

# SLD154 HIPERMAX PLUS 48 HORAS. SISTEMA DE ANÁLISIS DEL MONITOREO AMBULATORIO DE PRESIÓN ARTERIAL

## SLD154 HIPERMAX PLUS 48 HOURS. MONITORING AND ANALYSIS OF AMBULATORY BLOOD PRESSURE SYSTEM

Noel Pérez Diéguez<sup>1\*\*</sup>, Irma Millán<sup>2</sup>, Antonio Ball-Ilovera<sup>2</sup>, Raúl Ruso<sup>2</sup>, Lourdes Suardíaz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Central de Investigación Digital, Filial Báguano, Holguín, Cuba. [noel@icid.cu](mailto:noel@icid.cu)

Instituto Central de Investigación Digital. Filial Báguano

Calle 9na esq. a G. Báguano. Holguín.

<sup>2</sup> Instituto Central de Investigación Digital, Ciudad Habana, Cuba.

<sup>3</sup> Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras

**RESUMEN:** Se ha comprobado que el Monitoreo Ambulatorio de la Presión Arterial (MAPA) es más certero en el diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial (HTA), que la toma de mediciones puntuales en una clínica o en casa por el médico. Las mediciones realizadas y registradas automáticamente a intervalos seleccionados por el médico, durante 24 ó 48 horas, brindan una mayor visión del comportamiento de la presión arterial (PA) del paciente durante su vida cotidiana. Por otro lado los avances en las ciencias computacionales, la informática y la electrónica; han permitido la aparición de sistemas médicos cada vez más eficaces y precisos. Por esto, surge la necesidad de desarrollar una nueva versión del Sistema HiperMax Plus que actualice el análisis y procesamiento de las mediciones obtenidas en el monitoreo de los pacientes durante 24 y 48 horas. Se presenta el desarrollo de la nueva versión de firmware y programa de análisis del HIPERMAX Plus 48 Horas que aprovecha modernas tecnologías informáticas y amplía el procesamiento de la información a estudios de 48 horas. Este programa presenta tablas, gráficos de porcentajes, tendencias, histogramas, gráficos de comportamiento diario, gráficos de correlación, y cálculos realizados, utilizando las mediciones registradas durante 24 y 48 horas. El firmware adiciona funcionalidades al salvar en memoria más de un estudio sea de 24 o 48 horas. Tanto el software como el firmware han tenido en cuenta, como las versiones anteriores, criterios médicos especializados, ofreciendo una herramienta útil para la ayuda en el diagnóstico y tratamiento de la HTA.

**Palabras Clave:** Monitoreo ambulatorio, hipertensión arterial, presión arterial, Interfaz de usuario, diagnóstico, firmware.

**ABSTRACT:** It has been proven that the Ambulatory Blood Pressure Monitoring is more certain in the diagnosis and treatment of hypertension, that making spot measurements in a clinic or at home by the doctor. Measurements performed and recorded automatically at intervals selected by the doctor, for 24 or 48 hours, provide greater vision of the behavior of blood pressure of the patient during their daily lives. Furthermore advances in computer science and electronics, have enabled the development of more efficient and accurate medical systems. Therefore, is needed a new version of the Hipermax and Hipermap Plus for analysis and processing of measurements obtained in monitoring patients for 24 to 48 hours. We report the development of a new version of firmware and analysis program called HIPERMAX Plus 48 hours that leverages modern computer technologies and extending the information processing studies of 48 hours. This program includes tables, graphs of percentages, trends, histograms, daily behavior, correlation graphs and calculations, using the measurements recorded for 24 and 48 hours. The firmware adds features like save in memory more than one study of 24 or 48 hours. Both, software and firmware, have been made, as previous versions, using specialized medical criteria, providing a useful tool to help in the diagnosis and treatment of hypertension.

**KeyWords:** Ambulatory Monitoring, hypertension, blood pressure, user interface, diagnostics, firmware.

## 1. INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial (HTA) es una enfermedad que afecta al 30% de la población adulta cubana, por lo tanto resulta de gran importancia el diseño y construcción de equipos médicos que ayuden al diagnóstico, evaluación, control y tratamiento de esta enfermedad que afecta a un número tan elevado de personas. [1]

Desde finales del siglo pasado, se comenzó a trabajar en equipos portátiles de monitoreo ambulatorio de presión arterial (MAPA), que permiten la medición y el registro automático de la PA y la frecuencia cardíaca de los pacientes. Estos monitores ambulatorios portátiles se programan por el médico, para efectuar mediciones automáticas a intervalos seleccionados previamente, y permiten realizar estudios del comportamiento de la PA durante 24 ó 48 horas. Transcurrido este tiempo, el paciente regresa a la consulta, se le retira el equipo, y se transmiten a una microcomputadora las mediciones de PA registradas. [2]

Los programas de análisis de la PA aseguran la evaluación del estado del paciente, a partir del procesamiento del conjunto de mediciones de PA realizadas por el monitor, ofreciéndole al personal médico facilidades como cálculos de promedios, gráficas, resúmenes que permiten el diagnóstico, control y tratamiento de la HTA. [2]

Se ha comprobado que el Monitoreo Ambulatorio de la Presión Arterial (MAPA) es más certero en el diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial (HTA), que utilizar mediciones tomadas puntualmente en una clínica o en la casa. Las mediciones realizadas y registradas automáticamente a intervalos seleccionados por el médico, durante 24 ó 48 horas, brindan una mayor visión del comportamiento de la presión arterial (PA) del paciente durante su vida cotidiana. Además de la HTA, con el análisis de las mediciones de PA registradas, es posible estudiar aspectos relacionados con la hipertensión, entre los que podemos mencionar el efecto de bata blanca, hipertensión nocturna, hipertensión episódica y/o trastornos de ansiedad, síntomas hipotensivos, influencia de la dieta y la vida diaria en la hipertensión, hipertensión durante el embarazo y otros. [2-6]

Por otro lado, el desarrollo de las ciencias de la computación, la informática y la electrónica proporcionan las condiciones ideales para la construcción de herramientas cómodas e intuitivas, mediante las cuales los especialistas médicos analizan en detalle la información necesaria para el diagnóstico de los pacientes.

Entre estas tecnologías podemos mencionar el reconocimiento de patrones y el procesamiento digital de señales para la clasificación y análisis automático de la información, y la plataforma .NET para el procesamiento de los datos y el diseño de interfaces de usuarios cómodos e intuitivos, así como las herramientas creadas para la construcción de programas embebidos.

Se incluyen también la aparición de metodologías de desarrollo de software ágiles e iterativas, en las cuales se integran en un equipo los desarrolladores y los usuarios finales del software, en este caso ingenieros informáticos y especialistas médicos respectivamente, para obtener un producto de alta calidad y funcionalidad en un corto plazo de tiempo. Todos estos avances tecnológicos y científicos han permitido la aparición de sistemas médicos cada vez más eficaces y precisos a lo que no escapan los sistemas para el diagnóstico y tratamiento de la HTA. [7-8]

Para la construcción del programa interno (*firmware*) del Hipermax Plus 48 horas se tomaron las experiencias de las anteriores 2 versiones, tanto en el desarrollo en el laboratorio como el desempeño en los hospitales cubanos y extranjeros donde se utiliza.

## 2. CONTENIDO

### 2.1 Materiales y métodos

El *firmware* del Hipermax Plus 48 horas está desarrollado con lenguaje C siguiendo estándares de desarrollo de los Sistemas Operativos Embebidos en equipos de propósitos específicos. El mismo implementa un gestor de tareas que permite el control del acceso a los recursos de hardware del equipo, como la memoria, la pantalla, el teclado, el puerto de comunicación, los canales analógicos, la activación de la bomba y la válvula, etc.; así como el tiempo de ejecución de estos procesos o tareas.

Entre las implementaciones más importantes relacionadas con el funcionamiento del SO del equipo está la posibilidad de grabar en memoria más de un estudio a la vez, ya que la capacidad de la misma lo permite. Además se puede apagar momentáneamente para realizar alguna tarea de la vida diaria como bañarse y luego continuar el estudio.

El software fue creado utilizando la plataforma .NET con el *Visual Studio 2010*. Se siguieron diferentes patrones de diseño, tanto en la etapa de Inicio, como en la de Construcción, utilizando las facilidades de las herramientas brindadas por este paquete de desarrollo de software. El proceso de desarrollo fue basado en una metodología ágil e iterativa, inte-

grando especialistas médicos al equipo de diseño, que continuamente aportan nuevas ideas y conceptos a las prestaciones del producto.

En la primera fase del proyecto se reunió el equipo de trabajo y se obtuvieron los requisitos funcionales deseados para la nueva versión. Luego se implementó una versión prototipo, la cual fue puesta en manos de los especialistas médicos y no médicos y tomada como material de referencia para la crítica y mejora del producto. Uno de los objetivos del equipo de desarrollo, fue centrarse en lograr un producto que obtuviera el mayor provecho de la información registrada por el monitor ambulatorio y apoyado en las experiencias de las versiones anteriores, insertar entre las nuevas prestaciones funcionalidades que han sido propuestas por los médicos que lo usan diariamente.

Los requisitos iniciales con los que se implementó el prototipo, se han basado en un estudio sobre las versiones anteriores del HIPERMAP e HIPERMAP Plus y otros programas representativos que se encuentran actualmente en el mercado para el análisis del monitoreo ambulatorio de la PA. Se tuvieron en cuenta guías clínicas, que especifican las exigencias para que un estudio de PA sea válido y de calidad, como por ejemplo el Séptimo Reporte del Joint National Committee (JNC). [2-4]

Se toma como punto de partida las mediciones realizadas durante el estudio y la configuración del mismo, para poder realizar un diagnóstico y tratamiento certero. La información arrojada por estas mediciones luego será analizada por el especialista médico y para su mayor comprensión y utilización, fue organizada de la siguiente manera.

Organización de la información (Estudios de 24 y 48 horas):

- *Datos del paciente:* Abarca la información de identidad, sus características físicas y personales, como talla, peso, definición de su estado antes del estudio, hora al acostarse y levantarse. Además posee las conclusiones finales del tratamiento redactadas por el especialista, etc.
- *Resultados del estudio:* Contiene los pronósticos y porcentajes calculados y las estadísticas tomadas de las mediciones, informaciones que resultan muy útiles a los especialistas para el diagnóstico.
- *Datos de las mediciones:* Agrupa los datos de todos los registros de las mediciones de presión arterial realizadas en los intervalos establecidos durante el estudio.
- *Gráficas:* generadas a partir de los datos de las mediciones. El software realiza 5 gráficas por estudio, estas son de: porcentaje de presiones al-

tas y bajas, tendencia de las presiones en todo el día, histograma, diario y correlación.

Organización de la información (solo estudios de 48 horas):

- Un resumen con la información de los 2 días que conforman el estudio, cada uno de estos contiene los promedios, y estadísticas calculados como si fueran estudios de 24 horas separados.

Principales funciones:

- *Archivos:* Agrupa las funciones relacionadas con los archivos que almacenan toda la información de los estudios en la PC, entre las que se encuentran: Descargar un estudio del equipo a la PC, Abrir, Cerrar, Guardar, Exportar a otro Formato, Imprimir un estudio, Etc.
- *Configuración:* Agrupa las funciones de la configuración general del software y la configuración desde la PC de un estudio ambulatorio, la cual puede ser enviada al equipo, evitando tener que configurarlo manualmente. También posibilita la revisión de la base de datos de estudios local, permitiendo filtrar la información de los distintos estudios descargados o abiertos.
- *Ayuda:* Funciones de ayuda para la utilización del software y los datos sobre la versión actual.

En la captura de los requerimientos participaron especialistas con gran experiencia en el tratamiento de la HTA y el trabajo con MAPA. Las entrevistas estuvieron enfocadas en buscar las funcionalidades e información que se encontraron necesarias en el uso diario, para abarcar todas las potencialidades del análisis de la información en un estudio del monitoreo ambulatorio de la PA, así como otras que gustaron en la versión Hipermap Plus.

La Interfaz del prototipo siguió un modelo de explorador multiventanas, las que pueden ser acomodadas según la necesidad y gusto del usuario. Ésta contiene un panel, por defecto a la izquierda, el cual muestra los estudios abiertos de los que sólo puede ser seleccionado uno (figura 1). Del estudio seleccionado se pueden visualizar diversas funciones como imprimir un reporte, exportar sus datos a formato .xls o .txt, etcétera.

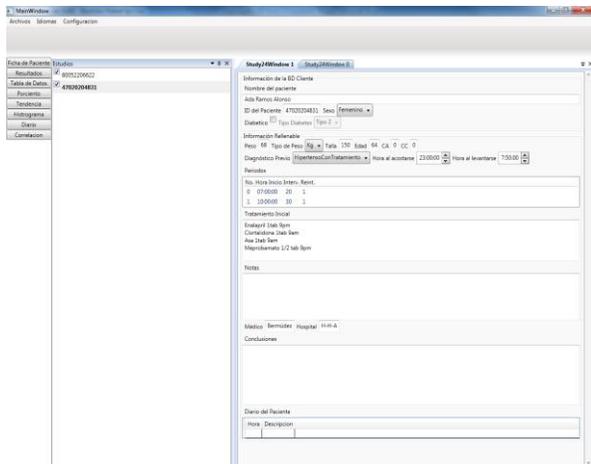


Figura 1: Ventana principal del Prototipo, con 3 estudios abiertos.

La información de cada estudio en el prototipo, fue desarrollada siguiendo un modelo de un documento con pestañas en la parte izquierda. En el caso de los estudios de 48 horas, que se componen de dos días, existe una pestaña adicional para cada día con la información, tablas de mediciones y gráficas para cada uno de estos. Esta interfaz permite mostrar varios estudios a la vez, así como gráficos correspondientes a visualizaciones de los datos de cada estudio, facilitando de esta forma el análisis y la comparación de éstos. Las funciones fueron implementadas en una barra de menús con un elemento por cada agrupación y submenús para cada una de las funciones correspondiente a la agrupación.

## 2.2 Resultados y discusión

El trabajo con los especialistas permitió obtener las especificaciones funcionales y algunas de diseño del software y *firmware* deseado. Estos fueron implementados utilizando las tecnologías previstas.

El *firmware* contiene nuevas funcionalidades que facilitan en gran medida el trabajo de los médicos en cuanto a que pueden realizar más de un estudio con el mismo equipo. Los pacientes pueden apagar el equipo cuando tenga la necesidad y continuar el estudio luego.

En el software se obtuvo una interfaz de usuario agradable en su apariencia, cómoda e intuitiva en su uso. La misma puede ser configurada según desee el usuario, para brindar una mejor comparación al analizar diferentes resultados dentro o entre estudios. Desde el programa se pueden revisar ficheros de versiones anteriores del Hipermáx.

Este presenta una alta y segura integración con el equipo HIPERMAX Plus en su nueva versión de *firmware*, debido a los protocolos de comunicación

propietarios implementados. Con el uso de éstos se logra la detección del HIPERMAX Plus48 horas conectado a una PC por puerto USB, escoger el estudio que se desea descargar y tomar de este los datos de las mediciones de PA registradas durante el estudio. Además se pueden descargar los estudios de versiones anteriores del Hipermáx desde una PC con puerto RS232.

Como una nueva prestación, se inserta la utilización de una base de datos que contiene la información de los pacientes atendidos en la institución médica, así como un resumen de los principales datos del estudio, como se muestra en la figura 2. Desde esta ventana mediante filtros se pueden realizar búsquedas dentro de los registros de los estudios, por ejemplo se puede examinar cuales fueron realizados a un paciente filtrando por su ID, la fecha del estudio, el diagnóstico, la edad u otro campo de los que se pueden utilizar en la búsqueda.

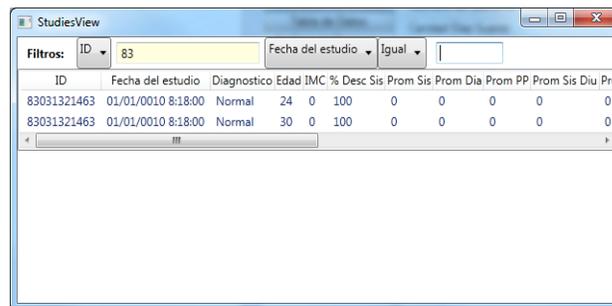


Figura 2: Ventana de información de estudios descargados o abiertos

Además se ofrece la facilidad de realizar estudios de 48 horas, incluyendo un conjunto de cálculos, promedios y estadísticas, tanto del estudio completo como de cada uno de los días que lo conforman.

La ventana que manipula la información de un estudio de 48 horas (figura 3), contiene campos desde los cuales se puede configurar y visualizar los datos del paciente y el estudio respectivamente. Como se muestra en la figura, contiene 3 pestañas superiores desde las cuales se puede acceder a la información del estudio completo o separado, el primer y segundo día. Cada una de éstas contiene pestañas laterales, desde las que se pueden revisar una serie de porcentajes y pronósticos, que ayudan al médico a diagnosticar el grado de hipertensión del paciente, hipertensión nocturna, hipertensión al despertarse, si es "dipper", "non-dipper", etc. [2-3]

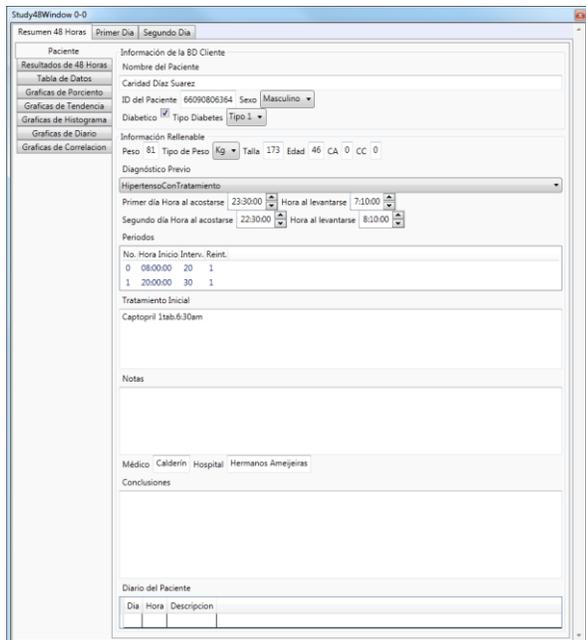


Figura 3: Ventana del estudio de 48 horas

Como parte de las funcionalidades adoptadas de la versión Hipermap Plus, se presenta la onda oscilométrica de cada medición realizada durante el estudio. Esto tiene una gran utilidad en la validación de la medición, pues puede observarse a simple vista si existen anomalías o artefactos en la señal y eliminarse del estudio mediciones, que aunque tengan valores medidos, pueden resultar erróneos. Adicionalmente es posible inferir otras patologías mediante la observación de la señal, por ejemplo, si el paciente ha presentado arritmias. [6]

El software permite mostrar todos los registros de las mediciones y pueden ser visualizadas las que fueron tomadas manualmente o de forma automática, según fue programado en el estudio. Esto facilita a los especialistas observar el comportamiento de los pacientes durante los registros. Por ejemplo: los que son tomados en consulta manualmente frente al médico o en el estudio, pueden ser objeto del efecto “bata blanca” y los automáticos fuera de consulta, realizando las actividades cotidianas.

Observando los momentos en que el paciente tiene variabilidad de PA, ya sea en la tabla de mediciones, gráficas de tendencias o de comportamiento diario; se puede inferir si el paciente presenta hipertensión episódica y/o trastornos de ansiedad. Además con la comparación de varios estudios realizados al mismo paciente, con diferentes tratamientos y cambios alimenticios se puede observar la eficacia de éstos, la influencia de la dieta, etc. También puede observarse la variabilidad en la frecuencia cardíaca durante el estudio, al poder observarse la señal oscilométrica que muestra el comportamiento

de los pulsos del paciente en el tiempo.

El monitoreo durante 48 horas, es el ideal en muchos casos, ya que evita el efecto MAPA recientemente descrito, que consiste en la elevación de la presión arterial durante las primeras horas de la colocación del MAPA. La correcta estimación de parámetros utilizados para diagnóstico de HTA, valoración de eficacia terapéutica y pronóstico de pacientes hipertensos, demuestra que dicha estimación depende en mayor grado de la duración del MAPA que de la frecuencia de muestreo. La media de la PA se puede estimar con mayor precisión cuando se extiende el tiempo de medición a 48 h, incluso reduciendo de forma importante la frecuencia de muestreo.

La medición durante 48 h presenta ventajas en el análisis de la variabilidad de la PA, el diagnóstico de HTA y la valoración de la respuesta de un paciente al tratamiento antihipertensivo. Además, puede haber cambios importantes en la PA de un día a otro, debidas en parte a diferencias en las actividades cotidianas y la influencia en estímulos externos, que al menos en parte, se pueden tener en cuenta con la medición durante 48 h. [9]

Según Hermida y Calvo [10] para los pacientes que utilizan el equipo por primera vez, un estudio de esta índole es mucho más efectivo, ya que disminuye considerablemente el efecto bata blanca y el efecto MAPA, este último se desarrolla durante las primeras 8 horas de estudio. Además durante el segundo día de estudio se puede observar una reducción significativa en la presión sistólica y diastólica; y se puede comparar el comportamiento de la PA en dos ciclos circadianos. Aunque se puede plantear, que tiene la desventaja que el paciente tiene que estar dos días con el monitor puesto, con las consecuentes molestias causadas por la medición prolongada.

Como se muestra en este trabajo el software de análisis y el equipo HIPERMAX Plus, en fin el sistema, dotan a los médicos de una herramienta precisa en el diagnóstico y manejo de la HTA. El mismo puede ser utilizado eficazmente en clínicas y centros hospitalarios, fundamentalmente en las salas y consultas destinadas al estudio, prevención, detección, evaluación y tratamiento de la HTA, así como en las consultas de hipertensión de la Atención Primaria, permitiendo realizar estudios de 24 ó 48 horas.

### 3. CONCLUSIONES

El programa realizado es una herramienta cómoda e intuitiva, que además de ayudar a los especialistas médicos en el diagnóstico y tratamiento de la HTA, permite el seguimiento de otros comporta-

mientos relacionados con la presión arterial como son: el efecto de “bata blanca”, eficacia del tratamiento médico para la hipertensión, hipertensión nocturna, hipertensión episódica y/o trastornos de ansiedad, síntomas hipotensivos, influencia de la dieta y la vida diaria en la hipertensión, hipertensión durante el embarazo, variabilidad en la frecuencia cardiaca.

El *firmware* creado le inserta al equipo Hipermax Plus 48h un conjunto de mejoras para facilitar el trabajo de los especialistas médicos y pacientes.

El sistema puede ser utilizado eficazmente en clínicas y centros hospitalarios, fundamentalmente en las salas y consultas destinadas al estudio, prevención, detección, evaluación y tratamiento de la HTA, así como en las consultas de hipertensión de la Atención Primaria.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Roca R. (2002) Temas de Medicina Interna. Editorial Ciencias Medicas, 4ta Ed; pp. 327-329.
- 2 Pose A, Calvo C, Hermida R, Pena M, Rodríguez M, Díaz J Indicaciones y valoración de la MAPA. [www.meiga.info/guias/IndicacionesMAPA.asp](http://www.meiga.info/guias/IndicacionesMAPA.asp).
- 3 Calvo C y Hermida R. Cronobiología y enfermedad cardiovascular. Med Clin (Barc.) 2005; 6: 1-78.
- 4 Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, and the National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. The Seventh Report of National Committee on prevention, Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure. JAMA 2003; 289 (19): 560-2571.
- 5 O'Brien E, Asmar R, Beilin L, Imai Y, Mallion JM Mancia G et al, on behalf of the European Society of Hypertension Working Group on Blood pressure Monitoring. European Society of Hypertension. (2003) Recommendations for conventional, ambulatory and home blood pressure measurement. J Hypertens; 21:821-48.
- 6 Ball-Ilovera A. (2003) An Experience in Implementing the Oscillometric Algorithm for the Non Invasive determination of Human Blood Pressure." IEEE.0-7803-7789-3/03/17. EMBC; pp. 1-3.
- 7 Rangaraj M. Rangayyan. (2002) Biomedical Signal Analysis. A Case-Study Approach. Institute of Electrical and Electronics Engineers

Inc.; pp. 445-487.

- 8 Archer T. (2001) A Fondo C#. McGraw-Hill/Interamericana de España por acuerdo con el editor original, Microsoft Corporation. Redmond. Washington. EE.UU.; pp.3-339.
- 9 Hermida RC., Ayala DE, Fernández JR, Mojón A, Calvo C. Influencia de la duración y la frecuencia de muestreo en la medición ambulatoria de la presión arterial. Rev Esp Cardiol. 2007;60:131-8. - Vol.60 Núm 02 DOI: 10.1157/1309945
- 10 Hermida RC., Calvo C, Ayala DE, et al. Evaluation of the extend and duration of the “ABPM Effect” in hypertensive patients. JACC. 2002;40:710-7.

#### 5. SÍNTESIS CURRICULARES DEL AUTOR

**MSc. Noel Carlos Pérez Diéguez.** calle G edificio 6 apto 9. Reparto Flora. Báguanos, Holguín, Cuba. CP 82500.



[noe@icid.cu](mailto:noe@icid.cu). Especialista B en Ciencias Informáticas, ICID. Graduado de Ingeniería Informática en la Universidad de Holguín en el año 2007, curso 2006-2007, Título de Oro. Graduado de la Maestría Nuevas Tecnologías para la Educación (NTE) septiembre 2012. Profesor Instructor de la Universidad de Holguín. 7mo Congreso Provincial de Educación Superior Universidad 2010 alcanzando. IV Evento Científico Metodológico Nacional de la Universalización de la Educación Superior, desarrollado en el municipio de Calixto García alcanzando la categoría de Mención. V Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica CLAIB 2011, como autor de los trabajos Diseño del Monitor Ambulatorio de Presión Arterial Hipermax Plus y Resultados del Monitoreo Ambulatorio de presión Arterial a 75 pacientes con el Sistema de MAPA Hipermax Plus. Ponente en Expociencia Holguín 2012 con el trabajo Sistema de Monitoreo de Presión Arterial Hipermax Plus. Participación en el 6to Simposio Internacional de Hipertensión Arterial y 4er Taller sobre Riesgo Vascular, HTA 2012, como autor y presentador del trabajo HiperMap Plus 48 Horas Programa de Análisis del Monitoreo Ambulatorio de Presión Arterial. Además del taller Hipermax Plus. Monitoreo Ambulatorio de Presión Arterial.