

**Diseño y Desarrollo de un Sistema para la Adquisición y Procesamiento
de una Señal EEG para la Visualización de la Onda P300 a partir de
Potenciales Evocados.
Aplicación en Tareas Cognitivas de Reconocimiento del Nombre de Pila.**

Tesis de Maestría

**Maestría en Ingeniería Electrónica y de Computadores
Área de Profundización: Biomédica**

Ing. Brayan Alexis Arias Martinez

Asesor: Dr. Fernando Lozano

Co-Asesor Externo: Dr. Jorge Bohórquez

Enero de 2008

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
BOGOTÁ, COLOMBIA**

A Dios, quien me ha dado la vida sin necesitarme.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	4
2.	Antecedentes y Justificación	5
2.1	Generalidades	6
2.1.1.	El Cerebro	6
2.1.2.	El Ojo	9
3.	Potenciales Evocados	11
3.1	Potenciales Evocados Endógenos Cognitivos	11
3.2	Onda P300	11
4.	Objetivos	14
4.1.	Objetivo General	14
4.2.	Objetivos Específicos	14
5.	Metodología	15
6.	Desarrollo	16
6.1.	Investigación	16
6.2.	Sistema	20
6.3.	Prueba Clínica	27
7.	Resultados y Conclusiones	29
8.	Proyecciones	32
9.	Bibliografía y Recursos	33
10.	Anexos	35

1. Introducción

Es el deber de los ingenieros que hacen énfasis en biomédica el respaldar los proyectos que ayuden a mejorar los diagnósticos, investigaciones y estudios médicos por medio de las innovaciones en sistemas y equipos para que vayan enfocados a este propósito.

Esta propuesta comienza con una retrospectiva de la importancia de los potenciales evocados en la medicina y la psicología clínica y algunas generalidades del cerebro y el ojo. Seguirá con la presentación de los objetivos generales y específicos. Luego se explicarán las actividades realizadas en la tesis con los resultados y las conclusiones finales. Luego encontrará toda la bibliografía consultada para la elaboración de la tesis y la presentación de este documento. Por último podrá consultar los Anexos de este documento.

2. Antecedentes y Justificación

El cerebro ha sido siempre un enigma para el ser humano, se han desarrollado herramientas de todo tipo para analizarlo y comprenderlo, estudiándolo y creando herramientas desde diferentes áreas: medicina, psiquiatría, psicología, biología, entre otras como la ingeniería.

“...en el periodo 1976-1984, surgió la idea de explorar con potenciales visuales (electrofisiología), a un paciente con patología ocular, bajo tratamiento homeopático observando alteraciones en sus registros de salida...Los potenciales visuales son reconocidos en Oftalmología como método de estudio, estandarizado y confiable a nivel internacional.”⁽¹⁷⁾

Los potenciales evocados visuales han sido de mucho interés para llevar a cabo estudios en el cerebro con trabajos tales como:

- Trabajos para encontrar daños oculares: “Importancia de la electrofisiología ocular en la avulsión traumática del nervio óptico. Caso clínico” donde se concluye que *“El estudio electrofisiológico, mediante ERG y PEV (Potenciales Evocados Visuales), puede ser imprescindible en las ocasiones en las que la opacidad de medios o las pruebas de neuroimagen no permiten evaluar la afectación del nervio óptico, con el fin de emitir un pronóstico futuro visual.”*. www.mediagraphic.com⁽¹⁴⁾
- Trabajos para detectar diferencias de género: “Potenciales Evocados Visuales (PEVs) por un Proceso de Atención y Diferencias de Género” en donde se encuentra que “los varones presentaron mayor dominancia del hemisferio derecho para atención visual-espacial, especialmente en regiones centrales y parietales, y las mujeres no presentaron diferencias interhemisféricas para la atención visual-espacial y presentaron sus mayores amplitudes en regiones temporales y parietales para este componente.”⁽¹¹⁾

- Trabajos de relaciones de vida: “Potenciales evocados visuales en recién nacidos a término” donde se tiene como conclusión que “existe una relación negativa entre la latencia de una componente del PEV y las horas de vida del recién nacido.”⁽⁹⁾

En Colombia este tema no ha sido investigado a profundidad como en otros países tales como Francia, Estados Unidos y España, donde cuentan con laboratorios especializados para trabajar única y exclusivamente con potenciales evocados y ondas electroencefalográficas. Para esto solo hace falta ver el número de trabajos publicados frente a este tema.

El grupo de biomédica de la Universidad de Los Andes ha venido trabajando en trabajos aislados en temas de neurofisiología y con este trabajo se quiere aportar un grano de arena a éste grupo de estudio. Incluso sería de gran interés si se creara el grupo de neurología para profundizar en temas especializados y que conciernen únicamente a ésta área.

2.1 Generalidades

2.1.1. El Cerebro

“El cerebro usa la energía bioquímica procedente del metabolismo celular como desencadenante de las reacciones neuronales. Los ‘paquetes’ de energía se reciben en las dendritas y se emiten en los axones en forma de moléculas de sustancias químicas (sustancias que, por esa misma razón, se denominan neurotransmisores).”¹

“El cerebro procesa la información sensorial, controla y coordina el movimiento, el comportamiento y puede llegar a dar prioridad a las funciones corporales homeostáticas, como los latidos del corazón, la presión sanguínea, el balance de fluidos y la temperatura corporal. No obstante, el encargado de llevar el proceso automático es el bulbo raquídeo. El cerebro es responsable de la cognición, las emociones, la memoria y el aprendizaje.”²

¹ Tomado de Wikipedia. <http://es.wikipedia.org/wiki/cerebro>. Mayo de 2008.

² Idem.

Un lóbulo es una parte del cerebro y se asocia a una función de éste. Así, se tiene los siguientes lóbulos en el cerebro humano: lóbulo frontal, lóbulo parietal, lóbulo occipital y lóbulo temporal.

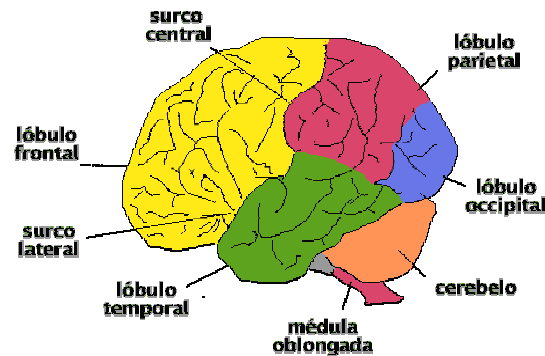


Ilustración 1: Exterior del Cerebro desde el lado izquierdo.³

“El **lóbulo frontal** es el responsable de los movimientos voluntarios y la planificación y se piensa que es el lóbulo más importante para la personalidad y la inteligencia.

El **lóbulo parietal** incluye un área llamada corteza somatosensorial en donde se maneja las sensaciones en varias partes del cuerpo. Ver ilustración 2.

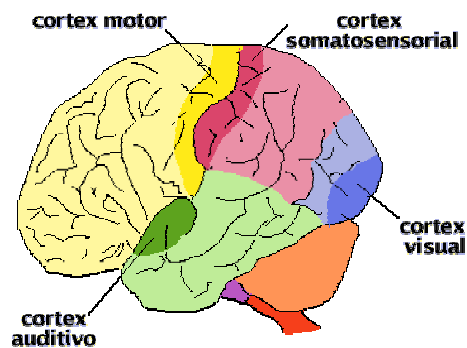


Ilustración 2: Exterior del Cerebro para visualizar los Cortex.⁴

El **lóbulo temporal** se especializa con el corteza auditivo y está relacionada con los oídos, y el sonido.

³ Tomado de “El Cerebro y la Corteza Cerebral” Psicología General. Psicología Online. http://www.psicología-online.com/ebooks/general/corteza_cerebral.htm Mayo de 2008.

⁴ Idem.

El lóbulo occipital está la cortex visual, como su nombre lo indica, recibe información desde los ojos y se especializa en la visión.”⁵

“La información visual es uno de los procesos más complejos de la actividad cerebral. Alcanza la retina tras atravesar los ojos, donde la imagen se forma invertida. Las señales son procesadas como impulsos nerviosos que viajan, inicialmente por el nervio óptico, para alcanzar el tálamo dorsal y luego la corteza cerebral (corteza visual primaria).

La corteza visual primaria no es sin embargo la única región del cortex implicada en el análisis de las señales visuales, ya que sólo resuelve las etapas iniciales del procesamiento visual. Hay otras regiones más profundas (cortezas asociativas) donde tiene lugar la asociación de los estímulos visuales con estímulos de otras modalidades sensoriales.”⁶

El cerebro tiene una actividad eléctrica producida por los efectos electroquímicos que se producen entre las neuronas. Cuando Hans Berger buscaba un apoyo científico para respaldar la telepatía, descubrió el electroencefalograma (EEG)⁷, equipo que imprime las señales eléctricas del cerebro colocando electrodos sobre el cuero cabelludo. “Así se han clasificado las oscilaciones capturadas para el mejor entendimiento del cerebro:

- **Alfa:** Su frecuencia es de aproximadamente 8 a 12Hz. y tienen que ver con la tranquilidad, la sensibilidad, la felicidad y la ensoñación.
- **Beta:** Su frecuencia es alrededor de 13 a 28Hz. y se relacionan con la irritación, enojo, temor, frustración, preocupación, tensión nerviosa, etc.
- **Delta:** su frecuencia es de aproximadamente 0.2 a 7.5Hz. y se relacionan con la incertidumbre, lo irreal, ambiguo, etc.
- **Teta:** La frecuencia es de 3.5 a 7.5Hz. y se relacionan con la incertidumbre, lo irreal, ambiguo, etc. Lo cierto es que no hay una definición precisa de las emociones

⁵ Idem.

⁶ Tomado de Batiburrillo.net. “Descubren cómo el cerebro fabrica la imagen de una flor”. Fuente: “Tendencias Científicas”. Autor: Eduardo Martínez.

http://www.batiburrillo.net/observatorio/cuerpo_observatorio23.php. Mayo de 2008.

⁷ “Una caja de ritmos llamada cerebro: Moviendo objetos con la mente.” Angel Correa Torres. Dep. de Psicología Experimental y Fisiología del Comportamiento, Universidad de Granada, España. <http://medina-psicologia.ugr.es/cienciacognitiva/?p=17>. Visitado en Mayo de 2008.

y de las frecuencias con que se hallan asociadas, y existe cierta mezcla de la ondas alfa con las beta, de las beta con las teta y de las teta con las alfa. Probablemente las ondas alfa sean las más discutidas, con sus connotaciones de meditación trascendental, zen, yoga, etc.

Debido a las bajas frecuencias de las señales gama (solo unos cuantos micro voltios), es necesario usar un preamplificador de alta ganancia y bajo nivel de ruido. Hay que usar algún tipo de filtros de bandas para permitir sólo el paso de las señales deseadas de 8 a 12 Hz y eliminar cualquier otra señal y cualquier ruido existente. Se pueden usar las frecuencias alfa filtradas para controlar un oscilador de audio de bajo nivel a fin de que su señal de tono indique la presencia de ondas gama.

Las ondas gama son captadas inicialmente por 2 electrodos que hacen contacto eléctrico con el cuero cabelludo. Se usan 2 tipos de electrodos: uno en un gancho que se coloca en la oreja y que forma el contacto de tierra y otro electrodo niquelado que se fija en la región trasera (occipital) del cuero cabelludo mediante una pasta conductora. Una banda con forro de cinta adhesiva Velcro asegura este electrodo a la cabeza durante las pruebas.⁸

2.1.2. El Ojo

En el ojo se capta y procesa la luz, las diferentes intensidades y frecuencias a las que llega dicha luz se ve reflejada en la luminosidad y en los colores en los que vemos, transformándola en impulsos nerviosos.

⁸ “Monitor de ondas cerebrales”. Electrónica 2000.
<http://www.electronica2000.com/especiales/monitoralfa.htm>. Visitado en mayo de 2008.

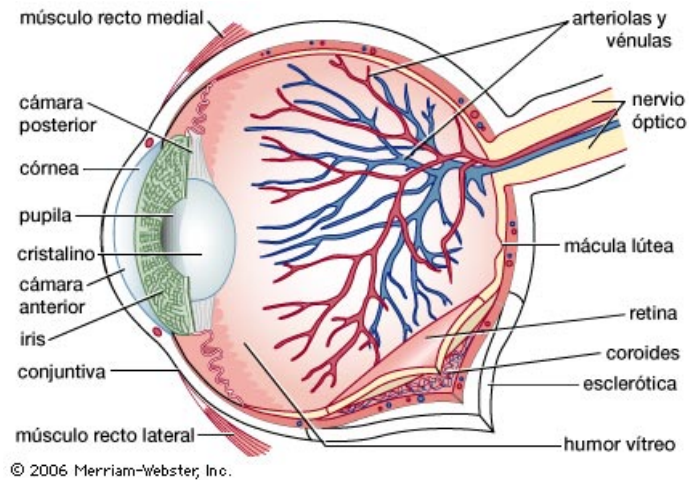


Ilustración 3: Estructura del ojo.⁹

“La parte exterior del ojo está compuesta por una esclerótica, blanca y protectora, y la córnea, transparente, a través de la cual entra la luz. La capa intermedia incluye los coroides, que suministra sangre al ojo, y el iris pigmentado. La luz que entra a través de la pupila, es regulada por músculos que controlan su tamaño. La retina se ubica en la tercera capa y contiene células receptoras (conos y bastones) que transforman las ondas luminosas en impulsos nerviosos. El cristalino, que se ubica inmediatamente detrás del iris, enfoca la luz sobre la retina. La mácula lútea, ubicada en el centro de la retina, es un área de alta precisión visual y de discriminación cromática. Las fibras nerviosas atraviesan el nervio óptico hacia el centro visual del cerebro. Las cámaras anterior y posterior del ojo contienen un líquido acuoso que nutre la córnea y el cristalino. El humor vítreo ayuda a mantener la forma del ojo. Una delgada capa de membrana mucosa (conjuntiva) protege la superficie expuesta del ojo. Los músculos externos, recto lateral y recto medial, conectan y mueven el ojo dentro de su cuenca.”¹⁰

⁹ Imagen tomada de: <http://www.britannica.com/eb/art-77586/Estructura-del-ojo-humano>

¹⁰ Idem.

3. Potenciales Evocados

Los potenciales evocados son respuestas cerebrales frente a estímulos externos. Pueden ser auditivos, visuales, somato sensoriales, etc. Esta tesis hace énfasis en los potenciales evocados visuales (PEV). Los PEV han sido menos estudiados que los auditivos y pueden ser de mayor complejidad.

Un potencial evocado visual es la repuesta cerebral a un estímulo visual externo. Dicho en otras palabras, un potencial evocado visual es la evocación de una señal cerebral causada por un estímulo visual externo.

3.1 Potenciales Evocados Endógenos Cognitivos

Los potenciales evocados endógenos o potenciales relacionados a eventos (ERP₁₁) se producen cuando se le pide al paciente realizar tareas cognitivas (ver ilustración 2), es una respuesta que se genera en el cerebro ante la realización a dicha tarea, ya sea que tenga un movimiento mecánico o no. Un potencial evocado endógeno cognitivo es una respuesta cerebral interna y conciente por parte del paciente ante un estímulo visual externo.

3.2 Onda P300

Una componente u onda que hace parte de un ERP es la onda P300 (ver ilustración 2). Su amplitud es mayor cuando los estímulos se presentan aleatoriamente y sin previo conocimiento por parte del paciente. Al paciente se le dan varias opciones a escoger y se generará una Onda P300 en aquella opción que quiere escoger, ya sea que haya sido asignada como tarea o que sea algo que el paciente realmente desee.

¹¹ ERP por sus siglas en inglés: Event Related Potential.

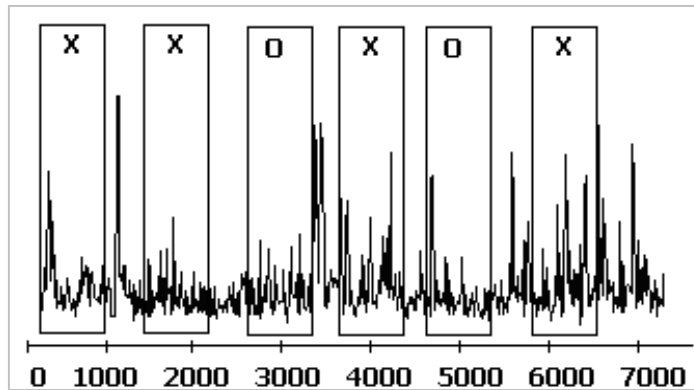


Ilustración 4: Escogencia del paciente sobrepuesta a su señal EEG adquirida.

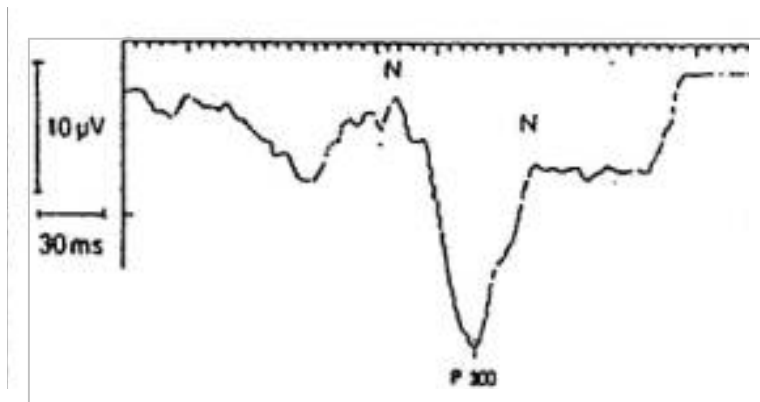


Ilustración 5: Potencial Evocado y Ubicación de la Onda P300

Los equipos utilizados para la adquisición y visualización de los potenciales evocados se pueden resumir de acuerdo al esquema presentado en la ilustración 3, la cual muestra cómo los estudios de este tipo tienen un equipo amplificador y de filtrado, un computador de simulación con la prueba clínica para realizar el estímulo visual y un computador donde se adquieren las señales EEG's y los códigos enviados por el simulador para saber qué estímulo le está mostrando al paciente. La visualización de las señales se llevan a cabo posteriormente en un computador cualquiera que tenga un programa especializado y desarrollado usualmente por el departamento de investigación que se ajuste a sus propósitos.

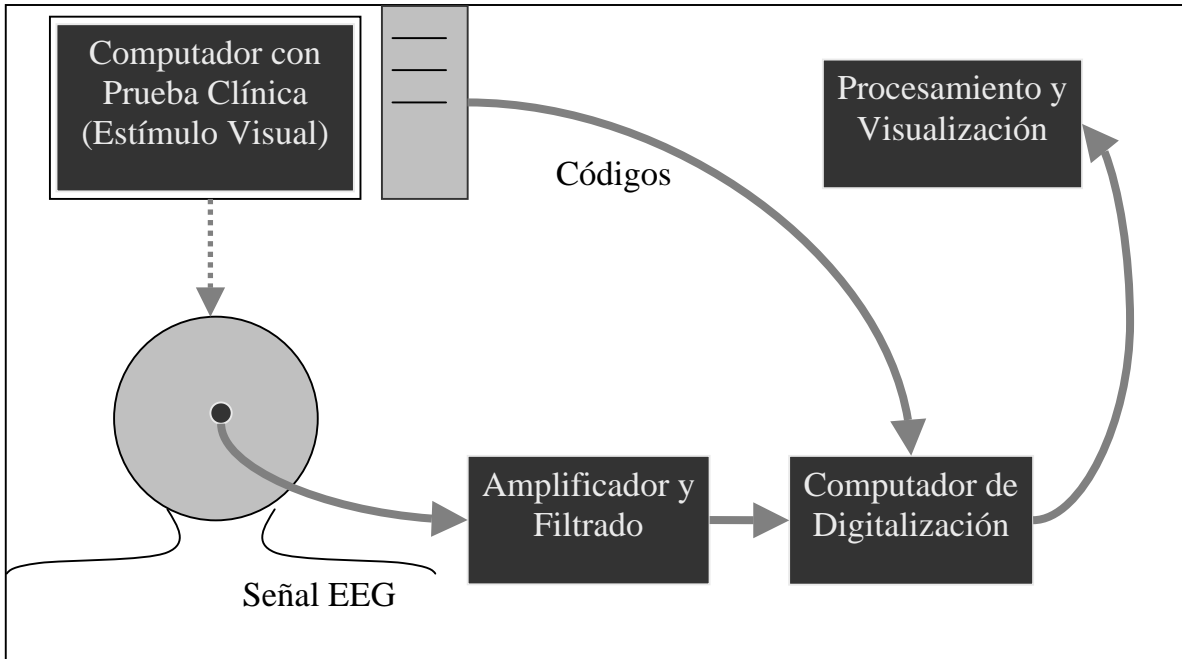


Ilustración 6: Estructura general de un sistema convencional para la adquisición de potenciales evocados.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

- Diseñar y desarrollar un sistema para adquirir y procesar una señal EEG para visualizar la onda P300 a partir de potenciales evocados con una aplicación en tareas cognitivas con el reconocimiento del nombre de pila.

4.2. Objetivos Específicos

- Llevar a cabo una búsqueda del estado del arte en otros países más desarrollados, en un centro especializado de investigación en potenciales evocados.
- Desarrollar un sistema para abrir la investigación en el área de neurología en la Universidad de Los Andes.
- Identificar, configurar y utilizar los equipos del laboratorio de biomédica de la Universidad de Los Andes para el diseño, adquisición y visualización de la Onda P300.
- Adquirir y procesar señales EEG para la visualización de la Onda P300 en la aplicación del reconocimiento del nombre de pila.

5. Metodología

Lo primero que se realizó fue la recolección de información bibliográfica para el diseño, implementación y construcción del equipo de adquisición, para establecer los parámetros a tener en cuenta; elementos como el número mínimo de electrodos, su ubicación, la frecuencia de muestreo, entre otros parámetros como el tamaño de la pantalla, la distancia a la que debe estar el paciente de ella para este tipo de desarrollos.

Luego se visitó a un grupo de investigación especializado en el tema para poder predecir y corregir de antemano cualquier detalle que solo se podría aprender por experiencia y que no se pudiera encontrar en la literatura publicada.

A continuación se realizó el diseño del sistema hardware/software teniendo en cuenta la frecuencia de muestreo, señales a adquirir, equipos necesario, calidad que debía tener la señal, el pre-procesamiento, los filtros, discriminando el procesamiento hardware y el software, la interfaz gráfica, el procesamiento que era necesario para poder visualizar la Onda P300, entre otras como la posición que asumirá el paciente.

El siguiente paso fue comenzar el desarrollo del software para la adquisición y procesamiento de las señales adquiridas.

Por último se llevó a cabo la prueba clínica, en primera instancia con el desarrollador y autor de este trabajo para poder vivir la experiencia y corregir perturbaciones en el ambiente que pudieran existir. En segunda instancia se llevó a los pacientes a realizar la prueba para tomar los datos y verificar el estado del equipo.

6. Desarrollo

6.1. Investigación

Se llevó a cabo una visita al grupo de investigación del INSERM¹² unidad 821 dirigido por el Dr. Olivier Bertrand. Este grupo, ubicado en Lyon, Francia, está dedicado a la investigación neurofisiológica y trabaja especialmente con potenciales evocados y ecoencefalografía.



Ilustración 7: INSERM U821

Ahí se tuvo la oportunidad de investigar mejor cómo se llevaba a cabo el tratamiento de las señales, la posición del paciente y los equipos con los que trabajan para la mejor adquisición de señales con 32 electrodos para el estudio de las señales electroencefalográficas.



Ilustración 8: Equipos utilizados por el INSERM U821 para la investigación en potenciales evocados.

¹² U821.lyon..inserm.fr

Entre los equipos tienen un gorro con led's que indican el acoplamiento de cada electrodo, de esta forma verde significa que el electrodo se encuentra bien acoplado, rojo significa que el electrodo esta mal acoplado y amarillo que está parcialmente acoplado. También cuentan con un equipo que mide la conductancia de la piel para saber que se llevará a cabo la adquisición de señales satisfactoriamente. Amplificadores de señal que trabajando con alimentación DC para disminuir el ruido electromagnético.



Ilustración 9: Caja de Faraday para llevar a cabo las pruebas clínicas y adquirir las señales EEG.

Una de las grandes ventajas que tiene el INSERM U821 es que cuenta con una caja de Faraday donde se sienta el paciente mirando a una pantalla con parlantes de tal forma que se pueden realizar estímulos auditivos y visuales. Las luces son led's alimentados con DC y está aislado del sonido también.



Ilustración 10: Paciente con gorro para EEG y oculógrafo.

A todos los pacientes se les coloca un gorro con treinta (32) electrodos conectados a un sistema de adquisición y un electro-oculógrafo (EOG) para vigilar el movimiento de los ojos. Luego que los electrodos son acoplados apropiadamente, se pide al paciente mover los ojos para visualizar en pantalla su movimiento y cómo afecta a las señales EEG. En la ilustración 8 se ve cómo se ven afectadas las señales EEG al tener primero los ojos completamente cerrados y luego ir de arriba abajo y luego de izquierda a derecha. Cuando se tiene los ojos completamente cerrados se ve un ruido permanente que afecta a todas las señales EEG.

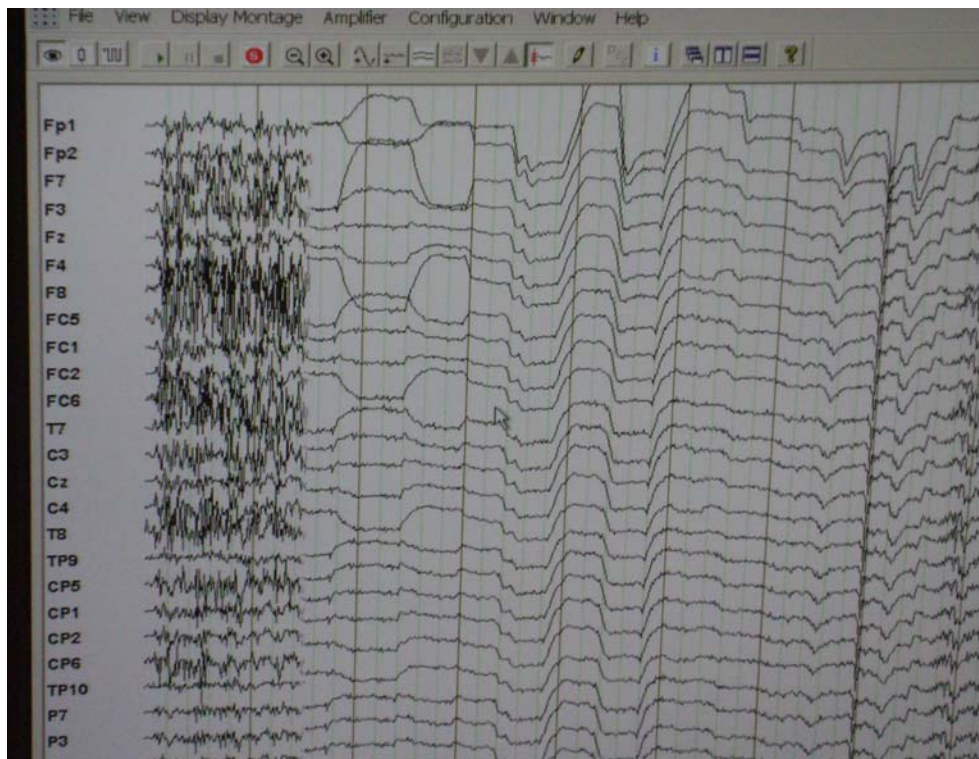


Ilustración 11: Visualización de las señales EEG y EOG al mover los ojos de arriba abajo y de izquierda a derecha.

El esquema general de los equipos utilizados son generalmente como se muestra en la ilustración 3, una pantalla de estimulación, un amplificador de señales EEG y filtraje, una digitalización de la señal y por último un computador para poder procesar y visualizar los potenciales evocados.

Una ventaja de los potenciales evocados es que se requieren únicamente tres electrodos para obtener información del cerebro. Los primeros que se ubican son: el electrodo que va a tierra (GND) que por la convención propuesta por la Federación Internacional de Neurología Clínica¹³ se ubica en la parte posterior de la cabeza. El electrodo que servirá como referencia puede ser ubicado en las orejas o en la nariz, pero por la experiencia obtenida en el INSERM se sabe que la mejor referencia la da la nariz.

El sistema de la Federación Internacional de Neurología Clínica es un sistema llamado 10/20, porque coloca electrodos a un 10% y un 20% sobre unas líneas de latitud y longitud. Lo primero que se hace es ubicar una línea central, la cual pasa por en medio de los ojos y encima de la nariz etiquetado como Nz y va hasta la parte anterior de la cabeza etiquetada como Iz. De la misma manera se traza una línea en los puntos auriculares llamados A1 y A2, ver ilustración 9 para más detalle.

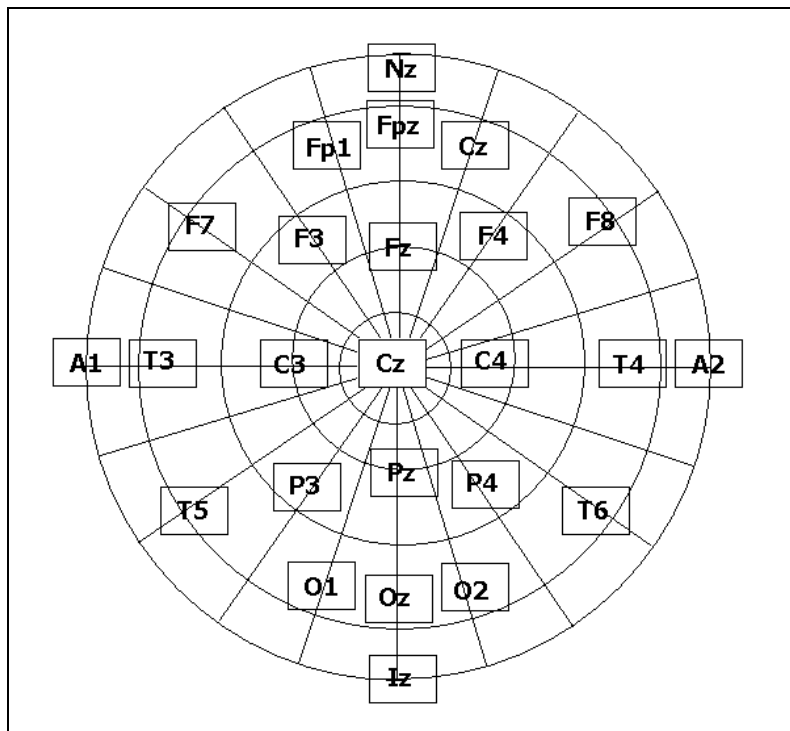


Ilustración 12: Sistema 10/20 de la Federación Internacional de Neurofisiología Clínica.

¹³ Internacional Federation of Clinical Neurophysiology.

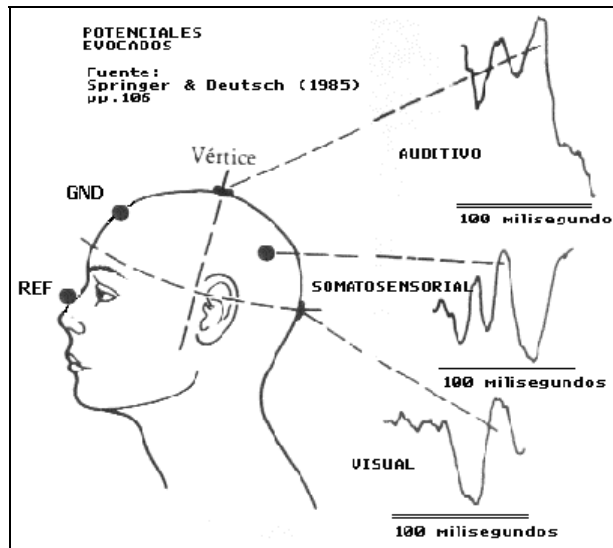


Ilustración 13: Ubicación de los electrodos para la extracción de los potenciales evocados.

El tercer electrodo es ubicado en el lugar de donde se desee obtener la respuesta cerebral, así por ejemplo se puede tener la respuesta cerebral ante un estímulo auditivo colocando el electrodo en la parte superior de la cabeza, para obtener la respuesta cerebral ante un estímulo somatosensorial se ubica el electrodo en la parte lateral-anterior de la cabeza y para obtener, como es nuestro caso, la respuesta cerebral ante un estímulo visual se ubica el electrodo en la parte anterior de la cabeza, justo encima donde el cerebro lleva a cabo todo el procesamiento visual.

6.2. Sistema

Teniendo en cuenta que es necesario llevar a cabo un sistema que pueda ser utilizado por el grupo de biomédica, con una prueba clínica que pudiera ser duplicable y cuyo programa pudiera ser modificado por otros se investigaron los equipos del laboratorio y se obtuvieron los siguientes equipos de utilidad para la elaboración del sistema:

- Gorro de electrodos de Lafayette 10 canales.
- Base de propósito general Datalab 70701 de Lafayette.
- Bioamplificador 70702A de Lafayette.
- Una tarjeta de adquisición de National Instrument con referencia PCI-6024E.
- Un computador Dell Precision PWS390 de Dell.
- Software Labview versión 8.1 de National Instruments.

Se muestra en la ilustración 11 un esquema general del sistema planteado.

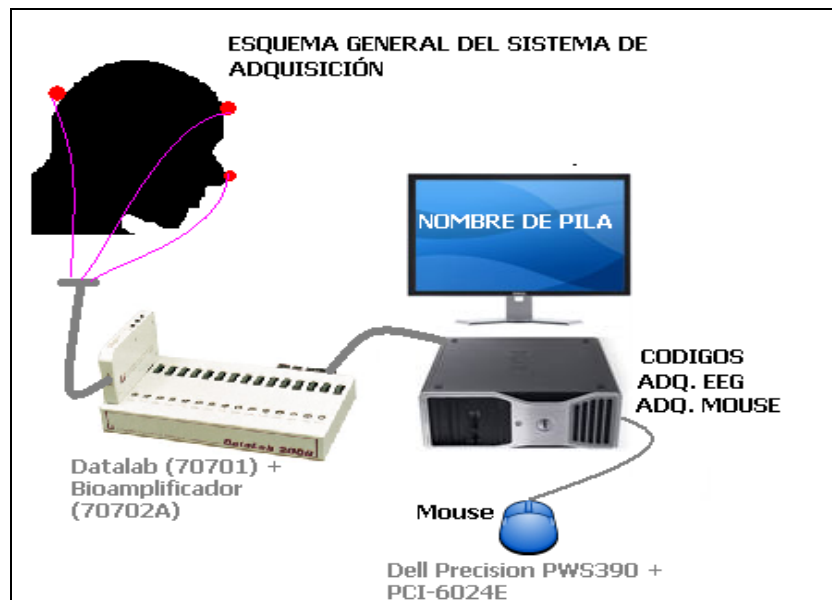


Ilustración 14: Diseño General del Sistema

De esta forma el computador lleva a cabo las labores de estimulación, adquisición, digitalización, filtrado, procesamiento y visualización. Mientras que con los equipos externos se logra amplificar y adquirir las señales EEG's.

Adicional a esto se agregó un Mouse para que el paciente pudiera corroborar su respuesta oprimiendo el botón izquierdo del Mouse, esto corrobora que el paciente estaba prestando atención y que escogió el estímulo visual que tiene como objetivo.

El software tiene tres módulos a nivel técnico:

- Estimulación.
- Adquisición.
- Visualización.

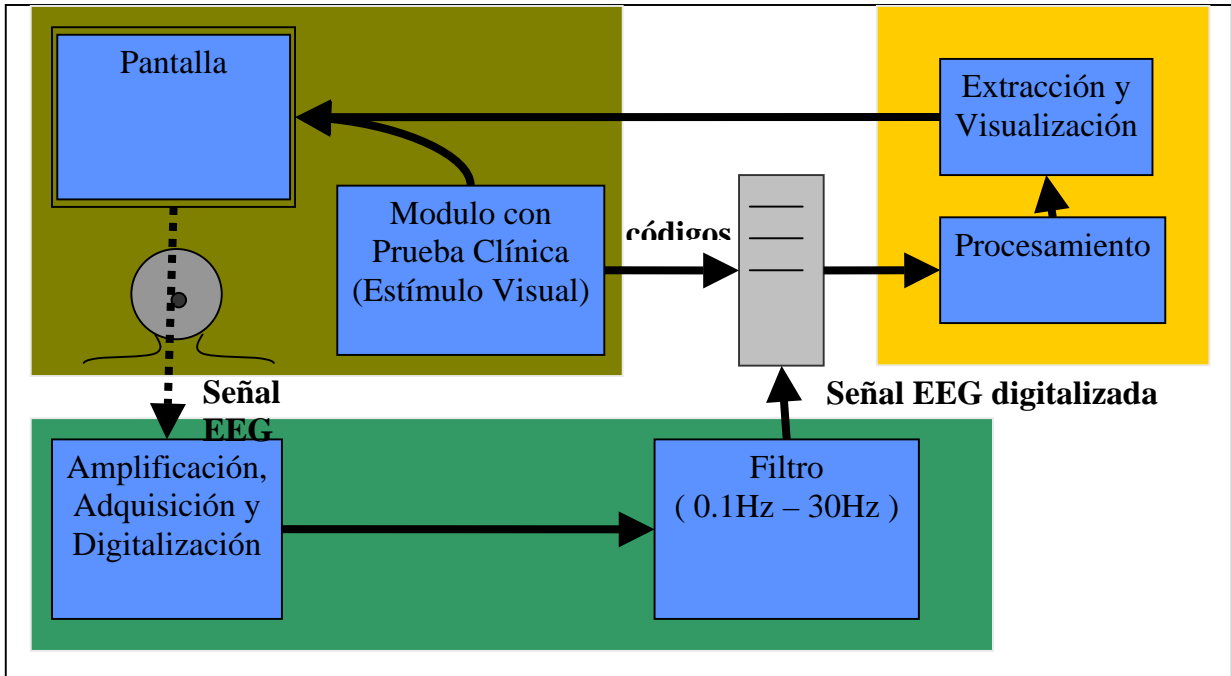


Ilustración 15: Módulos a nivel técnico del Software del Sistema

Las labores de cada uno son:

- Módulo de estimulación: Estimular al paciente con nombres en la pantalla y símbolos, se lleva a cabo el estímulo durante 700ms y luego queda la pantalla sin letras durante otro 1500ms adicionales llamado tiempo de receso. A cada nombre le asigna un código y éste código lo envía al módulo de adquisición al tiempo que muestra el nombre.
- Módulo de Adquisición: Lleva a cabo la adquisición de las señales EEG's, la adquisición de los códigos del módulo de estimulación, y la respuesta del paciente con el Mouse.
- Módulo de Visualización: Muestra las señales adquiridas, EEG, Mouse y códigos, luego lleva a cabo la extracción de cada código que correspondía al nombre de pila creando una ventana de tiempo de 2200ms que es igual al tiempo del estímulo más el tiempo de receso. Extrae las señales de cada ventana en donde el paciente haya respondido correctamente con el Mouse y hace un promedio de estas señales, se filtran entre 0.1Hz y 30Hz y la señal resultante es mostrada en pantalla. Un proceso similar se lleva a cabo con las señales que no eran el nombre de pila del paciente,

tomando ahora la señal EEG donde el paciente no respondió con el Mouse y cuyo código no correspondía al nombre propio.

En la ilustración 13 se puede observar un esquema de flujo del sistema con los diferentes módulos. Primero se tiene la digitalización de los nombres, luego operan simultáneamente los módulos de estimulación y de adquisición, y por último tenemos el módulo de visualización de la Onda P300.

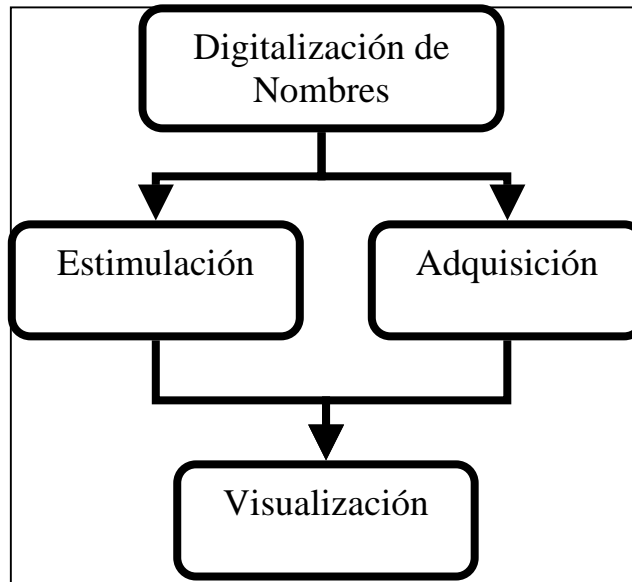


Ilustración 16: Módulos del software.

A nivel operativo se tienen cuatro módulos: los tres anteriores más el módulo de introducción de los nombres. Este nuevo módulo es la introducción de tres nombres, el nombre de pila del paciente seguido de otros dos nombres. El nombre de pila del paciente se muestra con una probabilidad del 50% en una distribución normal, mientras que los otros dos nombres se reparte el otro 50% para mostrarse aleatoriamente en la prueba clínica al paciente.

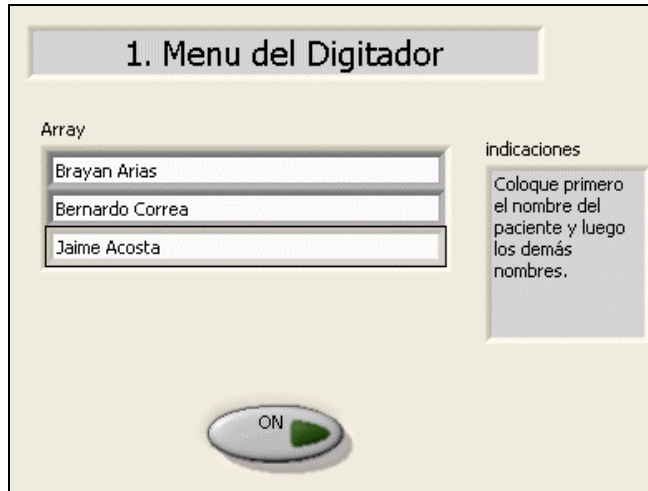


Ilustración 17: Interfaz Gráfica para la Introducción de Nombres.

El módulo de estimulación comienza con diez (10) cruces que hacen que el paciente se centre en el lugar donde debe mirar la pantalla. Con esto se logra que su mirada se fije, y que se prepare para la prueba cognitiva.

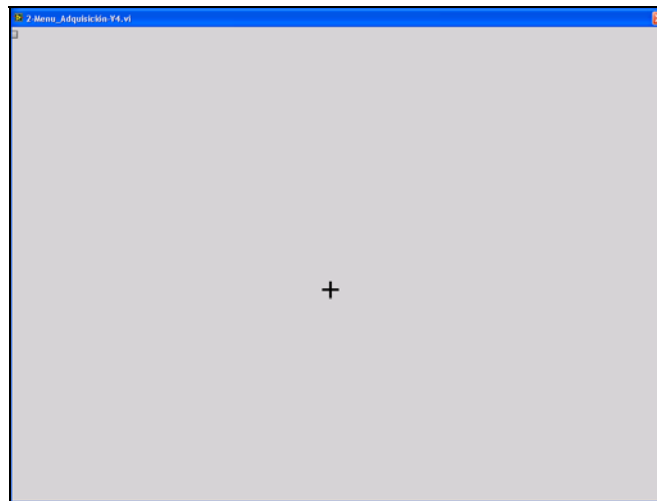


Ilustración 18: Primeros estímulos de la prueba clínica.

Luego que pasan las diez (10) cruces se comienza a estimular al paciente con los diferentes nombres.

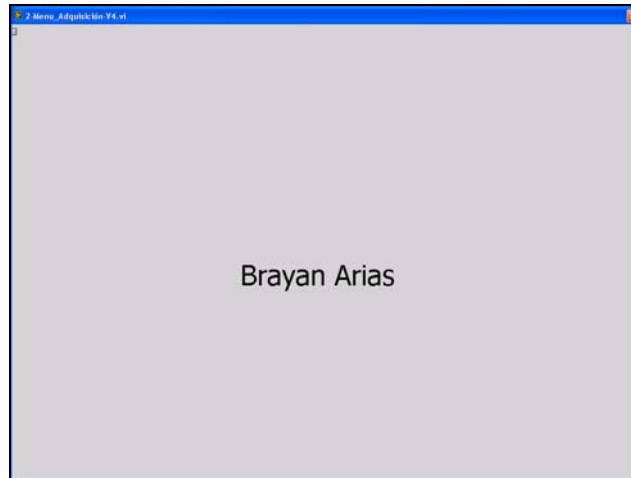


Ilustración 19: Estímulos visuales con el nombre de pila.

Simultáneamente se está llevando a cabo la adquisición de las señales EEG, los códigos y la respuesta del Mouse llevada a cabo por el paciente (ver anexos para más detalle).

Para la adquisición se tiene contadores independientes para cada guardar el tiempo de cada señal, respuesta o código que se adquiere y aunque tienen un reset o iniciación simultánea, no dependen el uno del otro.

En el módulo de visualización, se tiene una interfaz que muestra las señales adquiridas como se muestra en la ilustración 17. Luego se muestra las señales ya procesadas antes y después del filtro de 0.1Hz a 30Hz (ver ilustración 18). La parte superior corresponde al potencial evocado del paciente cuando responde al nombre de pila y la parte inferior corresponde al potencial evocado del paciente cuando no se estimula con el nombre de pila. Para ver estas interfaces en detalle ver el anexo.

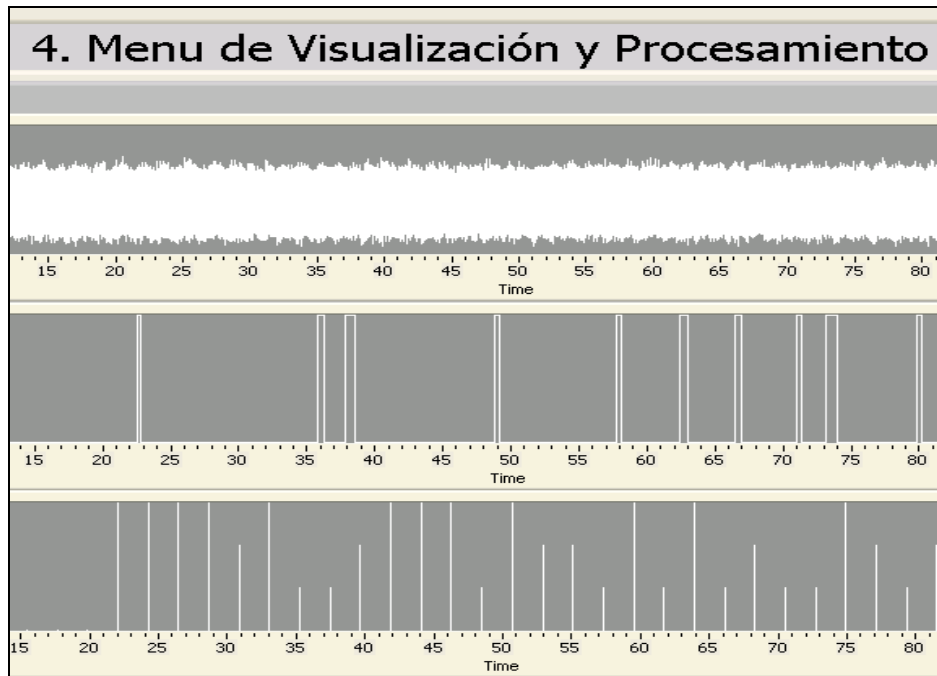


Ilustración 20: Interfaz Gráfica de la Visualización Tab1. Señales Adquiridas.

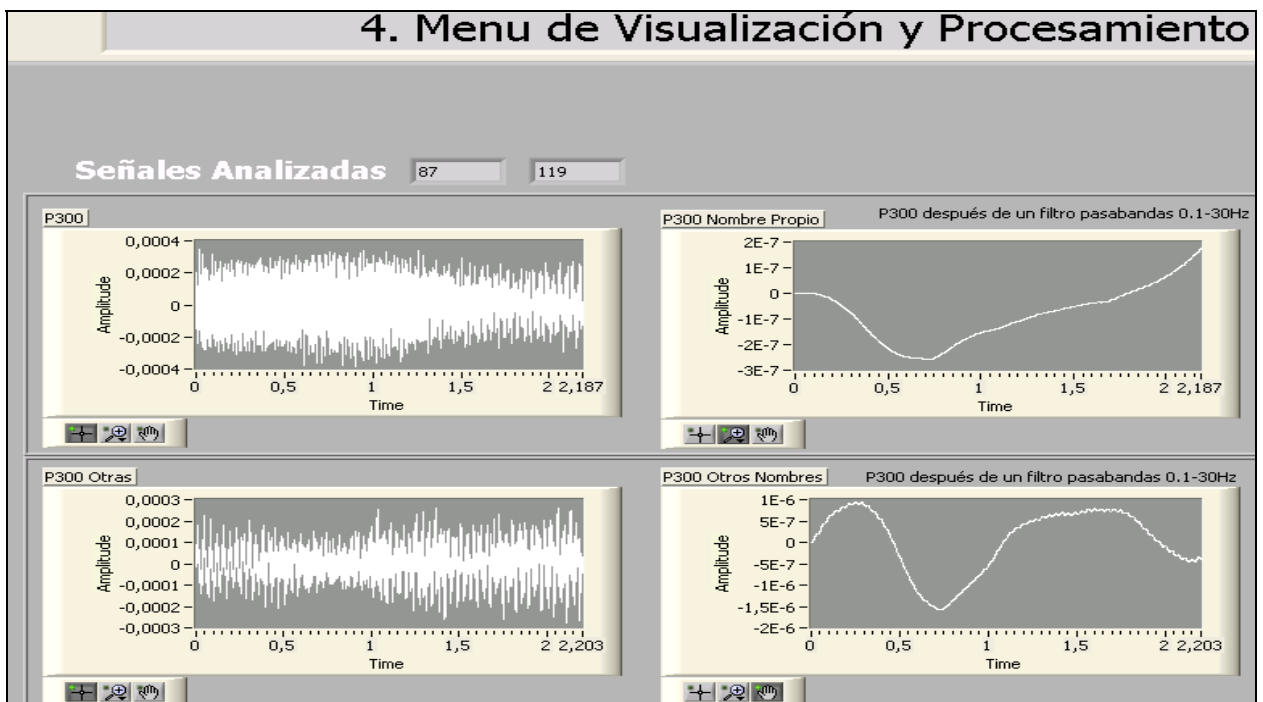


Ilustración 21: Interfaz Gráfica de la Visualización Tab2. Potenciales Evocados y Onda P300.

6.3. Prueba Clínica

La prueba clínica se llevó a cabo con dos (2) pacientes entre los 28 y 30 años, saludables y sin problemas de visión. Se realizaron doce (12) pruebas cada uno por 40 minutos inicialmente a diferentes horas del día. Luego se redujo la prueba a 20 minutos dado el cansancio y la percepción de un largo tiempo que tuvieron los pacientes.

Las pruebas se llevaron a cabo los días sábados para evitar las distracciones causadas por el flujo normal de los estudiantes y personal de la Universidad alrededor del laboratorio.

A cada paciente se le dio indicaciones con las siguientes características:

“Esta es una investigación de neurofisiología no invasiva. Voy a colocarle un gorro con los electrodos para poder adquirir su respuesta cerebral frente a un estímulo que se llevará a cabo en pantalla. Debe responder pulsando el botón izquierdo del Mouse cuando vea su nombre de pila. Le pido el favor que una vez empiece la prueba no mueva el cuello o cualquier otra parte de su cuerpo, manténgase relajado(a) y si siente alguna incomodidad o malestar durante la prueba por favor indíquemela y termine la prueba de inmediato. También le pido el favor que mantenga la mirada centrada en la pantalla y evite moverlos excesivamente de un lado a otro. No parpadee de manera fuerte o constante pues esto debilitaría la señal e incluso podría causar la pérdida de la prueba. Agradezco su colaboración y el tiempo dedicado a esta investigación”

Luego se coloca el gorro y se amarra al cuerpo con la cinta y el belcro que tiene el gorro, se inyecta gel conductor en los electrodos correspondientes del gorro para que exista conducción entre el electrodo y la piel, se acopla el electrodo de la nariz colocando esparadrapo para sujetarlo, se apagan las luces y se cierra la puerta del laboratorio para dejar al paciente solo en el cuarto realizando la prueba mientras se vigila desde atrás del otro lado del vidrio.

En algunas ocasiones se prendían máquinas en el laboratorio de mecánica que dañaba por completo el experimento dado que movía el piso del laboratorio de biomedicina y distraía al paciente causando movimientos oculares y reacciones cerebrales indeseadas dado que el paciente buscaba con sus ojos la fuente de la distracción.

Se debió apagar las luces del laboratorio dado que son lámparas halógenas que distorsionan las señales, incluso las pruebas iniciales del ambiente realizadas al equipo de Lafayette con señales electromiográficas se veían distorsionadas por este efecto.

La iluminación de la pantalla fue reducida a un 20% de su iluminación máxima debido a la fatiga que esto causaba en los ojos, en algunos casos lagrimeo y parpadeo constante, dañando la señal EEG adquirida.

7. Resultados y Conclusiones.

Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios en su gran mayoría y se muestran a continuación:

- El sistema luego de extraer los Potenciales Evocados muestra la Onda P300 donde el paciente visualiza su nombre de pila y responde correctamente y no se presenta donde no está su nombre de pila. Ver ilustraciones 19 y 20.
- Se registró el P300 en un 66.6% de las pruebas, en el resto de pruebas se obtuvo señales incongruentes y diferentes debido al mal acoplamiento de los electrodos en algunas pruebas. El mal acoplamiento de los electrodos no fue posible conocerlo a priori sino después de procesada la señal.
- El parpadeo constante y fuerte dañó por completo las señales donde el paciente se sintió fatigado.
- Se hizo pruebas iniciales con el pulsador de Lafayette para utilizarlo en reemplazo del Mouse, pero inducía un alto voltaje que dañaba la señal EEG.

Las conclusiones a las que se llegó fueron:

- Es posible predecir el daño que va a ser causado por el parpadeo si se tiene un electro-oculógrafo.
- Sería de mucha utilidad si se utiliza un equipo para medir la conductancia de la piel, equipo que también tiene Lafayette de manera modular para insertar en la base de propósito general Datalab.

- La Onda P300 se observó en las señales donde el paciente visualizó su nombre de pila y respondió correctamente con el Mouse y no se visualizó donde el paciente no vió su nombre de pila y no respondió con el Mouse.
- El sistema fue desarrollado satisfactoriamente y la prueba clínica corroboró su buen funcionamiento.
- Los equipos de la Universidad de Los Andes son útiles para llevar a cabo investigaciones iniciales en el campo de neurofisiología.
- Es posible generar por tanto un grupo de investigación en neurofisiología como parte del grupo de biomédica.

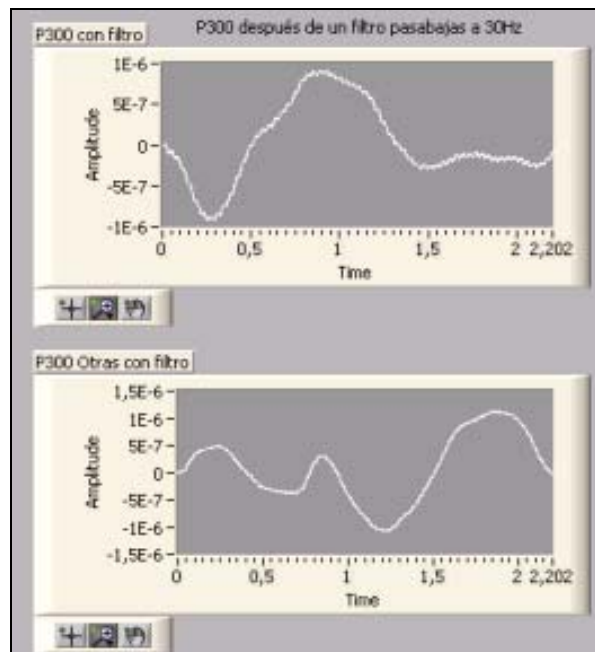


Ilustración 22: Visualización 1 de la Onda P300 (arriba) y ausencia de ella (abajo).

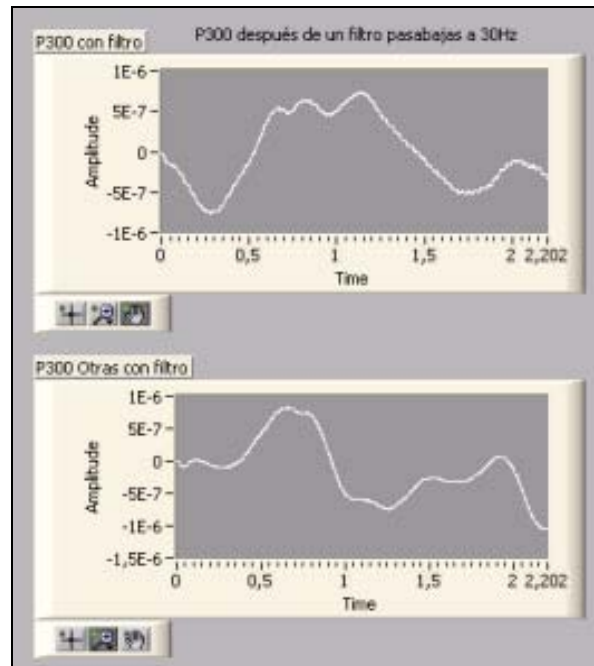


Ilustración 23: Visualización 2 de la Onda P300 (arriba) y ausencia de ella (abajo).

8. Proyecciones

Las proyecciones son muy prometedoras dado que es un campo relativamente nuevo y en donde se puede ahondar profundamente. Las próximas investigaciones podrían ahondar en los siguientes temas:

- Extraer los potenciales evocados por medio del método ICA (Independent Component Analysis) o Análisis Independiente de Componentes.
- Desarrollar un sistema cerebro computador para escribir palabras en pantalla con la utilización de la Onda P300 y las tareas cognitivas por grupos de letras.
- Ver la respuesta cerebral frente al reconocimiento del nombre de pila con potenciales evocados y su correlación con las ondas gama.

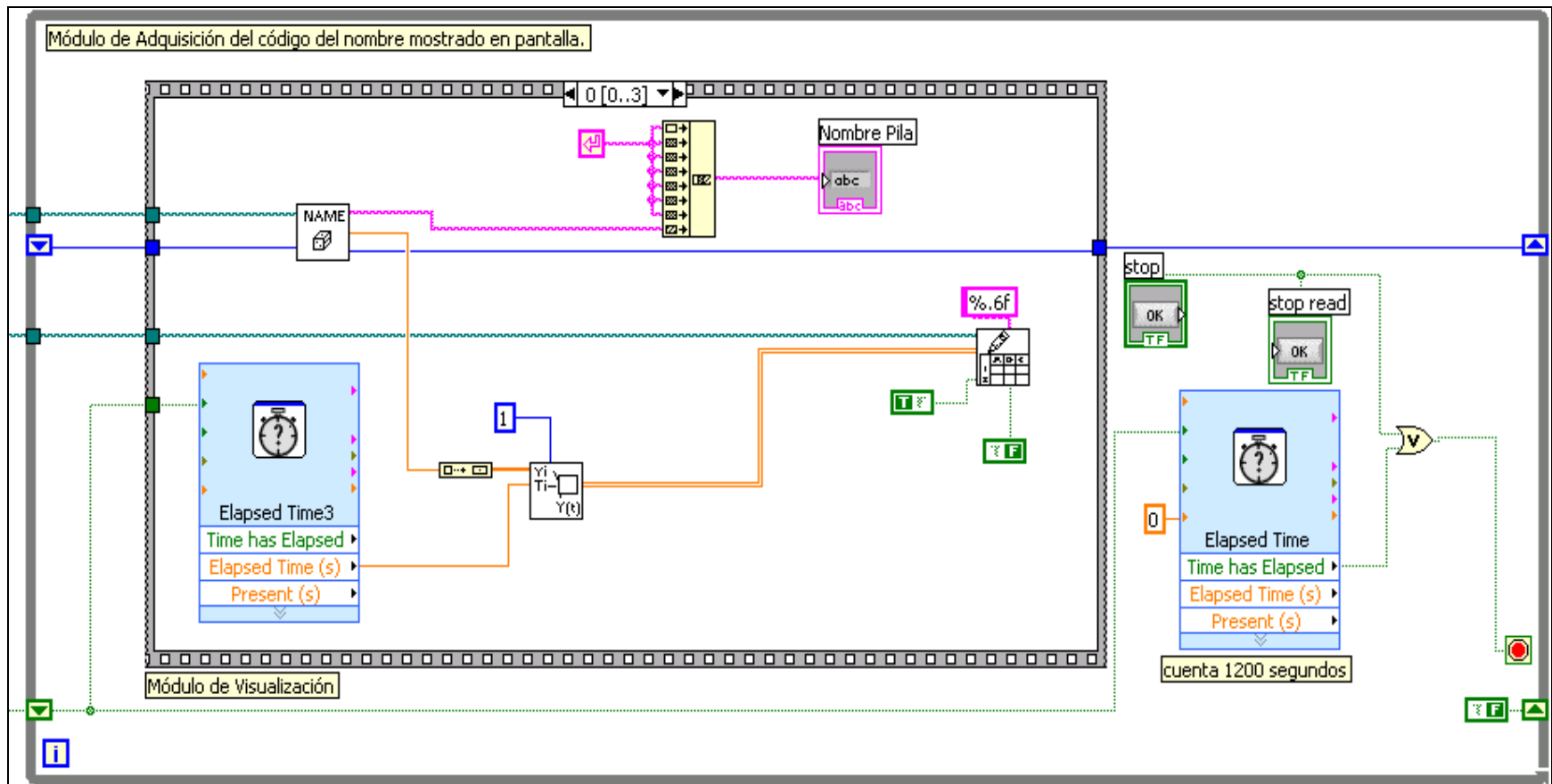
9. Bibliografía y Recursos

- (1). “An introduction to the event-related potencial technique”. Steven J. Luck. The MIT press 2005.
- (2). Hospital de la Sta. Creu i Sant Pau , Diagnostico y rehabilitacion neurosicológica. <http://www.neuropsicol.org/Np/eegp.gif>
- (3). Inserm Unidad 821 Laboratorio de Dinámica del Cerebro y Conocimiento -“Brain Dynamics and Cognition”- <http://u821.lyon.inserm.fr>
- (4). Procesamientos cognitivos en niños con TDAH. Evidencia de los potenciales evocados cognitivos. (Cognitive processing in children with adhd. The evidence of event related potentials). M.A. Idiazábal Alecha; S. Rodríguez Vázquez; D. Guerrero Gallo. Instituto Neurodognitivo Incia. Clínica Ntra. Sra. Del Pilar. Barcelona. Interpsiquis. 2005. www.psiquiatria.com.
- (5). Evidencias de Compromiso Cerebral en el Estadio Crónico de la Enfermedad de Chagas Obtenidas por medio del Potencial P300 y de Electroencefalografía Cuantificada. Julio Oscar Prost; Horacio Romero Villanueva; Ana María Morikone; Gustavo Polo; Ana María Bosch. Arquitos de Neuro-Psiquiatria. Vol. 58 n2. A Sao Paulo. Junio 2000. www.scielo.br.
- (6). Neurociencias y psicoanálisis: aproximaciones posibles. Dr. Daniel Cibils. 2do Congreso de Psicoanálisis y XII Jornadas Científicas. EL CUERPO EN PSICOANÁLISIS. Diálogos con la Biología y la Cultura. ASOCIACIÓN PSICOANALÍTICA DEL URUGUAY. 10 a 12 de Mayo, 2002 – Montevideo. www.chasque.net.
- (7). Página web de la Clínica Univesitaria, Universidad de Navarra. Pruebas Diagnósticas: Potenciales Evocados. Última revisión viernes 7 septiembre de 2007. www.cun.es.
- (8). Evaluación neurofisiológica en pacientes con esclerosis múltiple clínica definida con especial referencia al estudio de la onda P300. Casanova González, María Felicia; Cabrera Gómez, José Antonio; Aquino Cías, José; Aneiros Rivas, Ramón; Fernández Bermúdez, René. Comunicación Numero 23. www.neurologia.rediris.es.

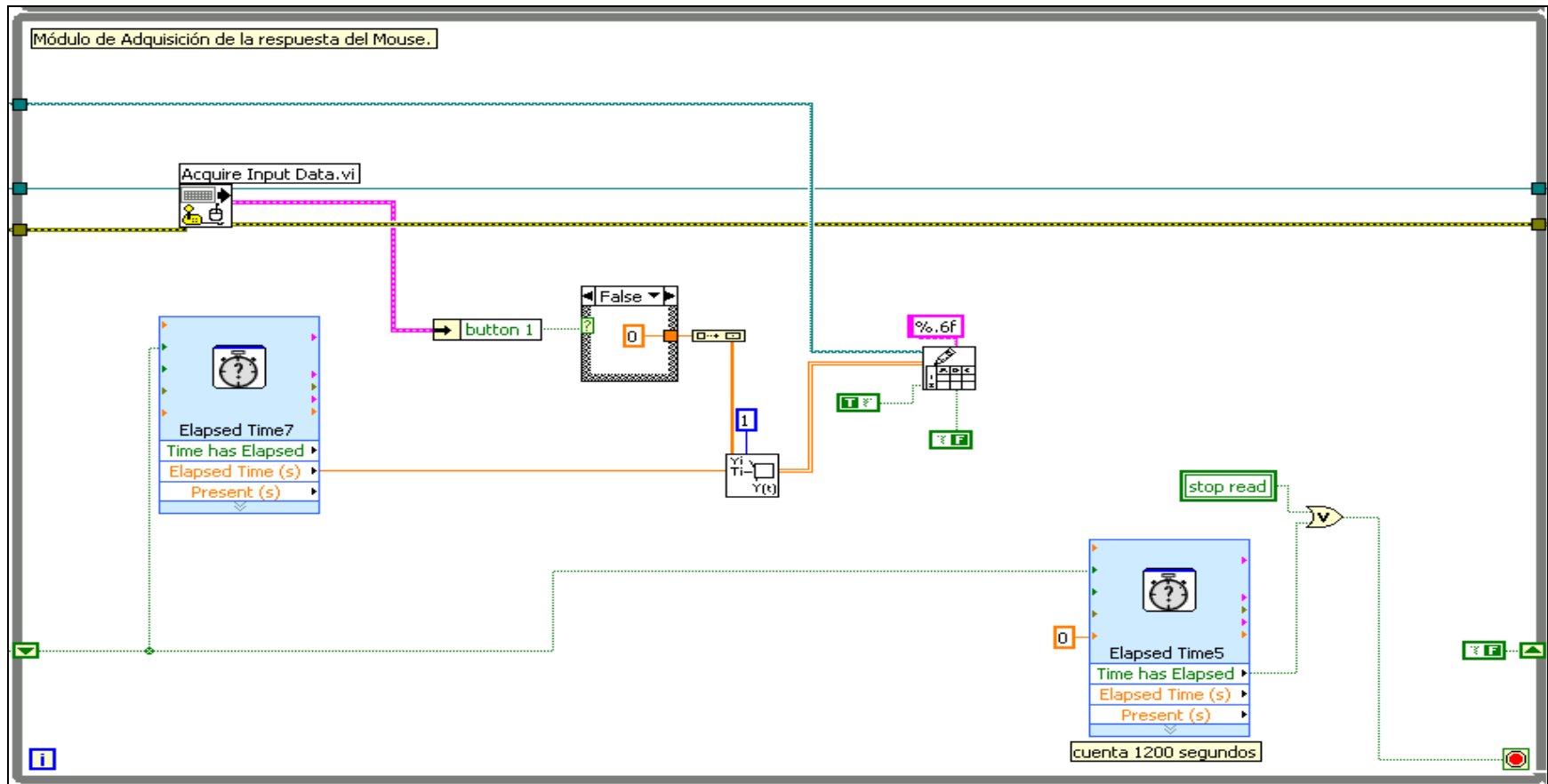
- (9). Potenciales evocados visuales en recién nacidos a término. Dr. Julio Montes Brown. Revista Cubana de Pediatría. V.71 n.1. Ciudad de la Habana. Enero-Marzo 1999. www.scielo.sld.cu.
- (10). Potenciales evocados visuales. Artículo de la Enciclopedia Libre Universal en Español. www.encyclopedia.us.es.
- (11). Potenciales Evocados Visuales (PEVs) por un Proceso de Atención y Diferencias de Genero. Encarna Vaquero, Ma. Jesús Cardoso, Manuel Vázquez. Psicobiología. Dpto. Psicología Experimental. Universidad de Sevilla. Psicología Online. www.psicologia-online.com.
- (12). Loss of visual evoked potencial following temporary occlusion of the superior hypophyseal artery during aneurym clip placement surgery. Case report. Tetsuya Goto, Yuichiro Tanaka, Kunihiro Kodama, Yoshikazy Kusano, Keiichi Sakai, Kazuhiro Hongo. Journal of Neurosurgery. Oct. 16 de 2007. www.galenicom.com. Pagna web: www.centrodos.com en 2006 “Antonia y Valentín, los nombres más elegidos en la Provincia”.
- (13). Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. Tallon Baudry C. Mental Processes and Brain Activation Unit, INSERM Unitè 280, 151 Cours Albert Thomas, 69003 Lyon, France. www.ncbi.nlm.nih.gov.
- (14). Importancia de la electrofisiología ocular en la avulsión traumática del nervio óptico. Caso clínico. E. Pérez Salvador García, JL Pérez Salvador. Revista Mexicana de Oftalmología; Julio-Agosto 2005.
- (15). EEG Early Evoked Gamma-Band Synchronization Reflects Object Recognition in Visual Oddball Tasks. Gábor Stefanics, Attila Jakab, László Bernáth, Lóránd Kelléyi and István Hernádi. Brain Topography. Ed. Springer Netherlands. Vol 16, Number 4, diciembre de 2004.
- (16). Guía Neurológica, Cap. 15: Potenciales Evocados Visuales y Electroretinograma. Ernesto Ojeda. Asociación Colombiana de Neurología. pg 127 a 135. www.acnweb.org.
- (17). Potenciales Visuales Evocados y Fármacos Homeopáticos. Guerrero Ramos J.R.. www.homeopatia.com.mx.

10. Anexos

Adquisición de códigos:



Adquisición del botón izquierdo del Mouse:



Módulo de Visualización Tab1: Señales adquiridas.



Módulo de Visualización Tab2: Potenciales Evocados y la Onda P300.

