

SISTEMA PARA LA ADQUISICION AUTOMATICA
DE POTENCIALES EVOCADOS VISUALES: II. PRUEBAS

JIMENEZ CRUZ J.

MUÑOZ GAMBOA C.

Area de Ingeniería Biomédica
Departamento de Ingeniería Eléctrica
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA - IZTAPALAPA

RESUMEN-----

Se describe el software y las pruebas de evaluación de un sistema para la adquisición automática de potenciales evocados visuales. La presentación de estímulos, la adquisición y la promediación de la señal EEG-PE se realizan por medio de una microcomputadora IBM PC o compatible, con la ayuda de un paquete de programas que incluyen los experimentos de prueba del sistema completo.

INTRODUCCION

El sistema está compuesto por un electroencefalógrafo, una tarjeta de conversión analógica digital de 4 canales y un paquete de programas de control. El electroencefalógrafo está constituido por 4 preamplificadores de instrumentación de alta impedancia de entrada, bajo ruido y alta relación de rechazo de modo común. La tarjeta de conversión está compuesta por un circuito de decodificación, una interfaz periférica programable y un convertidor analógico digital de 4 canales que digitaliza las señales de entrada en el intervalo de 0 a 5 volts con una resolución de 8 bits (Jiménez y Muñoz, 1990).

Para la prueba del sistema desarrollado se llevaron a cabo dos experimentos, los que pueden clasificarse dentro de un paradigma de procesamiento de significado y de un paradigma del evento raro.

El programa maestro del sistema, escrito en Turbopascal (version 5.0), controla la presentación de estímulos visuales.

captura la señales y las almacena cuando comprueba que estas no se encuentran contaminadas con artefactos de saturación o movimiento ocular. Una vez terminado el experimento, es posible promediar los segmentos adquiridos y observar los potenciales evocados.

PLANTEAMIENTO DE LOS EXPERIMENTOS

Con el sistema desarrollado se realizaron dos experimentos, en los que se adquieren segmentos de señal EEG-PE con la presentación de estímulos visuales por medio del monitor de la computadora. En la figura 1 se observa la disposición del equipo en estos experimentos.

En el primer experimento se presentan palabras como estímulos visuales, las que se encuentran situadas dentro de un rectángulo en el centro de la pantalla. Dentro de un paradigma de procesamiento de significado se obtienen potenciales evocados, en los cuales se aprecian claramente los componentes medios (50 ms a 200 ms) debidos a un cambio de patrón, pero no se obtienen potenciales debidos a la diferencia de significado.

En el segundo experimento se realiza un paradigma clásico, en el que se presentan figuras geométricas. Uno de dos estímulos (un círculo) aparece con una probabilidad menor (10% a 30%) con respecto al otro (un cuadrado). En este experimento se obtiene un PE endógeno conocido como P300.

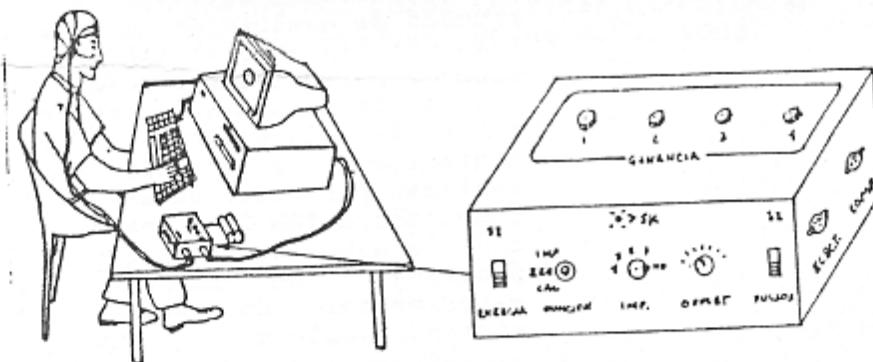


Figura 1. Disposición del equipo en los experimentos.

En todos los experimentos participaron sujetos sanos con agudeza visual normal.

EXPERIMENTO 1. En este experimento se presentan palabras en el centro de la pantalla de la computadora. Las palabras del tipo consonante vocal consonante están formadas por letras de 0.8 cm de alto por 0.4 cm de ancho y pertenecen a uno de dos grupos posibles. Uno de los grupos contiene palabras con significado, mientras que en el otro grupo las palabras carecen de él.

Previamente a la presentación de cada una de las palabras que aparecen en forma secuencial y aleatoria, se presenta también en el centro de la pantalla un rectángulo de 2.3 cm de alto por 5 cm de ancho, como punto de fijación (figura 2). El sujeto deberá responder apretando uno de dos interruptores indicando a qué grupo pertenece la palabra que aparece, forzando de esta manera el reconocimiento de la información que se presenta.

El experimento se realizó por la noche, en una microcomputadora portátil IBM XT con un reloj de 4.77 Mhz. El sujeto se sentó comodamente a unos treinta centímetros de la pantalla de color ambar. Se midieron y limpiaron los sitios de registro, se colocaron electrodos en Cz, Pz y Oz de acuerdo al sistema 10-20 (Anónimo, 1974). También se colocaron electrodos en la frente, en el lóbulo de la oreja, en el canto superior interno y canto inferior externo del ojo derecho.



PIES

FIUT

RESPONDE, POR FAVOR RESPONDE, POR FAVOR

Figura 2. Punto de fijación. Palabras con y sin significado.

Después de explicarle el experimento, se le hicieron indicaciones como las siguientes: que estuviera atento y no parpadeara con la presentación de las palabras y que apretara el interruptor apropiado tan pronto como reconociera el significado de ellas. Acto seguido se procedió a la captura de las señales.

EXPERIMENTO 2. En este experimento se presentan en el centro de la pantalla del monitor dos figuras geométricas. Una figura es un cuadrado de 4 cm de lado y la otra es un círculo de 4 cm de diámetro. Las figuras se presentan secuencial y aleatoriamente, teniendo el círculo una probabilidad de aparición del 20 % aproximadamente. En el momento de la aparición de las figuras, el sujeto debe apretar la barra espaciadora tan pronto como reconozca el círculo. Este paradigma es clásico y es conocido como del evento raro (The oddball paradigm - Donchin, 1981).

El sujeto se sentó cómodamente a un metro aproximadamente de la pantalla. Se colocaron electrodos en el vertex, en la frente, en el lóbulo de la oreja, en el canto superior interno y canto inferior externo del ojo izquierdo. Después de explicar la prueba al sujeto, se le hicieron indicaciones semejantes a las del experimento anterior y se continuó adelante.

FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

El programa está constituido por tres procedimientos principales, que se eligen cuando en la pantalla se presenta el menú principal (figura 3). Con el primer procedimiento es posible crear un archivo de palabras acompañadas de un número que representa la categoría o clase a la que pertenecen. Las palabras sirven como estímulos visuales y el número se comparará con el registro del interruptor que se oprima durante el primer experimento.

POTENCIALES EVOCADOS

MENU PRINCIPAL

C: CREAR UN ARCHIVO DE ESTIMULOS
A: ADQUISICION DE POTENCIALES
G: GRAFICAR LOS DATOS OBTENIDOS
T: T E R M I N A R

ESCOGE UNA OPCION:

Figura 3. Menú principal del programa.

El segundo procedimiento, uno de los más importantes, llama a otros procedimientos para realizar las siguientes funciones: recabar información acerca del sujeto, sobre los sitios de registro, sobre el experimento a realizar (figura 4), para inicializar el sistema, para presentar los estímulos, para

adquirir los segmentos de la señal EEG-PE, calcular y guardar la señal adquirida o desecharla cuando existieron artefactos.

ADQUISICION DE POTENCIALES EVOCADOS

Cuáles son las iniciales del sujeto	? tm
Con el electrodo 1 se registran los movimientos oculares	
Cuántos electrodos se utilizarán (2,3,4)	? 4
Derivación del electrodo 2	? Cz
Derivación del electrodo 3	? Pz
Derivación del electrodo 4	? Oz
Elige el experimento: (L)etras, (P)300	? L
Nombre del archivo de estímulos	? estímulo.dat

Figura 4. Preguntas para formar los archivos de datos.

El proceso de inicialización consiste en almacenar en disco los pulsos de calibración, las señales de línea base con ojos abiertos y ojos cerrados y la señal de parpadeo. Los pulsos de calibración son pulsos cuadrados con una amplitud de 50 microvolts y una frecuencia de 14.2 Hz. Los controles de ganancia del sistema se ajustan para que se obtengan aproximadamente 200 unidades del convertidor. Las señales con ojos abiertos y ojos cerrados permiten asegurar visualmente la adecuada recepción de las señales de EEG.

La señal de parpadeo se obtiene pidiéndole al sujeto que parpadee. Esta señal puede contener tanto señal de parpadeo como movimiento ocular y no debe estar saturada. Los movimientos oculares y la señal de parpadeo pueden introducir otras formas de onda que contaminan el potencial evocado.

Todas las segmentos que se obtienen están formados por 256 puntos, con un intervalo de muestreo de 4 ms.

Con la información que se le ha dado a la computadora y una vez realizado el proceso de inicialización, se forma una serie de archivos identificados con las extensiones .CAL, .ABI, .CER y comenzar el experimento que se haya elegido; ya sea la presentación de las palabras o de las figuras geométricas.

Inmediatamente después de la presentación de cada estímulo, se adquiere durante un segundo la señal de EEG en los canales utilizados. La señal de electro-oculograma que siempre se recibe en el canal 1 se compara con la de parpadeo, tomada en el inicio de la sesión, con el fin de obtener la correlación entre ambas.

También se registra el interruptor apretado o la barra espaciadora, dependiendo del experimento que se esté llevando a cabo y se verifica la existencia de saturaciones.

La función de correlación indica el grado de similitud de dos señales y es un método que se utiliza, en este caso, para desechar los segmentos en caso de que estén contaminados por los movimientos oculares o parpadeo.

Si las señales tienen una correlación menor a un valor de referencia preestablecido, se ha oprimido el interruptor adecuado o la barra espaciadora y no existen saturaciones, entonces se procede a guardar este segmento que contiene al potencial evocado. De esta manera se continúa toda la sesión presentando un total de 123 palabras (aproximadamente la mitad de ellas con significado) o aproximadamente 100 figuras geométricas.

Al terminar la sesión, que dura en promedio 20 minutos, por medio del tercer procedimiento se tiene la opción de presentar los potenciales evocados obteniéndolos por el método de promediación (McGuillen C. y Auñón J., 1981). En este procedimiento se pide el número de gráficas que se desean (de 1 a 4), las iniciales del sujeto y las derivaciones registradas. El procedimiento normaliza y promedia las señales adquiridas y grafica los potenciales evocados finales.

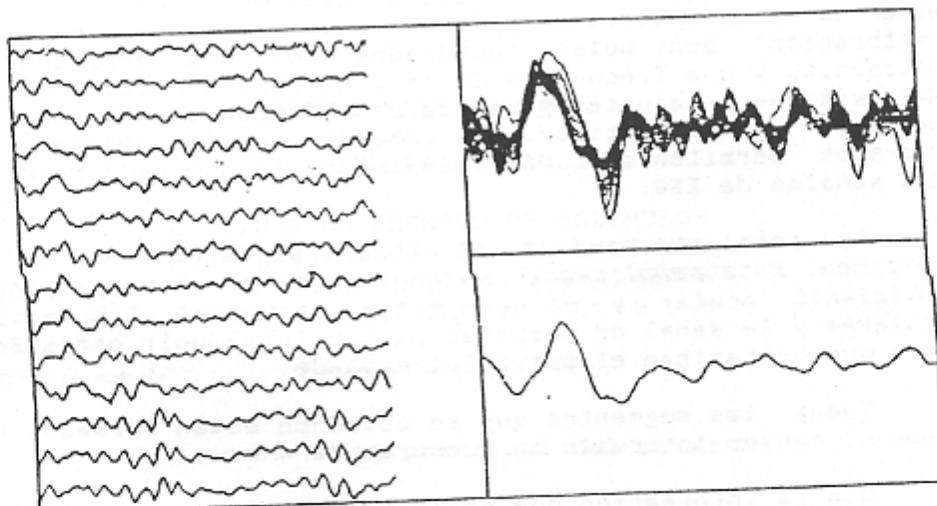


Figura 5: Segmentos de EEG, promedios consecutivos y potencial evocado final en la derivación Pz.

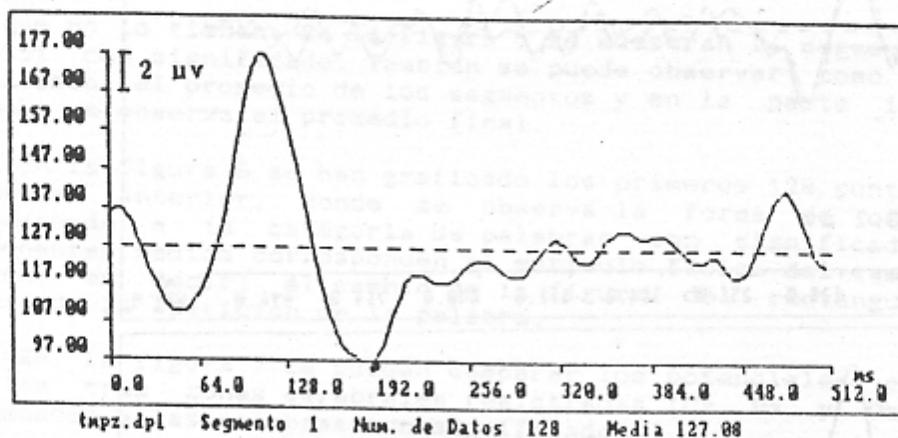


Figura 6. Potencial evocado visual de la derivación Pz.

RESULTADOS

EXPERIMENTO 1. Los resultados de este experimento corresponden al sujeto T.M. De las 123 palabras presentadas se obtuvieron 51 segmentos de las palabras con significado y 55 de

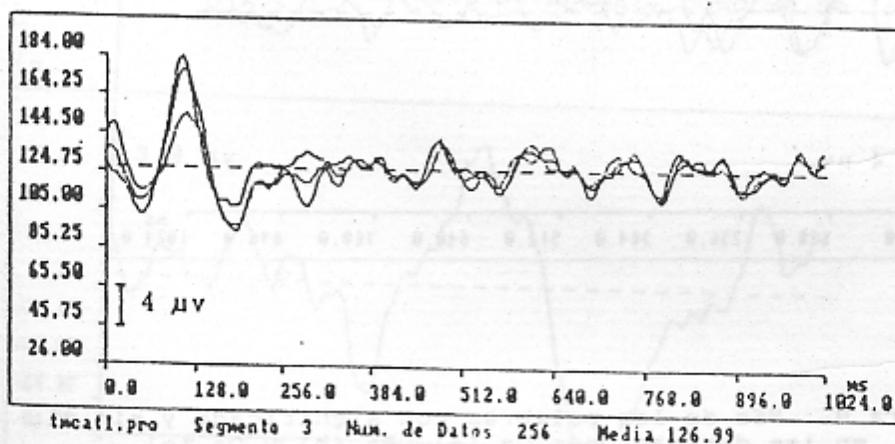


Figura 7. Comparación gráfica de las 3 zonas registradas.

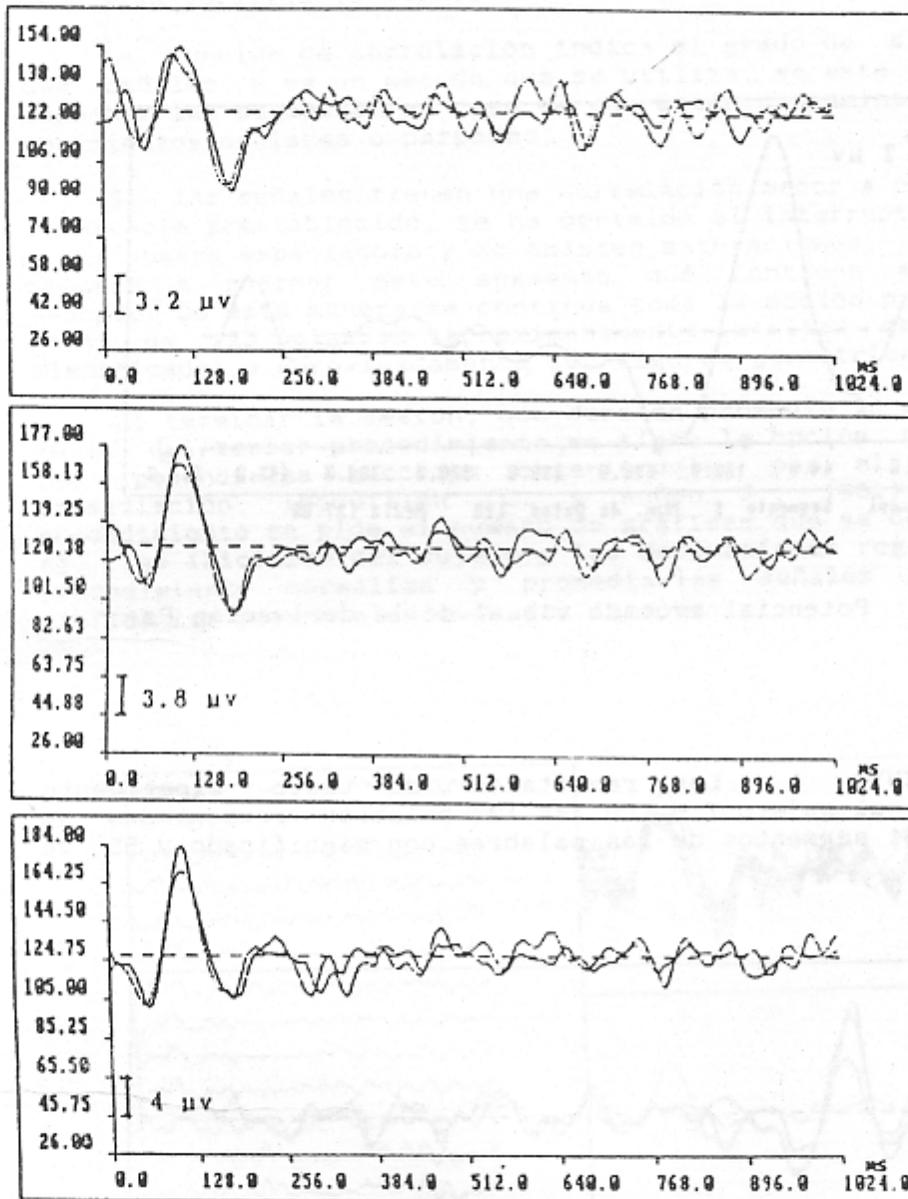


Figura 8. PEs de las palabras con significado y sin él, en las derivaciones Cz (a), Pz (b) y Oz (c).

las que no lo tienen. En la figura 5 se muestran 14 segmentos de los 51 con significado. También se puede observar como se va realizando el promedio de los segmentos y en la parte inferior derecha se observa el promedio final.

En la figura 6 se han graficado los primeros 128 puntos del potencial anterior, donde se observa la forma de onda que corresponde a la categoría de palabras con significado. Los componentes medios corresponden al estímulo físico del cambio de patrón; es decir, el cambio de la figura del rectángulo por efecto de la aparición de la palabra.

En la figura 7 se pueden comparar los potenciales evocados de las tres zonas cerebrales registradas (Cz, Pz y Oz), que pertenecen a las palabras con significado.

Finalmente, la figura 8 muestra las tres derivaciones registradas (Cz, Pz y Oz) sobreponiendo en cada gráfica los potenciales correspondientes a las palabras con significado y sin él. Existen varios estudios, entre ellos el de Canseco (1988), los cuales concuerdan en que no existen diferencias significativas entre los potenciales visuales evocados por la presentación de palabras con significado y sin éste.

EXPERIMENTO 2. En este experimento se obtuvo un potencial endógeno conocido como P3 o P300. Este potencial ha sido uno de los más discutidos ya que se ha desarrollado en torno a él toda una teoría psicológica que involucra entre otros a procesos de atención, memoria y cognición (Johnson, 1986). El paradigma clásico para la obtención de este potencial, como ya se comentó,

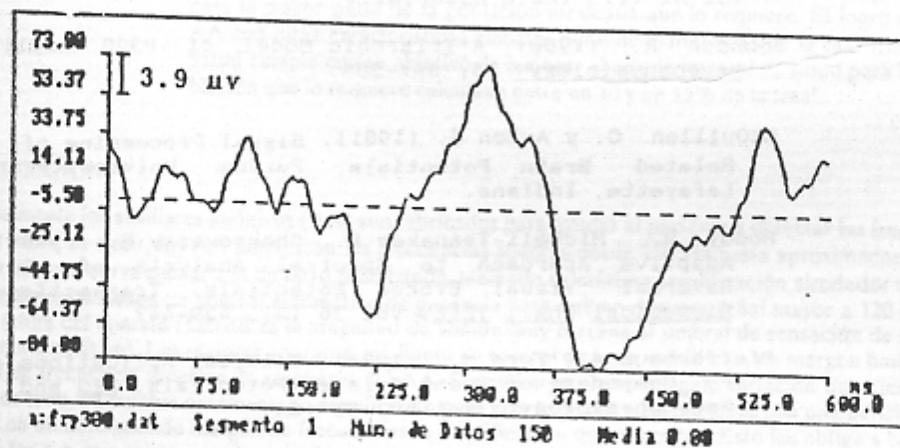


Figura 9. Potencial evocado endógeno P300.

es el del elemento raro (the oddball paradigm). Entre sus aplicaciones se encuentran: la diferenciación de edad, así como las pruebas de diagnóstico en alcoholismo o demencia en general (Pfefferbaum et al., 1984).

En la figura 9 se puede observar el potencial evocado del sujeto F.J. El potencial es un promedio de 74 segmentos que se reunieron después de haber repetido el experimento 4 veces.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que es posible obtener señales de EEG y potenciales evocados con el sistema desarrollado. El nivel de ruido generado en todas las etapas se reduce considerablemente, gracias al procesamiento estadístico posterior que se realiza.

Cabe señalar que los potenciales evocados obtenidos se deben analizar desde un punto de vista reservado, porque para la comparación de ellos se necesita estandarizar el equipo en el lugar donde se realizan los experimentos. También se necesita crear una base de datos de sujetos, en la que se especifiquen tanto las variables externas como las internas involucradas.

Por otro lado, la interfaz hombre-máquina puede mejorarse haciendo más ergonómico el sistema, básicamente usando el método de ventanas para hacer más fácil la comunicación con el usuario.

REFERENCIAS

- Anónimo. (1974). Una revisión del sistema internacional diez-veinte de colocación de electrodos. Folleto de divulgación de la Compañía Grass Instruments.
- Canseco G. E. (1988). Correlatos electrofisiológicos del procesamiento semántico. Tesis de Maestría en Psicobiología, Facultad de Psicología, UNAM.
- Donchin E. (1981). Surprise !... Surprise ?. Psychophysiology, Vol 18 (5), 493-513.
- Jiménez C. J. y Muñoz G. C. (1990). Sistema para la Adquisición Automática de Potenciales Evocados Visuales: I. Hardware. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol XI (1). (Este ejemplar.)
- Johnson R. (1986). A Triarchic Model of P300 Amplitude. Psychophysiology, 23, 367-384.
- McGuillen C. y Auñón J. (1981). Signal Processing of Event Related Brain Potentials. Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Moddy B., Micheli-Tzanakov E., Chokroverty S. (1989). An Adaptive Approach to Spectral Analysis of Pattern-Reversal Visual Evoked Potentials. Transactions on Biomedical Eng., IEEE, Vol 36 (4), 439-447.
- Pfefferbaum A., Ford M., (1984). Clinical Applications of the P3 Component of Event Related Potentials. EEG and Clin. Neurophysiology, Vol 59, 85-124.