

# **GRAP-NFM. Sistema informático para emular y extender las funcionalidades del Neuropack Four Mini**

## **GRAP-NFM. Software for emulating and extending the functionalities of the Neuropack Four Mini**

**Lic. Elías Trenard García,<sup>I</sup> Ms.C. Reynaldo Pérez Casales,<sup>II</sup> Dr. Arquímedes Montoya Pedrón<sup>III</sup>**

<sup>I</sup>Departamento de Computación. Facultad de Matemática y Computación. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba. E-mail: elias.trenard@csd.uo.edu.cu

<sup>II</sup>Departamento de Computación. Facultad de Matemática y Computación. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba. E-mail: rperez@csd.uo.edu.cu

<sup>III</sup>Departamento de Neurofisiología Clínica. Hospital Clínico-Quirúrgico "Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso". Santiago de Cuba, Cuba. E-mail: arqui@medired.scu.sld.cu

---

### **RESUMEN**

El Neuropack Four Mini (NFM) es un equipo biomédico para la obtención y análisis de distintas pruebas, las cuales permiten la evaluación funcional del sistema nervioso. Este equipo tiene algunas limitaciones como, por ejemplo, no permite almacenar los resultados de las pruebas para un ulterior análisis. Además, el análisis que efectúa a las señales que describen las pruebas es muy limitado desde el punto de vista matemático. En este artículo se presenta el sistema informático GRAP-NFM, el cual emula y extiende las funcionalidades del NFM permitiendo que desde una computadora se visualicen los resultados de las pruebas recibidas vía fichero desde el NFM, se realice su análisis básico y se exporten los resultados de dichas pruebas en un formato accesible por otros sistemas.

**Palabras claves:** neuropack four mini, potenciales evocados, sistema informático.

---

## ABSTRACT

The Neuropack Four Mini (NFM) is a biomedical device for obtaining and analyzing several types of tests that permit the functional evaluation of the nervous system. This device has some limitations. For instance, it does not allow to save the results of the tests. Furthermore, its analysis of the signals describing the tests is quite restricted from a mathematical point of view. In this paper we present the software GRAP-NFM, which emulates and extends the functionalities of the NFM by allowing to visualize and to analyze, with a computer, the results of the tests received via file from the NFM. This software also allows to export the results of the tests in a format legible for other systems.

**Key words:** neuropack four mini, evoked potentials, software.

---

## INTRODUCCIÓN

El estudio de potenciales evocados (PE) es un recurso de mucha importancia en la evaluación del funcionamiento del sistema nervioso de una persona, en particular de los sistemas acústico, visual y somatosensorial. Varias investigaciones se han llevado a cabo en el campo de la Neurofisiología para estudiar diversas patologías y condiciones del sistema nervioso humano. Por ejemplo, se han realizado estudios para determinar la utilidad del PE auditivo de latencia media en la evaluación de personas con esclerosis múltiple en su forma brote-remisión,<sup>1</sup> para la evaluación de parámetros de la marcha en personas sanas.<sup>2</sup> También se han hecho estudios en pacientes con vértigo periférico a partir de PE auditivos.<sup>3</sup>

Para la medición de PE se ha utilizado tradicionalmente dispositivos de la familia Neuropack, desarrollados por la empresa japonesa Nihon Kohden, los cuales permiten medir PE a partir de la realización de diversas pruebas a un individuo, así como realizar el análisis básico de las señales obtenidas de cada prueba.<sup>4</sup>

En varios centros hospitalarios cubanos que poseen servicios de neurofisiología como, por ejemplo, el Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN) de La Habana y el Hospital Clínico-Quirúrgico "Juan B. Zayas Alfonso" de Santiago de Cuba, se utiliza el Neuropack Four Mini (NFM) con estos fines (ver, por ejemplo,<sup>5</sup>). Este dispositivo, miembro de la familia Neuropack, ha demostrado ser bastante eficaz en la medición de PE y en el análisis que proporciona a las señales que los representan, pero tiene algunas limitaciones desde el punto de vista operativo como, por ejemplo, que el almacenamiento de resultados en formato digital se realiza por medio de una unidad de disquetes.

En este trabajo se presenta el sistema GRAP-NFM, un sistema informático que resuelve las limitaciones operativas mencionadas, el cual permite potenciar la operación del NFM extendiendo sus funcionalidades por medio de una interfaz que incluye un graficador para visualizar las curvas correspondientes a señales de PE, así como las opciones que permiten realizar mediciones y operaciones matemáticas básicas a estas señales. Esta aplicación le da un valor añadido al NFM y permite al especialista realizar, desde una computadora, el análisis de las señales obtenidas por el equipo, el cual complementa el análisis proporcionado por el software nativo.

Además, el sistema permite exportar los valores de las señales en un formato compatible a otros sistemas para su posterior análisis.

## MATERIALES

### El Neuropack Four Mini (NFM)

El NFM (Fig. 1) es un equipo biomédico que permite la obtención y análisis de señales electrofisiológicas por medio de la realización de distintas pruebas. En general, el equipo muestrea señales bioeléctricas analógicas y luego las digitaliza. El NFM utiliza 512 muestras en el proceso de digitalización. Esto significa que cada respuesta registrada se representa como una secuencia de 512 puntos. Este equipo dispone de un módulo de graficación y procesamiento digital para las señales bioeléctricas registradas. Dicho módulo garantiza que las señales obtenidas puedan ser acondicionadas y evaluadas por los especialistas para realizar las inferencias correspondientes a cada una de las técnicas de diagnóstico neurofisiológico. El NFM basa su operación en la realización de las llamadas pruebas.



**Fig. 1.** Vista del Neuropack Four Mini. A la derecha, una vista ampliada de la interfaz del módulo de procesamiento y graficación de este equipo

Básicamente una prueba es el resultado de la medición de un tipo de PE. De manera más específica, una prueba consiste en el registro de respuestas bioeléctricas, las cuales se obtienen mediante un estímulo. Cada prueba está concebida para el estudio de un sistema concreto, como el sistema sensorial acústico, el visual o el somatosensorial. El estímulo que se utiliza en cada prueba depende del sistema que se está estudiando, y las distintas respuestas que se obtienen dependen de cómo varíe dicho estímulo.

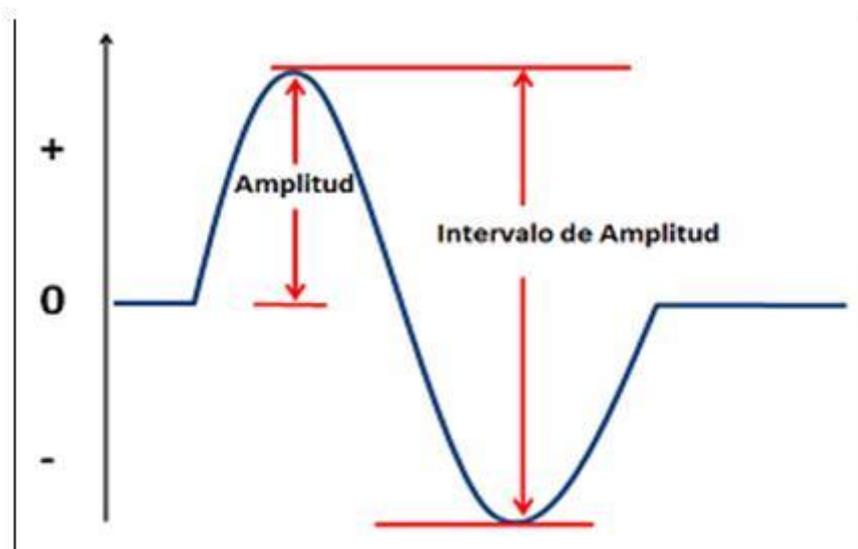
El NFM puede realizar hasta 27 pruebas distintas y almacenar hasta 16 respuestas en su memoria interna. Cada respuesta registrada en una prueba se grafica como una curva representando la variación del voltaje en el dominio del tiempo. El análisis de una prueba en el NFM se basa en el procesamiento y cuantificación de

señales neurofisiológicas. Este proceso se concreta por medio de la realización de ciertas mediciones y operaciones sobre dichas señales proporcionadas por el equipo. Las mediciones permiten cuantificar varios parámetros, los cuales describen las características más notables de las pruebas. Entre estos parámetros se encuentran la latencia, el intervalo de latencia, la amplitud, el intervalo de amplitud y el área bajo la curva.

Para realizar las mediciones el NFM proporciona los recursos de cursores y marcas para delimitar la zona de una curva donde se efectuará una medición. Los cursores son rectas que se visualizan con las curvas analizadas y su posición puede ser variada través de la interfaz del equipo. Los cursores más comunes son los horizontales y los verticales. El NFM utiliza dos cursores verticales y dos horizontales. Para cada cursor vertical se calcula la latencia, y entre ambos el intervalo de latencia. Los cursores horizontales, se utilizan a su vez para calcular la amplitud y el intervalo de amplitud.

A modo de ejemplo, la figura 2 muestra la manera en que dos cursores (líneas en rojo) determinarían los límites para el cálculo de la amplitud máxima en una curva asociada a una respuesta.

La principal limitación de los cursores es que permiten trabajar con un intervalo a la vez en una curva. Para resolver esta limitación, el NFM proporciona el recurso de la marca. Una marca selecciona un punto de una curva, esto permite formar intervalos entre las marcas asociados a las zonas de la curva que se desea medir.



**Fig. 2.** Cursores marcando el intervalo para el cálculo de la amplitud

Sobre las curvas marcadas suele calcularse la latencia en cada marca y en los intervalos de marcas se calculan el área, la máxima amplitud de intervalo, el intervalo de latencia y el intervalo de amplitud. Estas mediciones son calculadas en las curvas marcadas de forma simultánea. Por esta razón, los resultados son mostrados generando tablas para cada medición en las curvas marcadas. La figura 3 muestra dos curvas con varias marcas (puntos en rojo) y la estructura de las tablas asociadas a las marcas de las curvas.

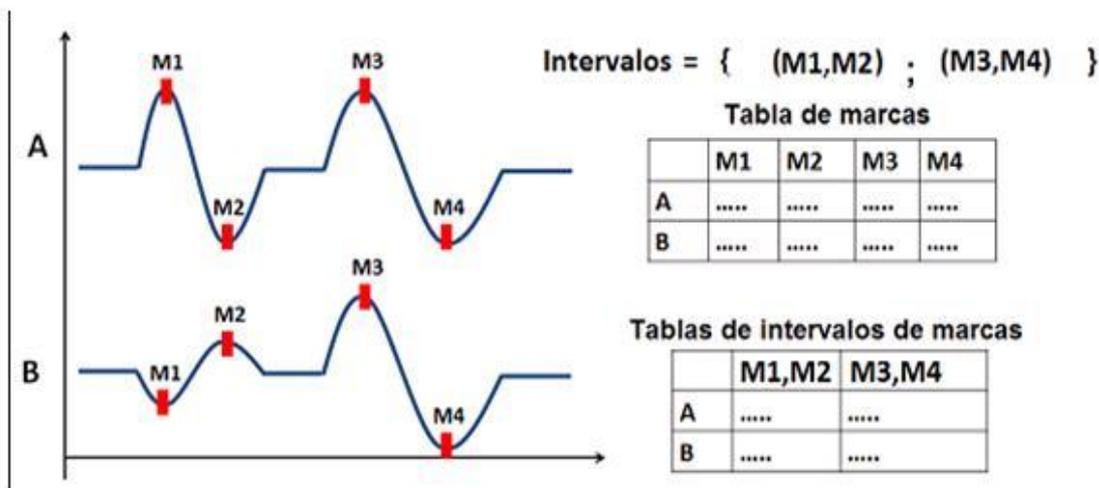


Fig. 3. Marcas determinando puntos e intervalos en dos curvas

El NFM proporciona hasta siete marcas por cada curva, las cuales están determinadas por el mismo valor del tiempo. Para algunas aplicaciones concretas este límite se convierte en una dificultad.

Por su parte, las operaciones permiten hacer transformaciones a las respuestas neurofisiológicas con el objetivo de solucionar problemas circunstanciales presentados durante el análisis. Las operaciones proporcionadas son la inversión de polaridad, la suavización, la superposición, la sustracción y el promedio.

Por ejemplo, la figura 4 muestra el resultado de la operación de suavización de una curva asociada a una respuesta. En el caso de la suavización el algoritmo que utiliza el NFM es el conocido por *moving average*.

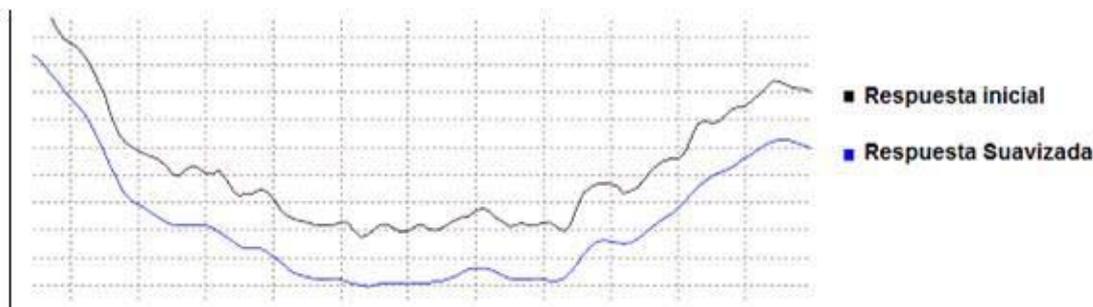


Fig. 4. Suavización de una curva asociada a una respuesta

El NFM es capaz de transmitir a la computadora la prueba realizada a través de su puerto serie, un puerto DB25. Esta transmisión se realiza utilizando la norma RS-232 para comunicación en serie. Para recibir la prueba en la computadora, se necesita de un programa que gestione la recepción, por ejemplo, el PROCOMM, el cual la almacena en un fichero.

Este es el rasgo del equipo en el cual se basa la aplicación presentada en este trabajo para extender y mejorar, en algunos aspectos, las funcionalidades del NFM.

Más detalles sobre las características y el funcionamiento interno del NFM pueden encontrarse en.<sup>8</sup>

## Herramientas informáticas utilizadas

Esta aplicación se implementó en un entorno visual de programación en lenguaje C++,<sup>7</sup> con componentes visuales muy poderosas, las cuales permiten la creación de interfaces que se pueden acoplar fácilmente a la modelación del problema y que posibilitan un tratamiento eficaz de gráficos y curvas.<sup>3,6</sup>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Generalidades y funcionamiento del sistema

El sistema presentado en este trabajo brinda las siguientes funcionalidades:

- Representar las respuestas registradas en el NFM en forma de curvas, así como mostrar información sobre la prueba realizada y sobre el paciente.
- Medir valores de latencia y amplitud en curvas seleccionadas utilizando cursores y marcas.
- Generar tablas con las mediciones de diversos parámetros (latencia, amplitud, área) a partir de las marcas.
- Realizar las operaciones de promedio, sustracción, superposición, suavización e inversión de polaridad sobre las curvas.
- Exportar los datos de una curva en un fichero de texto.

Estas funcionalidades son accesibles desde una interfaz cómoda y amigable, que trata de respetar las características del módulo de procesamiento y graficación, así como el esquema de trabajo del NFM.

La Figura 5 muestra una vista de la interfaz de usuario del GRAP-NFM, la cual se conforma con dos paneles. El panel izquierdo (con bordes resaltados en rojo) está integrado por dos pestañas, la pestaña "GRÁFICA" está dedicada a la visualización de las curvas asociadas a respuestas, cada una de las cuales se identifica con una etiqueta. En la figura 5 se visualizan además los dos cursores, A y B, los cuales son utilizados por el usuario para realizar mediciones. El cursor A también permite fijar marcas sobre una curva.

Esta pestaña incluye, además, un área dedicada a las operaciones básicas para el análisis de las curvas representadas. Por su parte, la pestaña "TABLA DE MARCAS" permite generar dinámicamente las tablas de mediciones asociadas a marcas (Fig. 6). El panel derecho (con bordes resaltados en azul en la figura 5) proporciona los elementos necesarios para el análisis de las curvas, para lo cual incluye cuatro pestañas en las que el usuario puede visualizar los resultados de las mediciones con cursores y marcas, visualizar los datos característicos de las pruebas y editar eventos asociados a las mediciones.

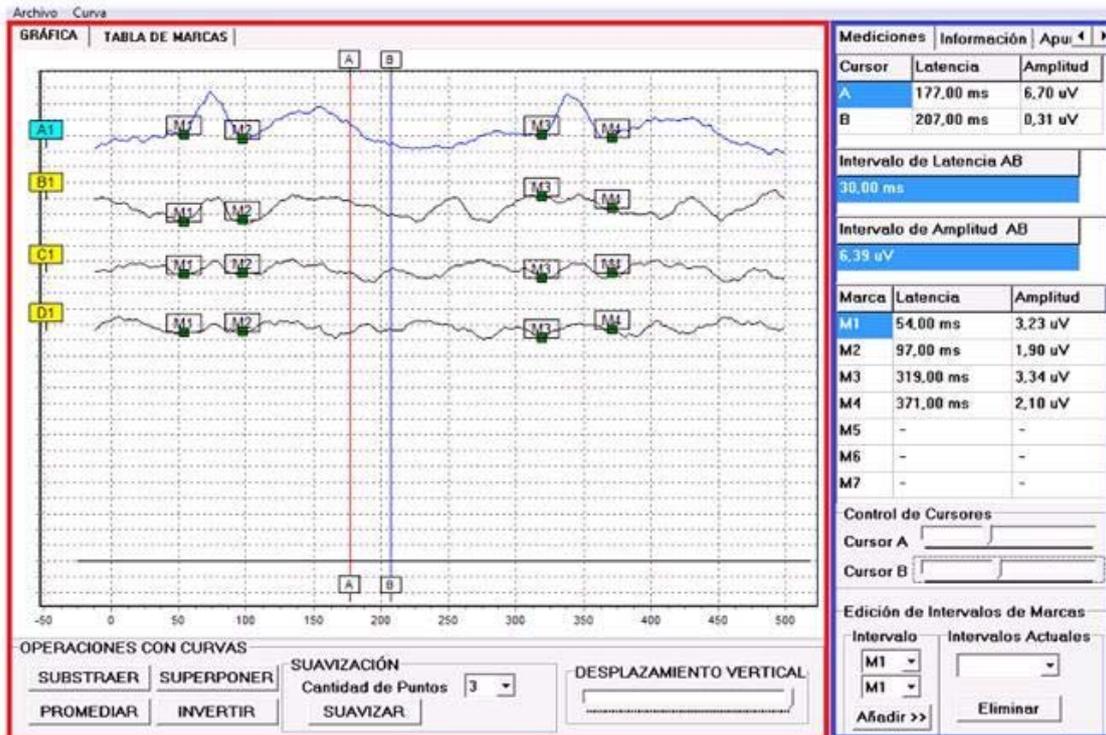


Fig. 5. Vista de la interfaz de usuario del GRAP-NFM

TABLA DE MARCAS

TIPO DE TABLA

	LATENCIA	INTERVALO DE LATENCIA	INTERVALO DE AMPLITUD	ÁREA	AMPLITUD MÁXIMA DE INTERVALO
--	----------	-----------------------	-----------------------	------	------------------------------

TABLA DE INTERVALO DE LATENCIA

	M5 . M6	M3 . M4	M1 . M2
A1	40,00 ms	60,00 ms	39,00 ms
B1	46,00 ms	50,00 ms	43,00 ms
C1	36,00 ms	63,00 ms	43,00 ms
D1	39,00 ms	59,00 ms	50,00 ms

Fig. 6. Vista de la pestaña "TABLA DE MARCAS"

La aplicación reproduce todas las funcionalidades del NFM explicadas en la Sección 2.1 con una interfaz más amigable. Para la graficación y el análisis de los resultados de las pruebas realizadas en el NFM, la aplicación debe cargar los datos que se almacenan en los ficheros con la información transmitida por el equipo vía puerto serie.

Para la decodificación de estos datos la aplicación utiliza un módulo que analiza la integridad de los mismos y, cuando son correctos, los representa en forma de curvas, las cuales podrán ser analizadas por el usuario. Todo lo anterior conforma el ciclo de operación del sistema.

Debe destacarse que el sistema introduce algunas mejoras con respecto a la operación del NFM, por ejemplo, se mejoran los algoritmos proporcionados para la suavización de curvas y el cálculo de áreas.

### Discusión

Fue utilizado el esquema de cuantificación de coincidencias para el análisis de la efectividad del sistema. Se consideraron el porcentaje de mediciones coincidentes y el rango de variabilidad promedio de las mediciones no coincidentes del sistema con respecto al NFM. Para ello se cuantificaron valores de la latencia, el intervalo de latencia, la amplitud y el intervalo de amplitud usando como referencia un NFM calibrado. El porcentaje de mediciones coincidentes se cuantifica a partir de la cantidad de mediciones que coincidieron exactamente en ambos sistemas. A su vez, el rango de variabilidad promedio es la media de las diferencias entre las mediciones que no fueron exactamente coincidentes. Este último parámetro debe ser menor que 0.04  $\mu\text{V}$  para las mediciones de amplitud, y menor que 0.08 ms para las mediciones de tiempo. De esta manera no se afecta la interpretación de los resultados del análisis de las respuestas. A continuación se muestran los resultados obtenidos en algunas comparaciones realizadas. Se señalan en rojo las mediciones que no fueron coincidentes.

La tabla 1 muestra los valores de latencia (Lat.) e intervalo de latencia (IL) en 5 respuestas de distintos sujetos. En esta tabla aparecen además dos valores de intervalos de amplitud (IA1, IA2), uno para cada una de las componentes identificadas por el técnico que realizó la medición.

**Tabla 1.** Comparación de valores en 5 respuestas

NFM				GRAP-NFM			
Lat.	IL	IA1	IA2	Lat.	IL	IA1	IA2
99	83	14.15	10	99	83	14.15	10.01
98	56	9.99	5.37	98	56	9.99	5.37
93	51	8.61	6	93	51	8.61	6
96	80	6.90	9.78	96	80	6.90	9.78
95	80	7.14	6.95	95	80	7.14	6.92

Por su parte, la tabla 2 muestra valores de intervalo de latencia (IL) e intervalo de amplitud (IA) de 12 respuestas a distintas frecuencias.

**Tabla 2.** Comparación de valores en 12 respuestas

NFM		GRAP-NFM	
IL	IA	IL	IA
124	0.44	124	0.44
142.10	0.19	142.05	0.20
113	0.26	113	0.26
172	0.24	172	0.24
92	2.12	92	2.12
373	1.02	373	1.02
117.10	6.37	117.05	6.36
132	1.86	132	1.86
120	5.86	120	5.86
133	2.53	133	2.53
161	2.03	161	2.03
128	0.19	128	0.19

En el análisis realizado se cuantificaron coincidencias en más de 98 % en mediciones de tiempo y en más de 95 % en mediciones de amplitud. A su vez, el rango de variabilidad promedio en mediciones no coincidentes fue de 0.015 $\mu$ V para las mediciones de amplitud y de 0.05 ms para las mediciones de tiempo. Estos datos ilustran la efectividad del sistema.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el GRAP-NFM, un sistema informático que permite emular y extender las funcionalidades del NFM, el cual proporciona un entorno cómodo para el análisis de pruebas recibidas del NFM. Este sistema brinda una solución eficaz a los técnicos y especialistas que trabajan con el NFM, permitiéndoles realizar el análisis de las pruebas sobre una interfaz más amigable, incluyendo la posibilidad de realizar mediciones por medio de marcas. Este sistema, a diferencia de otras soluciones, también permite exportar sus resultados en un formato accesible a otros sistemas. Esta aplicación se está utilizando actualmente en el Departamento de Neurofisiología clínica del Hospital Clínico-Quirúrgico "Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso" de Santiago de Cuba con buenos resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Báez Martín M, Cruz M, Cabrera Abreu I, Cabrera J, Galvizu R. Valor del Potencial Evocado Auditivo de Latencia Media en el estudio de personas con Esclerosis Múltiple Forma Brote-Remisión. Revista Ecuatoriana de Neurología. 2007 [citado 10 enero 2014]; 16 (2). Disponible en: [http://www.medicosecuador.com/revecuatneurol/vol16\\_n2\\_2007/articulos\\_original/es/valor\\_del\\_potencial\\_evocadoa.htm](http://www.medicosecuador.com/revecuatneurol/vol16_n2_2007/articulos_original/es/valor_del_potencial_evocadoa.htm)

2. Díaz Novo C, López Ríos N, Montoya Pedrón A, Carvajal Fals H. Evaluación preliminar de la marcha en individuos sanos. Universidad, Ciencia y Tecnología. 2007; 11 (44): 135-144.
3. Cabrera Abreu I, Báez Martín M, Galvizu R, Macías R, Álvarez L. Hallazgos en el potencial evocado auditivo de tallo central de pacientes con vértigo periférico. Enfermería global. 2009; 15: 4.
4. Neuropack. EP/EMG/IOM Measuring System. Nihon Kohden.
5. Morán AF, Salomón Cardona MT. Disfunción de los nervios craneales en pacientes con fractura de la base de cráneo. Rev Cub Med Mil. 2000 Abr [citado 2014 Ene 20]; 29(1): 5-11. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572000000100001&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572000000100001&lng=es)
6. Trenard E. GRAP-NFM: Graficador para el análisis de pruebas del Neuropack Four Mini [tesis de grado]. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente; 2013.
7. Ceballos FJ. Programación orientada a objetos con C++. Madrid: Rama; 1997.
8. Lam M, Sethi R, Ullman JD, Aho AV. Compilers: Principles, techniques and tools. Pearson Education; 2006.

Recibido: 4 de octubre de 2013.

Aprobado: 20 de enero de 2014.