoria. (Lo anterior no acarrea error ya que el algoritmo no pierde la continuidad entre episodios pues virtualmente los procesa como si fuesen uno solo).

3) Determinación de aperturas.

- Si no existe cambio de nivel, asigna nivel actual al dato.
- Decremento o incremento de nivel al existir su cambio.
- Traslado de línea auxiliar (la que toma el nombre de línea basal cuando nos encontramos en el nivel más bajo) y límites, al existir cambio de nivel. Este traslado será hacia una determinada posición en el nuevo nivel.
- Selección de datos propensos a cambio de nivel. Al decir "datos propensos" nos referimos a todos aquellos datos que presentan un posible cambio de nivel pero este se determinará dependiendo de los datos que los procedan.

4) Actualización de la línea basal o líneas auxiliares.

- Si nos encontramos en el nivel más bajo, se tomará la decisión sobre el posible cambio de amplitud de la línea basal, dependiendo del siguiente criterio:

No habrá cambio en la posición de la línea basal si es muy brusco, es decir, cuando la nueva posición se encuentre fuera de la línea basal actual mas/menos la mitad de la desviación estándar del ruido.

- Si no nos encontramos en el nivel más bajo, se tomará la decisión sobre el posible cambio de amplitud de la línea auxiliar, dependiendo del siguiente criterio:

No habrá cambio en la posición de la línea auxiliar si es muy brusco, es decir, cuando la nueva posición se encuentre fuera de esta línea mas/menos la mitad de la desviación estándar del ruido.

5) Decisión sobre el nivel al que pertenecen los datos propensos a cambio de nivel.

- Si el dato es "menos" propenso a cambiar de nivel, se le asigna el nivel actual.

- Si el dato es "más" propenso a cambiar de nivel, no sufre ninguna modificación, quedando aún indeterminado el nivel al que pertenece.

6) Determinación de la existencia de más de un cambio de nivel de un solo paso, lo que es, de un dato a su siguiente. Por ejemplo, cuando un dato pertenece al nivel 1 y el dato siguiente pertenece al nivel 3.

7) Si existió cambio de nivel, el algoritmo asigna el nivel al que se cambió a todos aquellos datos anteriores al dato que registró el cambio de nivel hasta un cierto límite mediante el siguiente criterio:

- En el caso de que se haya incrementado el nivel, el límite será la basal (en el caso de que el nivel anterior haya sido el más bajo) o la línea auxiliar, mas la desviación estándar del ruido.

- En el caso de que se haya decrementado el nivel, el límite será la basal (en el caso de que el nivel actual sea el más bajo) o la línea auxiliar, mas la desviación estándar del ruido, y desde este límite hasta la línea auxiliar menos la desviación estándar del ruido, se asigna el valor del nivel anterior.

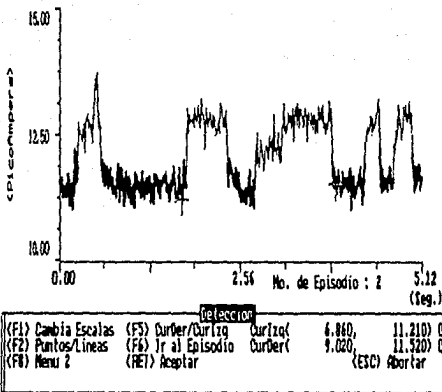
- 8) Define el nivel al que pertenecen los datos "más" propensos a cambio de nivel (datos que quedaron con nivel indeterminado).
- 9) Cálculo de amplitudes.
 - Si se ha terminado de analizar todo un episodio, se calculan las amplitudes de cada apertura presentada, tomando como referencia la amplitud de la línea basal.
- 10) Fin de detección si ya no hay más datos a analizar.

Al finalizar el proceso de la detección de eventos, el algoritmo crea los siguientes archivos:

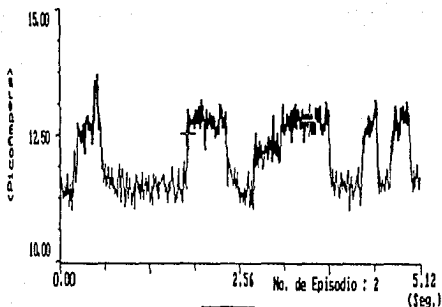
- Un archivo de amplitudes en el que se encuentran almacenados el número de eventos presentados y su correspondiente amplitud. Este archivo nos ayudará en la construcción del histograma de amplitud por cada nivel presentado. Además, el algoritmo calcula la amplitud media por cada nivel que se haya detectado.
- Un archivo que contiene la probabilidad de encontrar cada uno de los niveles hallados, a lo largo de todo el registro, en la detección del mismo.
- Archivos de tiempos. Se generan tantos archivos de este tipo como niveles se hayan encontrado en la detección, conteniendo, cada uno de ellos, el número de muestras que permanecieron a un determinado tiempo en el nivel. Estos archivos nos ayudarán para la construcción de histogramas que nos muestren el tiempo de permanencia por nivel. Además, el algoritmo calcula el tiempo medio de permanencia por cada nivel que se haya detectado.
- Archivo de probabilidad por eventos. Este último archivo que se genera en la detección, nos ofrece información acerca de la probabilidad de llegar a un nivel determinado (de los que se hayan detectado), sin importarnos el tiempo de permanencia en él durante todo el registro.

Por último, en esta etapa de detección de eventos y, para de alguna forma llevar a cabo la validación de la misma, el algoritmo nos ofrece la opción de visualizar la detección realizada mediante la presentación de la señal con la característica de tener remarcadas las zonas en las que se haya detectado un determinado nivel, dando al usuario la

opción previa de elegir el nivel que desee visualizar remarcado a través de todo el registro, ayudándonos de todas las facilidades de edición para poder visualizar las zonas remarcadas a lo largo de toda la señal y, como ayuda adicional, se presenta junto a las coordenadas de la posición del cursor el nivel al que pertenece este punto de la señal, según el nivel que se este visualizando, como podremos observar en las siguientes figuras donde se muestran remarcados los puntos que a través de la detección se encontraron pertenecer a los niveles 0, 1 y 2 respectivamente.

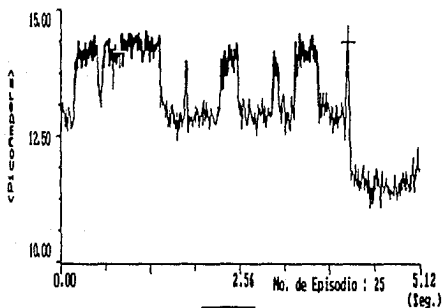


Nivel "0" remarcado



Deteccion					
(F1) Cambia Escalas	(F5) CurDer/CorIzg	CurIzo	6.950,	12.520	1
(F2) Puntos/Lineas	(F6) Ir al Episodio	CurDer	8.680,	12.800	1
(F8) Menu 2	(RET) Aceptar			(ESC) Abortar	

Nivel "1" remarcado



Deteccion					
(F1) Cambia Escalas	(F5) CurDer/CorIzg	CurIzo	123.720,	14.170	2
(F2) Puntos/Lineas	(F6) Ir al Episodio	CurDer	126.980,	14.380	2
(F8) Menu 2	(RET) Aceptar			(ESC) Abortar	

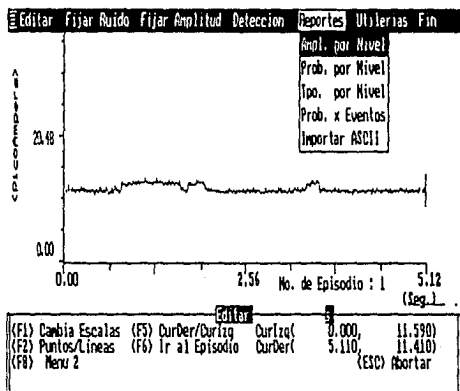
Nivel "2" remarcado

En base a la visualización anterior, el investigador decidirá si quiere los reportes correspondientes a esta detección o si desea volver a detectar la misma señal u otra,

lo que lo llevaría a volver a fijar ruido y amplitudes previamente.

4.3.5 Reportes.

Para poder entrar a la fase de reportes, se tiene que haber llevado a cabo la detección de la señal deseada. El desarrollo de los reportes que el sistema ofrece se presenta a continuación.



Elección de "Reportes"

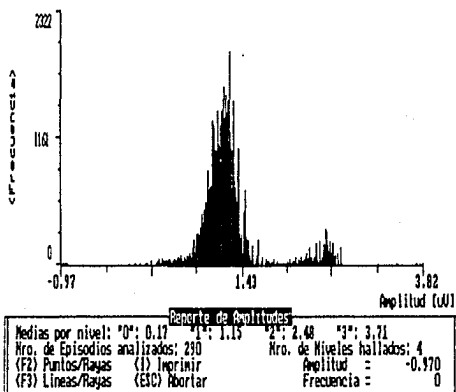
4.3.5.1 Amplitud por Nivel.

El reporte de Amplitud por Nivel nos permite conocer, mediante un histograma, las amplitudes de apertura que se presentaron en la señal y la frecuencia con la que ocurrieron, siendo esto de gran importancia para el investigador sobre todo en la presencia de multiestados, es decir, de varios niveles de corriente. Generalmente, estas amplitudes no presentan variaciones significativas tratándose del mismo nivel. La confiabilidad de este histograma aumenta conforme aumenten el número de eventos analizados. Este histograma, para propósitos prácticos, también nos ofrece las amplitudes medias para cada nivel que se haya presentado. Estas medias son llamadas corrientes elementales.

El despliegue de este reporte además nos ofrece las siguientes facilidades:

- Movimiento de un cursor que nos permite conocer las coordenadas del punto actual.
- Graficación con puntos/líneas, unión de puntos.
- Datos generales; tales como número de episodios analizados y número de niveles hallados.
- Impresión del reporte. Esta opción permite imprimir la gráfica presentada en pantalla anexándole los siguientes datos: Nombre del archivo al que pertenece el reporte, fecha de adquisición, número de episodios analizados, número de niveles hallados y media de amplitudes correspondientes a cada nivel hallado durante la detección.

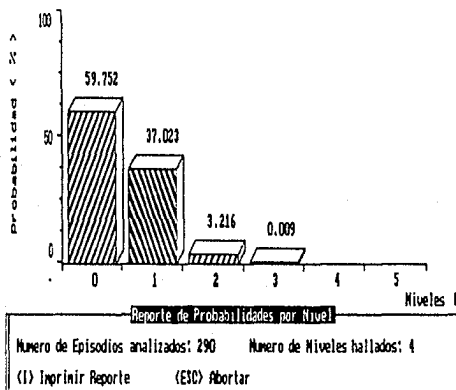
La siguiente figura es un ejemplo de despliegue en pantalla de este reporte.



4.3.5.2 Probabilidad por Niveles.

La información que nos ofrece este reporte se refiere a la probabilidad de que en un momento dado, a través de todo el registro analizado, nos encontremos en un nivel determinado. Como podemos observar, la probabilidad de encontrarnos en un nivel "x" depende de la duración que este tenga cada vez que aparezca en el registro.

En la figura siguiente se presenta un ejemplo de la visualización en pantalla de este reporte.



El despliegue de este reporte además nos ofrece las siguientes facilidades:

- Datos generales; tales como número de episodios analizados y número de niveles hallados.
- Impresión del reporte. Esta opción permite imprimir la gráfica presentada en pantalla anexándole los siguientes datos: Nombre del archivo al que pertenece el reporte, fecha de adquisición, número de episodios analizados y número de niveles hallados.

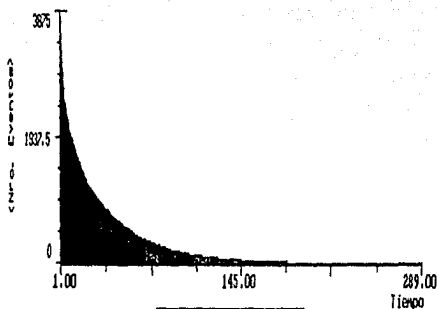
4.3.5.3 Tiempo por Nivel.

Existirán tantos reportes de Tiempo por Nivel como niveles se hayan detectado, cada uno de ellos nos ofrece la información acerca del tiempo de permanencia en cada nivel como sigue: el eje de las "X" nos ofrece el tiempo de permanencia y el eje "Y" el número de eventos que presentaron por lo menos este tiempo de permanencia, de acuerdo al nivel al que pertenezca el histograma.

El despliegue de estos reportes además nos ofrece varias facilidades:

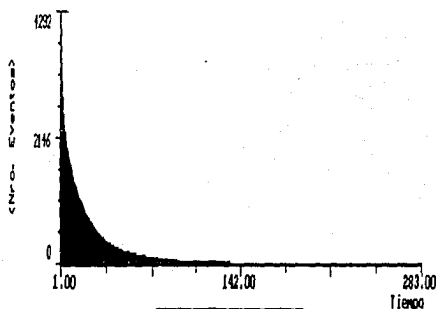
- Escalamiento de la gráfica.
- Movimiento de un cursor que nos permite conocer las coordenadas del punto actual.
- Graficación con puntos/líneas, unión de puntos.
- Tiempo medio de permanencia para el nivel al que pertenezca el reporte.
- Datos generales; tales como número de episodios analizados y número de niveles hallados.
- Impresión del reporte. Esta opción permite imprimir la gráfica presentada en pantalla anexándole los siguientes datos: Nombre del archivo al que pertenece el reporte, fecha de adquisición, número de episodios analizados, número de niveles hallados, nivel al que pertenece el reporte y la media del tiempo de duración dependiendo del mismo nivel.

Las cuatro figuras siguientes corresponden a los reportes reportes desplegados en pantalla para los niveles 0, 1, 2 y 3 respectivamente.



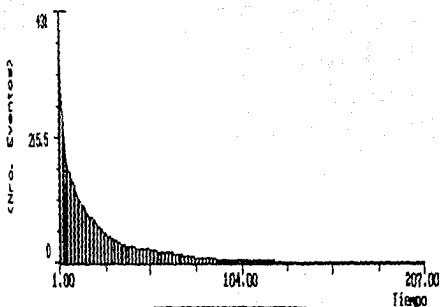
Reporte Tiempo del Nivel 0

Tiempo Medio de Permanencia: 22.70 (NSeg)	
Mro. de Episodios analizados: 290	Mro. de Niveles hallados: 4
(F1) Escalar (F2) Puntos/Rayas (F3) Lineas/Rayas	Tiempo = 1.000
(I) Imprimir Reporte (ESC) Abortar	Mro Eventos= 3875

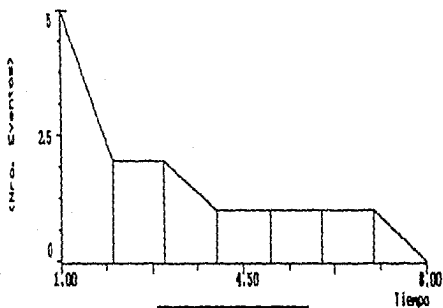


Reporte Tiempo del Nivel 1

Tiempo Medio de Permanencia: 12.81 (NSeg)	
Mro. de Episodios analizados: 290	Mro. de Niveles hallados: 4
(F1) Escalar (F2) Puntos/Rayas (F3) Lineas/Rayas	Tiempo = 1.000
(I) Imprimir Reporte (ESC) Abortar	Mro Eventos= 4292



Reporte Tiempo del Nivel 2			
Tiempo Medio de Permanencia:	11.08 (Seg)		
Nro. de Episodios analizados:	290	Nro. de Niveles hallados:	4
(F1) Escalar (F2) Puntos/Rayas (F3) Lineas/Rayas		Tiempo =	1.000
(I) Imprimir Reporte (ESC) Abortar		Nro Eventos=	431

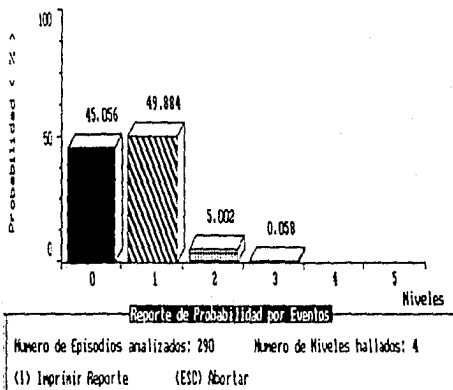


Reporte Tiempo del Nivel 3			
Tiempo Medio de Permanencia:	2.60 (Seg)		
Nro. de Episodios analizados:	290	Nro. de Niveles hallados:	4
(F1) Escalar (F2) Puntos/Rayas (F3) Lineas/Rayas		Tiempo =	1.000
(I) Imprimir Reporte (ESC) Abortar		Nro Eventos=	5

4.3.5.4 Probabilidad por Eventos.

El reporte presente nos permite conocer la probabilidad de que se llegue a un nivel "N" sin importarnos el tiempo de permanencia en el mismo.

La siguiente figura es un ejemplo del despliegue en pantalla de este reporte.



El despliegue de este reporte además nos ofrece las siguientes facilidades:

- Datos generales; tales como número de episodios analizados y número de niveles hallados.
- Impresión del reporte. Esta opción permite imprimir la gráfica presentada en pantalla anexándole los siguientes datos: Nombre del archivo al que pertenece el reporte, fecha de adquisición, número de episodios analizados y número de niveles hallados.

4.3.6 Conversión de datos a código ASCII.

El desarrollo de esta rutina fue motivado por la necesidad de ofrecer la facilidad de importar nuestros archivos creados en la parte de reportes del sistema a archivos del tipo ASCII, con el fin de poder ser leídos desde cualquier hoja de cálculo ó paquete estadístico y, de esta manera, dar la oportunidad de que el investigador pueda manipular los resultados de la detección como lo desee, pudiendo conocer otro tipo de resultados que sean de interés para él.

El nombre de este tipo de archivos es el mismo que el que lleva el archivo en el sistema pero cambiando su extensión por ".TXT".

Los archivos creados son:

a) Para el reporte de amplitudes:

___ ArchAmpl.TXT
___ ArchAmpM.TXT

b) Para el reporte de probabilidades por nivel:

___ ArchPro.TXT

c) Para el reporte de tiempos por nivel:

___ TiempMed.TXT
___ Nivel_X.TXT

Nota: habrá tantos archivos "X" de este tipo como el número de niveles que se hayan encontrado en la detección.

d) Para el reporte de eventos:

___ ArchProE.TXT

4.4 Utilerías.

4.4.1 Subdirectorios.

Para esta rutina se tienen las siguientes opciones, mismas que ya se explicaron anteriormente (4.1.2):

a) Escoger. En las siguientes pantallas se muestra la forma en la que se va navegando a través de las diferentes ventanas para posicionarse en el subdirectorio deseado.

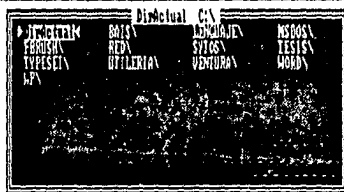
Elegir Drive



(ESC) Aborta (RET) Acepta

Elegir directorio

29. 31



(Pgln) Sig. (PgUp) Ant. (ESC) Abortar (RET) Elegir Nivel

- b) Crear. La siguiente pantalla nos muestra la facilidad que se permite al usuario en esta opción ya que solo debe introducir el nombre del nuevo subdirectorio a crear.

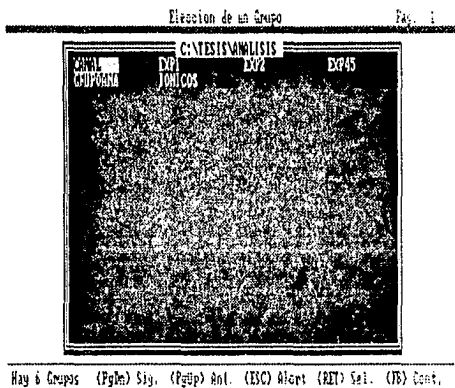


- c) **Borrar.** Para dar el nombre del subdirectorio que se desea borrar se utiliza una ventana similar a la opción anterior.

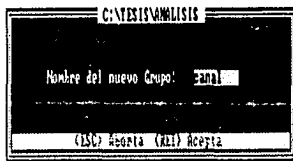
4.4.2 Grupos.

Para esta rutina se tienen las siguientes opciones, que ya se explicaron anteriormente y junto con ellas se muestran las pantallas que nos permiten visualizar el fácil manejo de las mismas:

a) Escoger.



b) Crear.

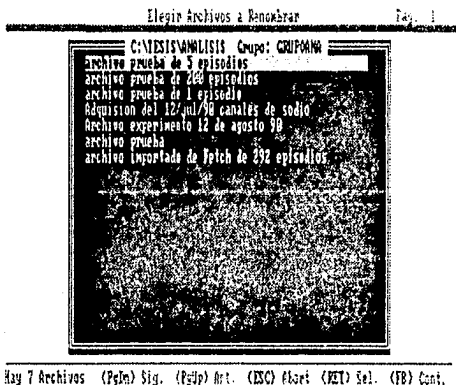


- c) Borrar. Ver pantalla de Escoger un grupo.
- d) Copiar. Ver pantalla de Escoger un grupo.
- e) Listar. Ver pantalla de Escoger un grupo.

4.4.3 Archivos.

Para esta rutina se tienen las siguientes opciones, que ya se explicaron anteriormente, y junto con ellas se muestran las pantallas que nos permiten visualizar el fácil manejo de las mismas:

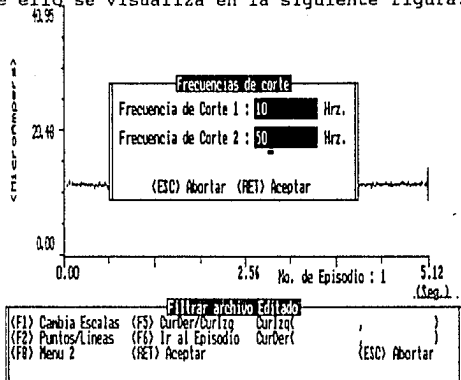
- a) Renombrar. La siguiente pantalla es un ejemplo en el despliegue de esta opción, donde es posible elegir, mediante una ventana con una barra movable, los archivos a usar:



- b) Listar. Ver pantalla del inciso a).
- c) Borrar. Ver pantalla del inciso a).
- d) Copiar. Ver pantalla del inciso a).

4.4.4.2 Rutina de lectura de datos en modo gráfico.

Esta rutina sirve para leer datos de pantalla y un ejemplo de ello se visualiza en la siguiente figura:



4.4.4.3 Impresión en modo gráfico.

La impresión de una pantalla en modo gráfico se lleva a cabo con solo oprimir la tecla "<I>".

Para esto se utilizó la interrupción 05 ("Print Screen") haciéndolo como sigue: al inicio del programa se redirecciona el apuntador de la interrupción 05 a nuestra propia rutina de atención a dicha interrupción, la cual se encarga de imprimir toda la pantalla en modo gráfico. Lo que hacemos es: cada vez que se oprime "I", borramos de pantalla todos los letreros de ayuda, llamamos a la interrupción 05 y, por último, reestablecemos los letreros de ayuda.

Para realizar todo este manejo aprovechamos las facilidades de Turbo Pascal para la creación y manejo de procedimientos tipo "Interrupt".

4.4.5 Importar archivos.

Por último, se implementó una rutina capaz de importar archivos, es decir, convertir archivos con otro formato de adquisición a archivos con el formato que maneja el presente

sistema, para tener la opción de llevar a cabo el análisis sobre datos capturados con el sistema "Fetchen".

Los archivos a importar estan formados por registros de arreglos de 640 muestras:

Registro 1	640 muestras
Registro 2	640 muestras
Registro 3	640 muestras
.	.
.	.
Registro N	640 muestras

Mientras que nuestra estructura es la siguiente:

Archivo de datos

Episodio 1	512 muestras
Episodio 2	512 muestras
Episodio 3	512 muestras
.	.
.	.
Episodio N	512 muestras
Parámetros	Frecuencia de muestreo Número de canales Nro. de episodios capt. Factor de Calibración

Dentro de la implementación de esta rutina se encuentra la lectura de lo siguiente: el lugar donde se localiza el archivo a importar, la frecuencia de muestreo a la cual se adquirieron los datos del archivo a importar y su factor de conversión. El lugar donde se almacena el nuevo archivo importado es en el subdirectorío y en el grupo con el que se este trabajando. El nombre con el que se llamará el nuevo archivo importado seguirá el mismo formato visto en el manejo de archivos.

5.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES. (ALCANCES).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES. (ALCANCES).

El sistema terminado es totalmente nuevo y ha mejorado las capacidades de sistemas ya existentes. Supera en un alto porcentaje las dificultades que un investigador tiene para llevar a cabo el análisis de canales iónicos, tales como la presencia de más de un estado de apertura, desplazamiento de la línea basal a lo largo del registro, falsas detecciones, o encubrimiento de ellas, ocasionadas por la presencia de ruido, etc. y además ofrece reportes que otros sistemas no incluyen.

El análisis de datos provenientes de las aperturas y cierres de canales iónicos consume demasiado tiempo. Como un ejemplo mencionaremos el tiempo que se lleva el realizar este tipo de análisis a registros con 250 episodios de 512 datos cada uno y que es de aproximadamente 7 días, esto se debe a que en ciertas etapas del mismo, aunque ya se cuenta con algoritmos computacionales, el análisis se vuelve manual, pues estos algoritmos solo sirven para un determinado tipo de registro que es muy poco común (como los registros que solo presentan un nivel de apertura o los que no presentan desplazamientos en la línea basal), ocasionando una gran inversión de tiempo por parte del investigador, agregándose a ello la introducción de errores de tipo humano. El sistema que presentamos requiere de un tiempo de ejecución para analizar el registro mencionado (desde la adquisición de datos hasta el fin de su detección) de aproximadamente 15 minutos en una computadora del tipo AT y de 40 minutos en una del tipo XT.

El sistema fue diseñado de tal manera que personas, estudiantes de los laboratorios en este caso, con pocos conocimientos en computación puedan usarlo con facilidad, permitiendo al investigador dedicar el tiempo que le consumía el análisis a otras actividades y, de esta forma, acelerar todo el programa experimental, evitando el desperdicio tanto de recursos humanos como económicos.

Por otro lado, las rutinas de manejo de archivos han sido utilizadas con éxito no solo para este sistema, sino también para otros, tales como el nuevo Sistema de Análisis de Electroencefalografía ("EEG") y el Sistema de Monitoreo Continuo del EEG ("Beam") desarrollados en la Unidad de

Cómputo del I.F.C. Cabe señalar que estas rutinas también serán usadas en otros sistemas.

El sistema de Análisis de Canales Iónicos actualmente se está utilizando en el laboratorio 306 del área de Microbiología del I.F.C. y ha probado ser funcional y confiable.


6.- BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ackroyd, Martin H.
"Digital Filters".
Ed. London : Butterworths.
- [2] Bendat and Piersol.
"Random Data: Analysis and Measurement Procedures".
Ed. Wiley Interscience.
- [3] Borland International Inc.
"Turbo Assembler. Reference Guide. Versión 1.0".
- [4] Borland International Inc.
"Turbo Assembler. User's Guide. Versión 1.0".
- [5] Borland International Inc.
"Turbo Debugger. User's Guide. Versión 1.0".
- [6] Borland International Inc.
"Turbo Pascal. Reference Guide. Versión 5.5".
- [7] Borland International Inc.
"Turbo Pascal. User's Guide. Versión 5.5".
- [8] Brigham, Oran E.
"The Fast Fourier Transform".
Ed. Prentice-Hall.
- [9] Duntemann, Jeff.
"Complete Turbo Pascal".
Ed. Scott Foresman and Company.
- [10] Eisenberg, Robert S.
"Membranes, Channels and Noise".
Ed. Plenum Press.
- [11] Fairley, Richard.
"Ingeniería de Software".
Ed. McGraw-Hill.
- [12] Fleisher, Sidney and Hatefi, Youssef.
"The Molecular Biology of Membranes".
Ed. Plenum Press.

- [13] Gerez Greiser, Mier Muth, Nieva Gómez, Rodríguez Ortiz.
"Desarrollo y Administración de Programas de Cómputo".
Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
- [14] Guyton, Arthur C.
"Basic Neuroscience, Anatomy and Physiology".
Ed. W. B. Saunders Company. 1987.
- [15] Hall, Douglas V.
"Microprocessors and Interfacing".
Ed. McGraw-Hill.
- [16] Holman, J. P.
"Métodos Experimentales para Ingenieros".
Ed. McGraw-Hill.
- [17] Hwei P. Hsu.
"Análisis de Fourier".
Ed. Fondo Educativo Interamericano.
- [18] Kandel, Erik R. and Schwartz, James H.
"Principles of Neural Science". 2da. ed.
Ed. New York Elsevier.
- [19] Koryta, Jiri.
"Iones, Electrodes and Membranes".
Ed. John Wiley and Sons.
- [20] "Lab Master DMA Handbook".
Scientific Solutions, Inc.
- [21] Latorre, Ramón.
"Ionic Channels in Cells and Model Systems".
Ed. Plenum Press.
- [22] "Microsoft MS-DOS. User's Guide and User's Reference".
- [23] Miller, Christopher.
"Ion Channels Reconstitution".
Ed. Plenum Press.
- [24] Norton, Peter and Wilton, Richard.
"The IBM PC and PS/2".
Ed. Microsoft Press.
- [25] O'Brien, Stephen K.
"Turbo Pascal Advanced Programmer's Guide".
Ed. Borland Osborne / McGraw-Hill.

- [26] Ohlsen, Chris and Stoker, Gary.
"Turbo Pascal Advanced Techniques".
Ed. Q. U. E. Corporation.
- [27] Papoulis, Athanasios.
"Probability, Random Variables and Stochastic
Processes".
Ed. McGraw-Hill. 1984.
- [28] Pflügers Archiv. European Journal of Physiology.
"The Automated Analysis of Data from Single Ionic
Channels".
Springer-Verlag. 1982.
- [29] Sakmann, Bert and Neher, Erwin.
"Single-Channel Recording".
Ed. Plenum Press.
- [30] Smith, Thomas and Lecar, Harold.
"Voltage and Patch Clamping With Microelectrodes".
Ed. American Physiological Society.
- [31] Sommerville, Ian.
"Ingeniería de Software".
Ed. Addison-Wesley Iberoamericana.
- [32] Strand, Fleur L.
"Fisiología Humana".
Ed. Interamericana. 1982.
- [33] "System Timing Controller Am9513. Manual
Reference".
- [34] Thorne, Michael.
"Programming the 8086/8088".
Ed. Benjamin Cummings.



SISTEMA DE ANALISIS DE CANALES IONICOS

MANUAL DE USUARIO

- INTRODUCCION
- REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA
- GUIA DE OPERACION

SISTEMA DE ANALISIS DE CANALES IONICOS

MANUAL DE USUARIO

INTRODUCCION.

La descripción formal de la operación del sistema para Análisis de Canales Iónicos se describe en este documento y es la guía principal para operarlo.

Básicamente, el sistema permite:

- Capturar y digitalizar datos de las señales obtenidas durante la experimentación usando como herramienta el convertidor A/D Lab Master DMA.
- Realizar la detección de los canales y el Análisis estadístico de la señal, esto es:
 - a) Señales con "N" canales presentes.
 - b) Señales con niveles de ruido considerables.
- Reportes de los resultados obtenidos.
- Además cuenta con utilerías que permiten el manejo de los archivos de una manera fácil y práctica.

La solución de problemas e información relacionados a este sistema serán atendidos en la Unidad de Cómputo del Instituto de Fisiología Celular (UNAM), y son en cuanto:

- Instalación del sistema. La cual se llevará a cabo por personal de esta Unidad.
- Documentación acerca del sistema. (Manual de Usuario y Manual de Características del Archivo Fuente).

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

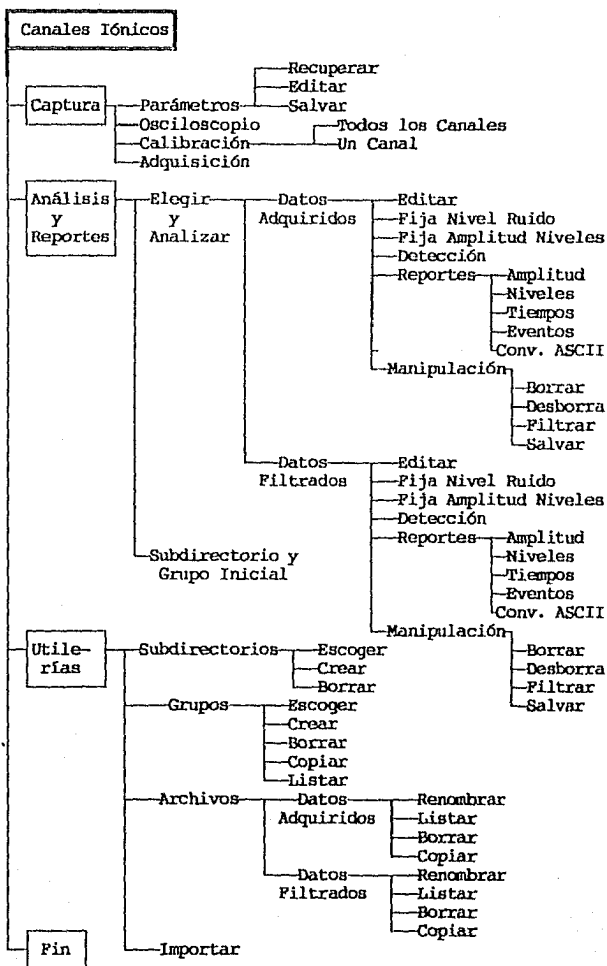
Requerimientos de Software y Hardware.

- Una computadora PC compatible del tipo XT, AT, etc.
- Sistema Operativo DOS (Disk Operating System) versión 2.0 ó mayor.
- Por lo menos 448 K Bytes de memoria RAM.
- Coprocesador matemático 8087/80287/80387 (Opcional).
- Convertidor Analógico/Digital LAB MASTER (Scientific Solutions Inc.).
- Se recomienda no tener programas residentes (como Sidekick, controladores de mouse, etc.) en memoria principal.

GUIA DE OPERACION

El sistema está organizado en base a un árbol de menús, cuya estructura se presenta en la figura siguiente:

Durante el viaje a través de todo el sistema, que incluye todos los submenús, se puede abortar la opción actual con solo oprimir la tecla "<ESC>" y con "<RET>" se aceptará la opción actual.



A continuación se presenta explicación detallada de cada opción disponible.

1) CAPTURA.

Operaciones de Captura		CANALES IONICOS		Utilerias		Fin	
Calibración	Parámetros	Adquisición	Osciloscopio	Terminar			
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50

Esta Opción Consiste en

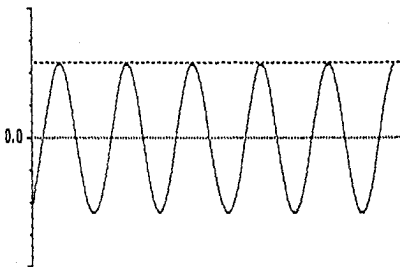
Calibración de Canales del Convertidor

Esta parte se encarga básicamente de la adquisición de la señal (para lo cual se deberá tener debidamente conectado el convertidor Analógico/Digital). Y consiste de las siguientes subopciones:

- Calibración. Esta rutina se encarga de calcular un factor, llamado factor de calibración, que será de gran utilidad para el sistema ya que con él se manejarán los valores reales de entrada por cada canal del convertidor A/D. De ello que es de suma importancia llevar a cabo esta rutina antes de cualquier otra del sistema, exceptuando la de "parámetros". El procedimiento para llevar a cabo esta rutina se da mediante los siguientes pasos:
 - 1) Conectar todos los canales del convertidor A/D que usará el sistema.
 - 2) Introducir a todos los canales del sistema, o solo a los que se deseen calibrar, un pulso de voltaje conocido.

- 3) Esta rutina desplegará una ventana mediante la cual el usuario decidirá si quiere calibrar todos los canales de su sistema a la vez o de uno en uno, viajando en estas opciones por medio de las teclas <LUp> y <LDn> y escoger su opción mediante la tecla <RET>.
- 4) Mediante el despliegue de una ventana, el usuario introducirá la frecuencia de muestreo con la que desee adquirir el pulso de entrada por cada canal. Esta frecuencia debe ser de por lo menos dos veces la frecuencia de la señal de entrada. <RET> para aceptar dicha frecuencia.
- 5) Solo si la elección del paso 3 fue la de calibrar de un canal en un canal se desplegará una ventana que nos permitirá escoger el canal que se desee calibrar.
- 6) A continuación aparecerá una ventana por medio de la cual el usuario debe introducir el valor del pulso de calibración conocido en "microvolts". Este valor debe corresponder a la mitad del voltaje de entrada, el porqué se explicará posteriormente.
- 7) Si en el paso 3 se escogió calibrar de un canal en un canal, la rutina presentará una gráfica correspondiente a los valores adquiridos mediante el canal que se haya escogido. Esta pantalla nos dará las siguientes facilidades:
 - <F5> Selección de línea basal o la de pulso.
 - <F6> Recapturar la señal de entrada.
 - <FUp> Mueve línea actual una posición arriba.
 - <FDn> Mueve línea actual una posición abajo.
 - <CTRL><PGUP> Mueve línea actual 5 posiciones arriba.
 - <CTRL><PGDN> Mueve línea actual 5 posiciones abajo.

Esta pantalla se muestra a continuación.



Canal en Calibración : 14	(F5) Línea Pulso/Basal	↑ ↓ Mover
Pulso de Calibración : 5000000.00 [uV]	PULSO	<RET> Aceptar
Frecuencia de Muestreo : 1000.00 [Hz]	(F6) Recaptura Señal	(ESC) Aborta

Para aceptar los límites dados por las líneas se tecllea <RET>

Como puede observarse en la pantalla anterior, y debido a que el sistema propone la posición inicial, por así decirlo, de las dos líneas a la mitad y en la parte superior de la gráfica, es por ello que el valor de pulso antes introducido debe ser la mitad del que entra por el canal si el usuario no desea mover las líneas, ahora, si lo contrario no ocurre, el valor del pulso de calibración debe haber correspondido a la amplitud de voltaje delimitada por la posición de las dos líneas que el mismo usuario determine y acepte.

Se volverá a desplegar la ventana que permitirá escoger otro canal a calibrar y el proceso será el mismo.

- 8) Si en el paso 3 se escogió calibrar todos los canales de una sola vez el sistema realizará automáticamente todos los pasos de calibración. Para esta opción el pulso de calibración antes introducido por el usuario deberá ser la mitad del valor de voltaje de entrada.

- Parámetros. Mediante una ventana de lectura de datos el usuario podrá introducir los siguientes parámetros.

- a) Número de canales a usar por el sistema.
- b) Frecuencia de muestreo para la adquisición de datos.

- Adquisición. Consiste en la captura de los datos provenientes del experimento. Para entrar a esta rutina previamente se debió escoger el subdirectorio y el grupo donde se desee guardar los datos adquiridos. Una vez que haya comenzado la adquisición solo se podrá suspender por medio de oprimir <#> en el teclado auxiliar.
- Osciloscopio. Esta opción simula la función de un osciloscopio, adquiere y grafica la señal en línea. Se tiene la opción de visualizar la gráfica correspondiente a cualquier canal del sistema oprimiendo cualquier número en el teclado auxiliar.

2) ANALISIS Y REPORTE.

Esta es la parte más importante y en donde se encuentra la detección, el análisis y los reportes correspondientes. El menú es:

CAPTURA		ANALISIS Y REPORTE		FIN	
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100

Esta Opción Consiste en
Parámetros de los archivos a analizar

Y esta dividido en:

- Subdirectorío y Grupo inicial. Mediante una ventana de captura de datos el usuario podrá aceptar y/o proponer:

- a) Un subdirectorío específico en el cual se trabajará.
- b) El subdirectorío en donde se encuentran los archivos para poder trabajar en modo gráfico.
- c) Un grupo de trabajo.

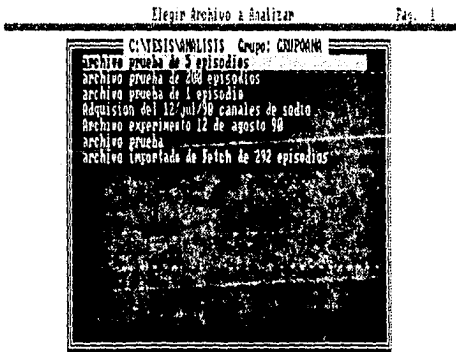
Esto es para no tener que estar eligiendo un las opciones anteriores por medio de las rutinas de utilerías cada vez que se entre al sistema y se desee seguir usando la misma trayectoria.

- Elección y Análisis. Esta opción se subdivide, progresivamente, en submenús que ayudarán al usuario a analizar la señal que desee, primeramente se debe elegir el tipo de señal a analizar:

- Señal adquirida.
- Señal filtrada.

La elección del tipo de señal depende del investigador y de los resultados que desee obtener.

Los archivos se eligen en la siguiente ventana:



May 7 Archivos (P)In Sig. (P)ip) Ant. <ESC) Abort (RET) Sel. (FB) Cont.

Posteriormente se entra en el menú principal del Análisis que es el siguiente:

Editar Fijar Ruido Fijar Amplitud Deteccion Reportes Utilerias Fin

A continuación se describirá cada una de las posibles opciones de este menú cuyo orden corresponde a la secuencia sugerida para realizar el análisis de la señal, y que corresponden a:

- 1) Editar.
- 2) Fijar ruido.
- 3) Fijar amplitudes.
- 4) Detección.
- 5) Reportes.

* Editar.
Permite graficar la señal a analizar, y cuenta con las siguientes facilidades, las cuales además están brevemente explicadas dentro del área de ayuda que esta enmarcada en la misma pantalla, existen dos menús de ayuda, con <F8> se cambia de uno al otro. La opción de Editar permite:

- a) Escalar la señal, se puede variar el tamaño de la misma, tanto en el eje "X" como en el eje "Y". Con

<F1> se llama a esta opción y aparece una ventana que permite introducir los siguientes datos:

- Tiempo máximo en la escala (Eje "X"), con la cual se determina el número de muestras a graficar en una pantalla, el límite son 8192 muestras.
- Valor mínimo en la escala "Y".
- Valor máximo en la escala "Y".

b) Mediante dos cursores móviles, que viajan sobre la señal, se describe el contorno de la misma y, simultáneamente se van desplegando las coordenadas donde están posicionados. Se da por lo tanto la amplitud de la muestra y el tiempo en el que se encuentra. Para ello con:

< F5 > Se selecciona el cursor a mover.
< -> > Avanza cursor una posición
< <- > Retrocede cursor una posición
< CTRL -> > Avanza con incrementos de 5 posiciones
< CTRL <- > Retrocede con incrementos de 5 posiciones

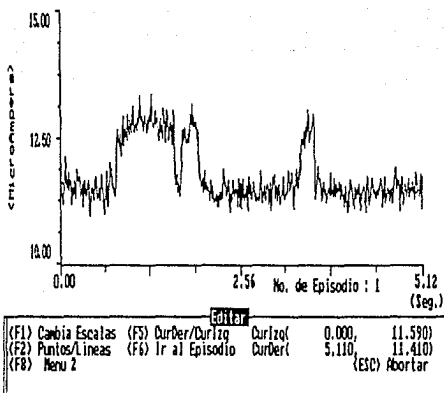
c) Graficar las muestras, ya sea uniéndolas mediante líneas o sólo poniendo un punto por muestra. Para lo anterior:

< F2 > Se cambia de un tipo a otro.

d) Permite viajar a través de la señal mediante los siguientes comandos:

< BEGIN > Ir al episodio número uno.
< END > Ir al último episodio de la señal.
< PAG DOWN > Retrocede un episodio
< PAG UP > Avanza un episodio
< F6 > Ir a un episodio "N".

La siguiente figura corresponde a la opción de Editar.



★ Fijar Ruido.

Este paso es obligatorio si se desea una correcta detección y se debe realizar para cualquier tipo de señal, ya sea de datos adquiridos o filtrados, aunque para estos últimos el nivel de ruido ya haya sido eliminado casi en su totalidad.

Se debe fijar el conveniente nivel de ruido de la señal a analizar, mediante los siguientes tres pasos:

- 1) Se proporcionan todas las facilidades de la Edición de una señal (como se describe en el punto anterior) para que se elija el episodio con el tramo de ruido que se considere ser uno de los más representativos de toda la señal.
- 2) Mediante los dos cursores móviles se delimita el tramo del episodio en donde se encuentra el ruido representativo.
- 3) Para aceptar dicho tramo se oprime <RET> y el sistema remarcará la parte seleccionada.

Si se considera que el ruido elegido es erróneo se debe realizar el mismo procedimiento desde el punto 1.

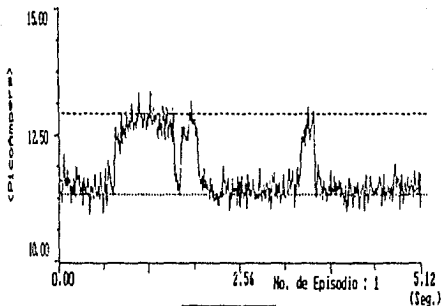
* Fijar Amplitud

Esta opción no debe pasarse por alto, aunque cabe mencionar que aún si el usuario olvidase fijar el ruido y/o las amplitudes el sistema asigna valores para que la detección pueda continuar, con la reserva de que probablemente los resultados no sean realmente los correctos.

Se debe fijar nivel(es) de amplitud de la señal a analizar, mediante los siguientes tres pasos:

- 1) Se proporcionan todas las facilidades de la Edición de una señal para elegir el episodio que se considere tener el valor de amplitud representativo, dependiendo del nivel al que se vaya a fijar amplitud, comenzando primero por el nivel más bajo de la señal.
- 2) Al oprimir <F4> se dibujan dos líneas horizontales en la ventana, las cuales moveremos para determinar la amplitud del nivel colocando la línea superior en el valor máximo y la línea inferior en el mínimo. Cuando se trata del primer nivel a elegir el sistema coloca las dos líneas en los extremos superior e inferior de la ventana de graficación. Para la determinación de amplitud del segundo nivel en adelante la línea inferior se posiciona automáticamente en el valor máximo del nivel definido anteriormente y su línea superior siempre es propuesta en la parte superior de la ventana. Se tienen las siguientes opciones:
 - <F1> Selección de línea superior ó inferior.
 - <FUp> Mueve línea actual una posición arriba.
 - <FDn> Mueve línea actual una posición abajo.
 - <CTRL><PGUP> Mueve línea actual 5 posiciones arriba.
 - <CTRL><PGDN> Mueve línea actual 5 posiciones abajo.

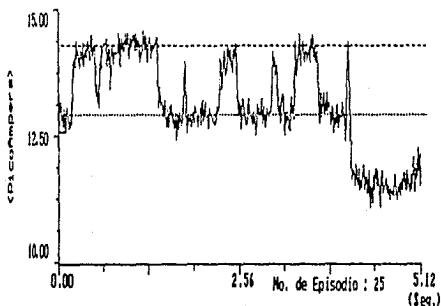
La figura siguiente ejemplifica la determinación de amplitud para el nivel 1.



Fijar Amplitudes		
(F1) Línea Sup/Inf (Inferior)	Nivel: 1	Línea Sup. YC 12.930)
(F1b), (Ctrl) (PgUp) Mueve línea hacia arriba		Línea Inf. YC 11.328)
(F1b), (Ctrl) (PgDn) Mueve línea hacia abajo		
(RET) Aceptar Amplitud	(ESC) Abortar	Diferencia (1.602)

- 4) En caso de considerar más niveles se regresa al punto 1 para fijar otro y se podrá repetir tantas veces como niveles se encuentren.

Las amplitudes de los niveles se van tomando con referencia al anterior y no desde el nivel más bajo. Como se ejemplifica en la siguiente figura en donde se procedió a fijar el nivel 2.



Fijar Amplitudes		
(F1) Línea Sup/Inf (Superior)	Nivel: 2	Línea Sup. YC 14.297)
(F1b), (Ctrl) (PgUp) Mueve línea hacia arriba		Línea Inf. YC 12.930)
(F1b), (Ctrl) (PgDn) Mueve línea hacia abajo		
(RET) Aceptar Amplitud	(ESC) Abortar	Diferencia (1.367)

- * Detección. Una vez realizados los tres pasos anteriores se procede a la detección de los canales. Para su realización debe tenerse siempre la siguiente consideración: Por lo menos los diez primeros datos, del primer episodio de la señal que se desee detectar, deben pertenecer al nivel más bajo, de no realizarse así, la detección será totalmente incorrecta.

Aquí es donde se realiza el Análisis básico del sistema y se caracteriza por:

- a) El usuario puede introducir el número deseado de episodios a detectar, teniendo en cuenta que estos episodios serán de 512 datos cada uno, lo que el usuario debe tener presente por si antes entró a la opción de escalar la señal en el eje "X".

Detección de Aperturas

Ultimo Episodio a Detectar: 230
de 512 datos
(ESC) Abortar (RET) Aceptar

Detección

Un momento, detectando apertura de Canales.....

- b) Al finalizar la detección es posible escoger un nivel a graficar remarcado, para validar la detección.

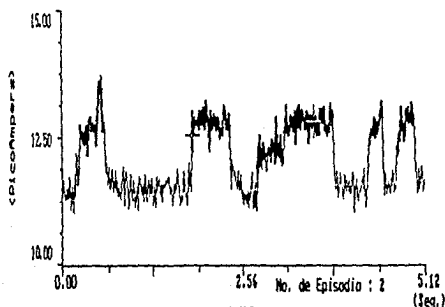
Escoger Nivel de Apertura

Nivel de Apertura a marcar : **1**

<ESC> Abortar <RET> Aceptar

Deteccion

Se proporciona también la edición de la señal para que el usuario pueda visualizar el lugar donde se remarcó el nivel deseado a través de todos los episodios de la señal. Con la opción del movimiento de cursores y despliegue de coordenadas, se puede conocer cuál muestra es exactamente la que pertenece a un nivel dado, ya que el sistema pone el número de nivel al lado derecho de las coordenadas, como se muestra a continuación, teniendo como ejemplo el remarcado del nivel 1.



Deteccion

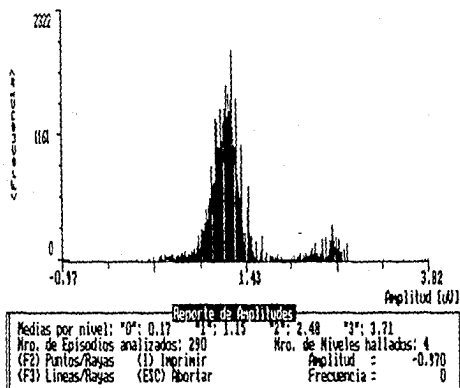
(F1) Cambia Escalas	(F5) Curber/Coriza	Coriza(	6.950,	12.520)	1
(F2) Puntos/Lineas	(F6) Ir al Episodio	Curber(	8.680,	12.800)	1
(F8) Menu 2	(RET) Aceptar				(ESC) Abortar

- c) Así mismo se generan los datos necesarios para los reportes de este sistema.

* Reportes.

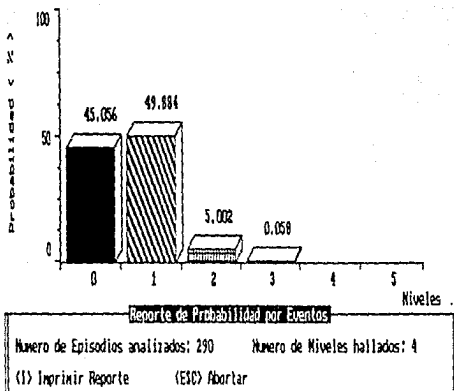
Se ofrecen los siguientes cuatro reportes.

- 1) Amplitud. Este reporte nos muestra un histograma que grafica amplitud contra número de eventos con esta amplitud (un evento es la presencia de un nivel en un determinado tiempo hasta que deje de presentarse).



Este reporte cuenta con las siguientes opciones:

- Moverse con un cursor que nos va dando su coordenada respectiva, proporcionando la amplitud de ese punto y el número de veces que se presentó.
 - <F2> Grafica puntos/rayas
 - <F3> Grafica con líneas/rayas.
 - <I> Imprimir el reporte
- 2) Probabilidades por nivel. Este reporte nos permite conocer la probabilidad de presencia de un nivel cualquiera durante todo el registro.

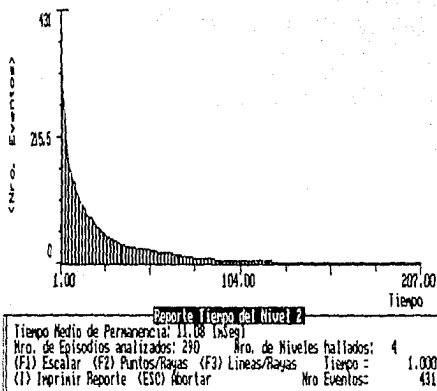


Este reporte tiene la siguiente opciones:

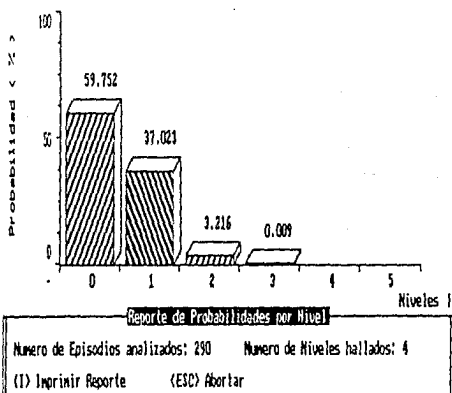
- <I> Imprimir el reporte
- 3) Tiempos por nivel. Para este reporte existirán tantas gráficas como niveles se hayan encontrado a lo largo de todo el registro, las que nos permitirán conocer el número de eventos que presentaron por lo menos un tiempo x.

Para cada uno de estos reportes se tienen las siguientes opciones:

- Mediante una ventana de lectura de datos se podrá elegir el reporte del nivel deseado.
- Moverse con un cursor que nos va dando su coordenada respectiva, proporcionando el tiempo de duración de esa muestra y el número de veces que se presentó.
- <F1> Escalar.
- <F2> Graficar con puntos/rayas
- <F3> Dibuja con líneas/rayas.
- <I> Imprimir el reporte



- 4) Probabilidad por Eventos. Este reporte nos despliega la probabilidad de encontrar un evento perteneciente a un nivel determinado, de los que se hayan encontrado a lo largo del registro.



Este reporte ofrece la siguiente opción:

- <I> Imprimir el reporte.

* **Utilerías.**

El sistema tiene las siguientes Utilerías:

a) **Borrar una señal.** Se puede borrar ya sea la señal completa, tramos pequeños, un episodio y varios episodios a la vez, siguiendo estos pasos:

- 1) Se tiene la facilidad de edición de la señal para poder moverse dentro de toda ella y así elegir el episodio en donde se encuentra el tramo a borrar.
- 2) Se elige, mediante los dos cursores móviles, los extremos del tramo a borrar.
- 3) Se acepta el tramo elegido para borrar con <RET> y agregando las siguientes opciones para ello.
Borrar:
 - <F1> La muestra donde se encuentra el cursor izquierdo.
 - <F2> La muestra donde se encuentra el cursor derecho.
 - <F3> El tramo entre los dos cursores.
 - <F4> El episodio actual.
 - <F5> Toda la señal.

Una vez hecho lo anterior el programa remarca el tramo que se eligió para identificarla como tramo a borrar.

Para que el borrado se haga efectivo, se debe salvar la señal ya sea con el mismo nombre o con un nombre diferente.

La señal deberá salvarse si se desea detectar aperturas de canales sobre la misma, y para ello deberá salirse de este módulo e irse a seleccionar este archivo en la ventana de selección de archivo a detectar.

Nota: una vez salvada la señal es IMPOSIBLE recuperar las partes borradas.

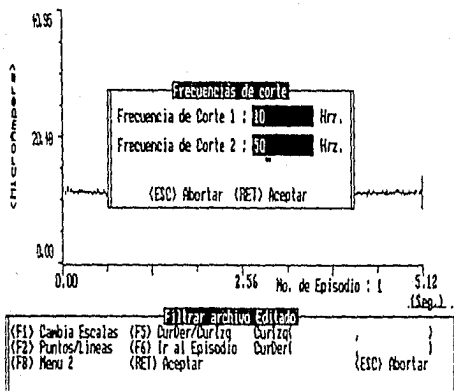
b) **Desborrar una señal.** Se ofrece la posibilidad de desborrar ya sea la señal completa, tramos pequeños, un episodio y varios episodios a la vez los cuales previamente habían sido escogidos para ser borrados. Siguiendo estos pasos:

- 1) Se tiene la facilidad de edición de la señal para poder moverse dentro de toda ella y así elegir el episodio donde se encuentra el tramo a desborrar.
- 2) Si deseamos desborrar un tramo del episodio elegido, se procede a elegirlo mediante los dos cursores móviles con los cuales lo delimitaremos.
- 3) Se acepta el tramo elegido para desborrar con <RET> y agregando las siguientes opciones para ello.
Desborrar:
 - <F1> La muestra donde se encuentra el cursor izquierdo.
 - <F2> La muestra donde se encuentra el cursor derecho.
 - <F3> El tramo entre los dos cursores.
 - <F4> El episodio actual.
 - <F5> Toda la señal.

Una vez hecho lo anterior el programa quita el remarcado, conservando la señal como antes de borrar.

- c) Filtrar una señal. El sistema ofrece los siguientes tipos de filtros:
- Paso bajas.
 - Paso altas.
 - Paso banda.
 - Supresor de banda.

Para entrar a esta opción el usuario deberá introducir, mediante una ventana de lectura, las frecuencias de corte necesarias, que dependerán del tipo de filtro que se desee.



La opción de filtrado ofrece además las siguientes opciones:

- Definir el número de episodios a filtrar.
- Terminado el filtrado de la señal es posible editar y graficar los episodios filtrados.
- Se puede salvar esta señal filtrada en un archivo diferente al de datos originales.
- Se puede realizar la detección sobre este archivo filtrado.

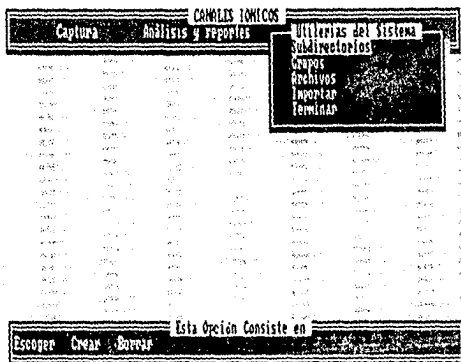
Cabe hacer notar que el sistema es capaz de llevar a cabo la detección de los canales sin la necesidad de que se filtre previamente la señal.

d) Salvar una señal. Se salva la señal en el caso de que:

- Se haya borrado partes de la misma, y se desee guardarla con los cambios realizados.
- Se desea tener un respaldo de la señal con otro nombre.

El nombre que el usuario dará a este archivo se lleva a cabo mediante una ventana de lectura de nombre de archivos con una longitud de hasta 50 caracteres

3) UTILERIAS.



Se cuenta con utilerías creadas especialmente para el manejo de los archivos. Estas se basan en un concepto nuevo que nos ayuda para tener un mejor manejo y comprensión de los mismos. Para ello es necesario definir primeramente los siguientes conceptos:

- Subdirectorio. Se manejan de igual manera que como lo hace el Sistema Operativo. Con la misma lógica y sintaxis.
- Grupo. Es una forma de agrupar a los archivos. Se crea un grupo con el fin de tener los archivos de un mismo experimento clasificados en un lugar común. El Grupo es el enlace entre los archivos de un mismo tipo.
- Archivos. Se implementó en el programa utilerías que permiten manejar los nombres de los archivos con un máximo de hasta 50 caracteres y no de 8 caracteres como lo maneja el Sistema Operativo, esto con el fin de dar mayor claridad a los nombres, ya que así el investigador puede describir ampliamente las características del archivo e incluir los datos básicos y

que le daran una mayor información cada vez que lo accese.

Se sugiere, por lo tanto, llevar una organización en donde se tengan los archivos que se crea que estén relacionados en un mismo Grupo, dado que de esta forma existe un mayor control, agregando que la información se unifica dentro de un solo nombre de Grupo.

Subdirectorios.

Las rutinas de esta opción son:

- Escoger, con la cual podemos cambiarnos a un subdirectorio dado sin tener que salirnos del sistema, de esta forma es posible direccionar la trayectoria hacia donde deseamos realizar una operación dada.
- Crear, con la cual creamos un subdirectorio. Si se desea crear un subdirectorio dentro de otro, como primer paso debemos de escoger el subdirectorio a donde crearemos el nuevo.
- Borrar, se borra un subdirectorio elegido con todos los Grupos y los archivos que se encuentran dentro de él. Esta función de las utilerías no borra subdirectorios que no sean nodos terminales.

Grupos.

Las operaciones de esta opción son:

- Escoger un Grupo con el cual se desee trabajar.
- Crear un Grupo, cuyo nombre es de hasta 8 caracteres.
- Borrar un Grupo con todos los archivos que estén definidos dentro de él. Con la posibilidad de poder borrar varios grupos a vez.
- Copiar los archivos de un Grupo a otro Grupo.
- Listar todos los Grupos de un subdirectorio elegido.

Archivos

Los archivos se manejan con nombre de hasta 50 caracteres, siendo invisible para el usuario su relación con los nombres de estos en disco, así como su organización dentro de un Grupo.

Se tienen las siguientes opciones:

- _ Renombrar uno o varios archivos.
- _ Listar todos los archivos de un Grupo.
- _ Borrar uno o varios archivos de un Grupo.
- _ Copiar uno o varios archivos de un Grupo a otro.

Importar.

Esta opción permite convertir un archivo capturado mediante el programa llamado "Fetchen", para ser utilizado dentro de este sistema. Para ello deberán de seguirse los siguientes pasos:

- 1) Mediante las utilerías de subdirectorios y de grupos se elige el subdirectorio y el grupo en donde se dejará el archivo a convertir.
- 2) Se especifica el directorio en donde se encuentra el archivo a convertir.
- 3) Se escribe el nombre del archivo, el cual debe ser de hasta 8 caracteres. Si este archivo no existe, el programa marca error y se regresa al menú anterior.
- 4) El usuario introduce tanto la frecuencia de muestreo con la que se adquirió el archivo a convertir como su correspondiente factor de conversión.
- 5) El usuario, por último, da el nombre de este nuevo archivo según el formato de este sistema, que es de hasta 50 caracteres.

SISTEMA DE ANALISIS DE CANALES IONICOS

CARACTERISTICAS DE LOS ARCHIVOS FUENTE

INTRODUCCION.

La descripción general de la estructura del sistema, desde el punto de vista de la programación, se explica en este apéndice y es una guía para facilitar las posibles modificaciones y mantenimiento que se le pueda hacer en un futuro a nuestro sistema.

El sistema se programó en lenguaje Pascal, utilizando la versión más poderosa y conocida para microcomputadoras tipo PC, que es el Turbo Pascal versión 5.5, además de usar el lenguaje de ensamblador Intel 8086 para implementar algunas rutinas.

La estructura del programa se basa en un nuevo concepto introducido desde la versión 4.0 de Turbo Pascal y es la idea de una "Unidad" (UNIT), la cual consiste en tener agrupados dentro de un mismo archivo rutinas generales que nos servirán para diferentes aplicaciones y que además tiene la ventaja de no tenerse que compilar siempre, ya que al compilar sin errores genera un archivo .TPU, el cual es tomado por el programa que utiliza las rutinas de esta Unidad. Incluso da un orden a la programación en general, evitando la repetición de procedimientos y facilita, en un momento dado, el mantenimiento de sistemas grandes con varias unidades.

Dicho lo anterior, los archivos de programas, de unidades y de datos utilizados son los siguientes.

- **Canal.Pas:** Es el programa principal del sistema. De él parten todas las definiciones de los menús y comprende los principales procedimientos de todas las unidades. Al compilar, Canal.Pas genera un archivo ejecutable llamado Canal.Exe.

Este programa usa las unidades: Int05, Analisis, UtilAnal, Uterleria, Crt, Dos, Comun, Calibra e Importar.

Análisis.Pas: Es una unidad que realiza la parte de la detección de canales, por lo que es la unidad más importante del sistema. Se apoya en otras unidades para generar todos los resultados del sistema como son reportes, graficación y manejo de archivos.

Debido al gran tamaño de esta unidad se dividió en dos archivos, el archivo complementario se llama Anal_Aux.Inc.

Requiere de las unidades de Reportes, Utileria, Filter, UtilAnal, GrafRead, Crt, Dos, Graph, PullDown, Comun e Int05.

Y esta formada solamente del siguiente procedimiento:

```
Procedure Analisis(NombreArch:S40;Ext:s3);
```

UtilAnal.Pas: Es una Unidad auxiliar para la parte de análisis y comprende rutinas de:

- a) Manejo de parámetros iniciales de subdirectorios y grupos actuales.
- b) Rutinas de manejo de graficación, como graficar la señal, graficar ejes, coordenadas de puntos, etc.
- c) Rutinas de movimiento a través de la señal.
- d) Rutinas con ventanas de lectura de datos diversos, todo ello en modo gráfico.

Utiliza las siguientes unidades : GrafRead, Crt, Dos, Graph, Comun y Utileria. Contiene los procedimientos siguientes:

```
Procedure BorraVentana( x1, y1, x2, y2 : integer );
```

```
Procedure DespParam( Datos : HEEG );
```

```
Procedure LeeParametros( PathMain : S40 );
```

```
Procedure EscribeParam( PathMain : S40 );
```

```
Procedure Parametros2( PathMain : S40 );
```



```

Procedure SelecNombre( path : s40;
                      Tipo : char;
                      var Titulo : S80;
                      var NombreArch : S40;
                      var NombreDir : S50;
                      var NroRegAct : integer );

Procedure CreaNombre( path : s40;
                    Tipo : char;
                    Titulo : S80;
                    var NombreArch : String;
                    var NoArch : integer );

Procedure EjeX( Xmin, Xmax : real; letrero : S80 );

Procedure EjeY( Ymin, Ymax : real; letrero : S80 );

Procedure BorraEjes;

Procedure BorraLetras( X1, Y1, X2, Y2 : integer );

Procedure Escribe( X, Y : integer;
                  S : S80 );

Procedure BorraOpciones;

Procedure BorraGrafica;

Procedure GrafMarco( x1, y1, x2, y2 : integer );

Procedure Coordinadas( Xr, Yr : real;
                      Borrado, NoCur : word;
                      CanalMarcadoStr: S2);

Procedure GrafBorraCursor( var VectorX : TipoVector;
                          FactorX, Xmin, Xmax : real;
                          var VectorY : TipoVector;
                          FactorCalibra, Ymin, Ymax : real;
                          Indice : word;
                          Var PosicionX : integer );

Procedure Grafica( var VectorX : TipoVector;
                  FactorX, Xmin, Xmax : real;
                  var VectorY : TipoVector;
                  FactorCalibra, Ymin, Ymax : real;
                  var Borrados : Status;
                  Indice1, Indice2 : integer;
                  Linea : boolean );

Procedure BloqueSig( NroBloquesALeer, MaxReg : word;
                   var NroRegAct : word;
                   var Graf, IniCur : boolean );

Procedure BloqueAnt( NroBloquesALeer, MaxReg : word;

```

```

var NroRegAct : word;
var Graf, IniCur : boolean );

Procedure LeeEpisodio( Var VectorY : TipoVector;
  Var Borrados : Status;
  NroRegAct, MaxReg,
  NroBloquesALeer : word;
  var NroBloquesLeidos : word );

Procedure LeeEpiNiveles( Var VectorAnalysis : TipoAnalysis;
  NroRegAct, MaxReg,
  NroBloquesALeer : word;
  var NroBloquesLeidos:word );

Procedure LeeFrecCorte( Var FC1, FC2 : real;Var TC3 : Char );

Procedure Escalar( Var EscalaX, Ymin, Ymax : Real ;
  XMin, XMax : real );

Procedure BorraSenal( Var Ensam1, Ensam2 : word;
  MaxEnsam : word;
  var TC1 : char;
  Titulo, Titulo1, Titulo2 : S80 );

Procedure LeeEnsam( Var NroRegAct : word;
  MaxReg : word;
  TituloEncabezado, Titulo : S40;
  Var TC1 : Char );

Procedure LeeNivelAMarcar( Var NivelAct : integer;
  Var TC1 : Char );

Procedure BorraEnsam( Var Borrados : Status;
  NroRegAct, NroBloquesALeer,
  Indice1, Indice2 : word );

Procedure DesbEnsam( Var Borrados : Status;
  NroRegAct,NroBloquesALeer, Indice1,
  Indice2 : word );

Procedure GrafOpciones( NoOp : integer );

Procedure Graf2Opciones( NoOp,NroAmplitudNivel : integer );

Procedure DetectaMin( var VectorY : TipoVector;
  var Borrados : Status;
  Indice1, Indice2, Coef, Umbral,
  NoPtos : word );

Procedure WriteCoordY( dato : real;
  tipo : integer );

Procedure FijaNiveles( Var YNivelMax, YNivelMin : real;
  Var YActSup, YActInf : Integer;

```

```
YMax, YMin : real;  
Var funcion:Char);
```

```
Procedure FechaHoy;
```

```
Procedure Media_Y_Desviacion( Buff : TipoVector512;  
LongVector : integer;  
Var Med, Desv : real );
```

```
Procedure BorraTitulo( x1, y1, x2, y2 : integer );
```

```
Procedure LeeEpiAmplitudes( Var VectorAmplitudes :  
TipoVector512;  
NroRegAct, MaxReg,  
NroBloquesALeer : word;  
var NroBloquesLeidos:word);
```

```
Procedure EncuentraNivelMaximo(var NivMaxEncontrado : byte);
```

- **PullDown.Pas:** esta unidad contiene los procedimientos necesarios para el uso de los menús en modo gráfico.

Utiliza las siguientes unidades: Comun, Dos, Graph y Crt.
Esta formada por los siguientes procedimientos:

```
Procedure DecXCursor( Var Coordinada, CoordAnt : integer);
```

```
Procedure DecYCursor( Var Coordinada, CoordAnt : integer);
```

```
Procedure DecrementaCoor( Var Coordinada : integer;  
Velocidad : integer );
```

```
Procedure Poll( var CoordX ,CoordY : integer;  
Var Tecla : Char; incremento : integer );
```

```
Procedure Poll2( var CoordX, CoordY : integer;  
Var Tecla : Char; incremento : integer );
```

```
Procedure ActivateMenu( Var CurrentMenu : MenuDesc;  
MenuNumber : Byte );
```

```
Procedure DeactivateMenu( Var CurrentMenu : MenuDesc;  
MenuNumber : Byte );
```

```
Procedure ActivateItem( Var CurrentMenu : MenuDesc;  
Code : Byte );
```

```
Procedure DeActivateItem( Var CurrentMenu : MenuDesc;  
Code : Byte );
```

```
Function InvalidMenu( CurrentMenu : MenuDesc;
```

```

        Var BadCode : byte ) : Boolean;

Procedure SetUpMenu( CurrentMenu : MenuDesc );

Procedure MenuPullDown( CurrentMenu : MenuDesc;
        Var ReturnCode : Word;
        Var Amulet : Boolean;
        PointerX, PointerY : integer );

Procedure MenuPrincipal( CurrentMenu : MenuDesc;
        Var OpcionAct : integer;
        Var X, Y : integer;
        Var TCl : char;
        Var Primeravez : Boolean;
        TotOpciones : integer );

```

- **Las unidades GPrint.Pas e Int05.Pas** son para poder imprimir una pantalla a en modo gráfico.

Utilizan las unidades Dos y Graph; y estan compuestas de solo un procedimiento.

```

Procedure HardCopy ( GMode : integer );

```

- **GrafRead.Pas:** Es una unidad que tiene procedimientos para:

- a) Leer datos en ventanas en modo gráfico.
- b) Dibujar cuadros (ventanas) en modo gráfico.

Utiliza a Crt y a Graph.

Esta formada de los siguientes procedimientos:

```

Procedure Sound1;

Procedure Sound2;

Procedure VentanaModoGrafico( X1, Y1, X2, Y2 : integer;
        Titulo.: S80 );

Procedure ReadString( PosX, PosY, TamanoString : Integer;
        Var S : String; Var Ter : Char );

Procedure ReadString2( PosX, PosY, X1, Y1, X2, Y2, PosXAyuda,
        PosYAyuda, TamanoString : Integer;

```

TituloEncabezado, Titulo : S80;
Var S : String; Var Ter : Char);

Importar.Pas: realiza la conversión de un archivo de datos con el formato del programa comercial de captura "FETCHEN" a un archivo que pueda ser leído con el sistema "Canal". Para esto los archivos de "Fetchen" están formados por registros donde cada uno de ellos es un arreglo de 640 datos.

Usa las unidades Comun, Dos, Crt y Utileria. Esta formado del siguiente procedimiento.

```
Procedure ImportarArchivo( Path2 : S40; GrupoElegido : S8;  
                          PathMain : S40) ;
```

Utileria.Pas: es la unidad que contiene todas las rutinas para el manejo de los subdirectorios, grupos y archivos, tales como listar grupos, borrar subdirectorios, escoge archivos, renombrar archivos, etc. Debido al tamaño de esta unidad se tiene en dos archivos, el segundo archivo se llama Utile_Aux.Pas.

Utiliza las unidades Comun, Graph, GrafRead, Dos y Crt. Y tiene los siguientes procedimientos.

```
Procedure VentanaError( letrero : S80;  
                       X1, Y1, X2, Y2 : integer;  
                       SiBorra : boolean );
```

```
Procedure DibujaLinea( x, y, Longitud, TipoLinea,  
                      Color : Integer );
```

```
ProcedureAyudaTitulo( Centrado : Boolean;  
                      Opciones : Tecla; Aux : AyudaMensaje;  
                      Num, Renglon, Xini : integer );
```

```
ProcedureEscribeParam( PathA, PathB, PathC : S40;  
                       GrupoEle : S8; TipoM : S1 );
```

```
ProcedureParametros( PathA, PathB, PathC : S40;  
                    GrupoEle : S8; TipoM : S1 );
```

```
Procedure LeeParam( Var PathA, PathB, PathC : S40;  
                   Var GrupoEle : S8; Var TipoM : S1 );
```

```
Procedure QuickSort( n : integer;
```

```

Var Direc : VectorDirectorios );

Procedure EscogeDirectorio( Encabezado : S40;
                           Var NombreDirectorio : S40;
                           Var SiEligio : Boolean );

Procedure CreaSubdirectorio( Path : S40 );

Procedure BorraSubdirectorio;

Procedure EscogeGrupo( Encabezado : S40; Path : S40;
                      Var NombreGrupo : S8;
                      Var ArregloGrupo : VectorGrupos;
                      SoloUno : Boolean;
                      Var Contador : Word;
                      Var Escape : Boolean );

Procedure CreaGrupo( Path : S40; Var NombreArch : S8;
                    Var TC1 : Char );

Procedure BorraGrupo( Path : S40 );

Procedure CopiaGrupo( Path : S40 );

Procedure ListaGrupo( Encabezado : S40; Path : S40 );

Procedure CreaArchivoEnGrupo( Var NombreEnElDisco: S8;
                              GrupoActual : S8; Path : s40;
                              TipoDeArchivo : S30; Ext : S3;
                              Var NombreDe50:S50 ;
                              Var TC3:Char );

Procedure CreaArchENGpoModoGrafico( titulo :S80;
                                     Var NombreEnElDisco: S8;
                                     GrupoActual:S8;
                                     path:s40;
                                     TipoDeArchivo : S30;
                                     Ext : S3;
                                     Var TC3 : Char );

Procedure EscogeArchivo( Path : s40; Ext : S3 ;
                        Titulo : S80;
                        var NombresArch : VectorArchivos;
                        Var NombresEnDisco : VectorGrupos;
                        GrupoUsado: S8;
                        var NoArch : integer;
                        Var NroDeEscogidos : integer;
                        Var NoContinua : Boolean;
                        Var NomEnDisco : S8;
                        NombreDe50 : S50;
                        Solouno : boolean );

Procedure CopiaArchivo( Path : S40; GrupoUsado : S8;
                       Tipo : S3 );

```

```

Procedure RenombraArchivos( Path : S40; GrupoUsado : S8;
                             tipo : S3 );

Procedure BorraArchivo( Path : S40; GrupoUsado : S8;
                        tipo : S3 );

Procedure ListaArchivos( path : s40; GrupoUsado : S8;
                        Ext : S3 );

Procedure VentanaAuxiliar( Titulo : S80; X1, Y1, X2, Y2,
                           ColorMarco, ColorFondoMarco,
                           ColorTitulo, TipoMarco:integer );

Procedure GSave( GName : String; Var IOR : integer );

Procedure GLoad( GName : String; Var IOR : integer );

Procedure CopiaUnArchivoAOTro( PathOrigen, PathDes : S80 );

```

- **Reportes.Pas:** Esta unidad grafica los reportes con sus respectivos valores. En estos procedimientos no se hacen los cálculos para generarlos.

Utiliza las siguientes unidades: GrafRead, UtilAnal, Comun, Crt, Dos, Graph y Utileria.

Tiene un procedimiento por cada uno de los reportes que se dan en este sistema.

```

ReporteAmplitudes( Path : S40; NroNiveles, NroEpi : Word;
                   FactorCalibra, DesviacionRuido : real );

Procedure ReporteProbabilidad( Path : S40; NroNiveles,
                               NroEpi: Word );

Procedure ReporteTiempos( Path : S40;
                          NroNiveles, NroEpi : Word );

Procedure ReporteEventos( Path : S40; NroNiveles,
                           NroEpi: Word );

```

- **Filter.Pas:** Esta unidad tiene las rutinas para filtrar cualquier señal con diferentes tipos de filtrado.

Usa las unidades Crt, Dos y Graph. Sus procedimientos son:

```

Procedure GraficaEspectro( X : TipoVectorFiltro;
                          Color : integer;
                          Inicio, Fin : integer );

Procedure MulC( a, b : complex; var res : complex );

Procedure MulCl( are, aim : real; b : complex;
                var res:complex);

Procedure Espejo( var X : TipoVectorFiltro;
                 N : integer);

Procedure Ventana ( var datos : TipoVectorFiltro;
                   N : integer );

Procedure Smooth( var X,Y : TipoVectorFiltro; N : integer );

Procedure Atenua( Var X,Y : TipoVectorFiltro; N : integer;
                 Fmues, F1, F2 : real);

Procedure FFT( var Xr, Xi : TipoVectorFiltro; m : integer;
              Directa : boolean );

Procedure FFT2( var Xr, Xi : TipoVectorFiltro; m : integer;
               directa : boolean );

```

- **Calibra.Pas:** Rutinas de calibración del sistema. Tiene los siguientes procedimientos:

```

Procedure Calibracion( NumCanSist : integer;
                     TodosALaVez : boolean );

Procedure LeeArchCalibración( Var RegCanalesYFactores :
                             RegistroCalibra;
                             Var ExisteArch : boolean);

```

- **Comun.Tpu:** Esta unidad fue desarrollada en la Unidad de Cómputo del Instituto de Fisiología Celular y se utiliza en todos los sistemas que ahí se realizan. Consiste de procedimientos para el manejo de menús en modo texto, rutinas de lectura en diferentes tipos de datos y rutinas para su validación.

Los archivos que se generan en el Sistema Canal son los siguientes.

- 1) Al adquirirse datos inicialmente el usuario determina el nombre que llevará con un tamaño de hasta 50 caracteres, el sistema internamente le asigna un nombre en disco, invisible para el usuario.

Estos archivos aparecerán con la extensión .DAT y su formato es:

Archivo de datos	
Episodio 1	512 muestras
Episodio 2	512 muestras
Episodio 3	512 muestras
.	.
.	.
.	.
Episodio N	512 muestras
Parámetros	Frecuencia de muestreo Número de canales Número de episodios capturados Factor de Calibración

- 2) Cuando se filtra una señal se puede salvar en un archivo cuya extensión es de .FIL y que tiene la misma estructura que el archivo de datos descrito anteriormente.

Durante la detección y para la generación de los reportes se crean los siguientes archivos:

- 3) ArchAnal.Niv es un archivo paralelo al de datos y por lo tanto tendrá el mismo número de elementos que este, teniendo como fin almacenar el nivel al que pertenezca una muestra.

Episodio 1	512 niveles detectados
Episodio 2	512 niveles detectados
Episodio 3	512 niveles detectados
.	.
Episodio N	512 niveles detectados

- 4) ArchAmpl.Amp es también un archivo paralelo al de datos y contiene las amplitudes correspondientes para cada muestra.

Episodio 1	512 amplitudes detectadas
Episodio 2	512 amplitudes detectadas
.	.
Episodio N	512 amplitudes detectadas

- 4) ArchAmpl.Grf, este archivo es un extracto del archivo anterior, ya que es el que contiene el número de veces que se llegó a una amplitud determinada.

	Nro de ocurrencias	Amplitud
Registro 1		
Registro 2		
Registro 3		
.	.	.
Registro N		

- 5) ArchAmpM.Grf nos da el valor medio de la amplitud para un nivel dado.
- 6) ArchProb.Grf da la probabilidad de que se presente un nivel dado, dependiendo del tiempo.

Probabilidad Nivel 0
Probabilidad Nivel 1
Probabilidad Nivel 2
.
Probabilidad Nivel "N"

- 7) TiempMed.Tpo almacena el tiempo medio de permanencia para cada nivel.
- 8) Nivel_X.Tpo, existe un archivo de estos para cada nivel que se haya detectado, presentándose por ejemplo el archivo Nivel_1.Tpo para el nivel 1 y almacena los datos de tiempos de duración de un nivel "X".

	Tiempo	Duración
Registro 1		
Registro 2		
Registro 3		
:	:	:
Registro N		

- 9) ArchProE.Grf contiene la probabilidad de llegar a un nivel, pero sin depender del tiempo.

Prob. Eventos Nivel 0
Prob. Eventos Nivel 2
Prob. Eventos Nivel 3
:
Prob. Eventos Nivel "N"