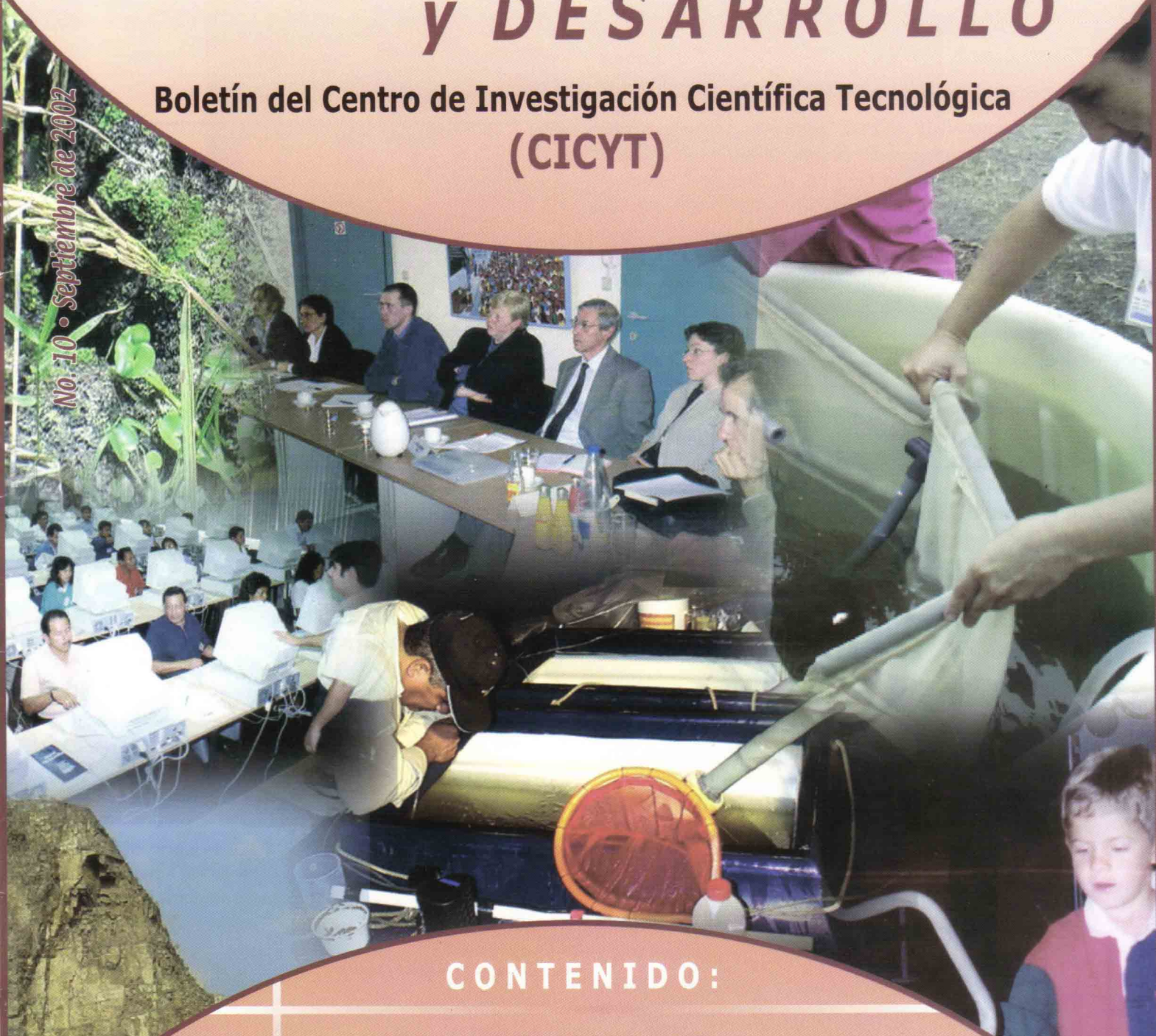


INVESTIGACIÓN y DESARROLLO

Boletín del Centro de Investigación Científica Tecnológica
(CICYT)

No. 10 • Septiembre de 2002



CONTENIDO:

- Desarrollo de un Prototipo de Holter de EKG
- Anticuerpos para el inmuno-diagnóstico de Sigatoka Negra
- Proyecto "Aplicación de la simbiosis diazotrófica entre Azolla y Anabaena (A-A) como abono verde para el cultivo del arroz en el Litoral Ecuatoriano
- El sector de los materiales en el Ecuador
- Innovación de la Educación y Mejoramiento de la Investigación
- Espacios Lúdicos Científicos • Un apoyo a la educación básica
- Manejo de problemas ambientales usando sistemas de información geográfica (GIS) en Ecuador
- La fase II del Proyecto VLIR-ESPOL: 2003-2008
- Prácticas de manejo para una acuicultura sustentable

Desarrollo de un Prototipo de Holter de EKG

Por: Ing. Miguel Yapur Auad, Profesor de la FIEC, Director del Proyecto
Ings. Francisco Novillo Parales, José Mazacón Mora

En este trabajo hemos desarrollado un prototipo de Holter de EKG, el cual es una herramienta para uso médico que permite registrar en forma continua la actividad eléctrica del corazón de los pacientes mientras efectúan sus rutinas diarias, o durante periodos de tiempo prolongados. Norman Holter fue el primero en desarrollar un sistema de electrocardiografía (EKG) continua, varias décadas atrás. Mediante el uso de esta técnica se logrará detectar la existencia de cardiopatías como las arritmias emocionales o aquellas derivadas del stress, extrasístoles ventriculares, etc. En los primeros años se comenzó utilizando la grabación en cinta magnética (cassette), después en diskettes y actualmente en memoria de semiconductores.

A partir de 1961 sale al mercado una versión de electrocardiógrafo portátil llamado Holter, cuya demanda era restringida debido a su elevado costo. Mediante este dispositivo se lograba registrar la actividad cardíaca de un paciente durante periodos largos de tiempo, según determinadas sintomatologías y después reproducir toda la actividad a través de un monitor con el cual el médico realizaba el estudio del paciente. En los últimos 40 años se ha incrementado el uso de estos equipos y se ha hecho más común su utilización en rutinas de diagnóstico.

Sin embargo, actualmente este procedimiento no está al alcance de todos los pacientes, por lo cual en este proyecto nuestro objetivo principal se basó en la construcción de un prototipo, cuya sencillez técnica en el diseño y funcionamiento electrónico del equipo, así como la factibilidad económica por su bajo costo, se podría conseguir un gran beneficio social al facilitar el acceso al uso de un Holter, a gran parte de la población de bajos recursos.

En este proyecto se muestra la forma como una señal analógica de baja energía (tal como lo es la señal cardíaca) puede ser amplificada y procesada por dispositivos electrónicos, los mismos que la preparan para poder almacenarla en un equipo portátil de audio convencional. Luego de transcurrido un tiempo establecido en el cual el paciente ha estado portando el equipo, el cassette con la información es leído por un reproductor convencional de audio. Posteriormente, la señal es digitalizada e ingresada a un computador por uno de sus puertos.

Mediante un software, la señal digital puede ser

interpretada de tal manera que el médico la visualice en el monitor emitiendo su diagnóstico o llegando a otras conclusiones, dependiendo de la utilidad que se le quiera dar.

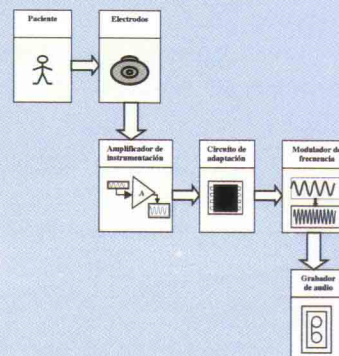
Este prototipo puede ser mejorado en algunos de sus componentes, principalmente en el tiempo de grabación de la cinta de audio, así como en la reproducción de la misma, ya que para ello se empleó equipos de audio convencionales de bajo costo existentes en el mercado. En cuanto al programa, éste podría proporcionar al usuario una herramienta que le permitiera organizadamente transportar la información almacenada en su computadora de un lado a otro, ya sea en forma de impresión o como un archivo de correo electrónico para poder intercambiar criterios con otros profesionales o centros de salud. Además, se podría mejorar el programa implementando la grabación de dos derivaciones al mismo tiempo, esto es D2 y aVR, lo cual redundaría en mayor información para el diagnóstico del médico.

EL PROTOTIPO DESARROLLADO

El prototipo desarrollado se basó en la forma como operan los sistemas Holter existentes en el mercado. Dichos sistemas están compuestos de dos partes, la portátil que es la que lleva el paciente, la cual almacena en una cinta de audio sus señales cardíacas, mientras que la otra parte es el equipo reproductor, el mismo que se encuentra en el consultorio del médico. Cada equipo está constituido por circuitos electrónicos que se describirán más adelante.

Diagrama de bloques del equipo grabador

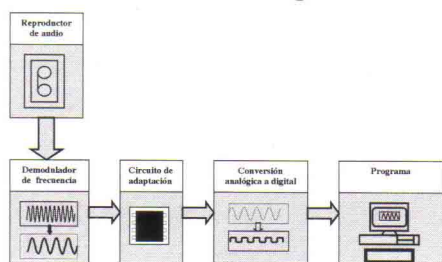
La estructura interna del dispositivo que porta el paciente fue subdividida en 4 partes:



- **Amplificador de Instrumentación:** Recibe la señal eléctrica desde los electrodos conectados al paciente y amplifica la diferencia de los potenciales bioeléctricos de la medición. Se utilizaron OpAmps (Amplificadores Operacionales) TL084, que son de bajo ruido y alta impedancia de entrada.
- **Etapa de adaptación:** Prepara la señal para ajustar los parámetros necesarios para la modulación en frecuencia. Aquí también usamos el mismo tipo de OpAmps.
- **Modulador en frecuencia:** Transforma las variaciones (VCO).
- **Grabador de cinta de audio:** Registra la señal modulada en la cinta magnética de audio convencional.

Diagrama de bloques del equipo reproductor

Este equipo se subdivide en 6 etapas:



- **Lector de cinta de audio:** Reproduce la señal grabada en la cinta magnética convencional de audio.
- **Demodulador:** Recibe la señal modulada en frecuencia desde el lector de cinta y la demodula utilizando un lazo de enganche de fase (PLL) con el circuito integrado XR215.
- **Etapa de adaptación:** Prepara la señal para ajustarla a los niveles de voltaje apropiados para la conversión analógica a digital.
- **Convertidor A/D e Interfaz al computador:** Utilizando el convertidor analógico digital ADC0808 se digitaliza la señal cardíaca para ser ingresada por el puerto paralelo del computador. Esta señal luego es tratada y graficada en la pantalla del computador, por medio de un software realizado en Visual Basic 5^R.

ALGUNOS COMENTARIOS

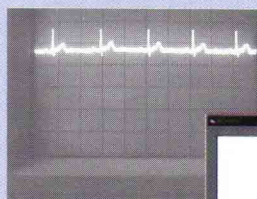
La medicina moderna exige el uso de equipos de alta tecnología para el diagnóstico y tratamiento de muchas enfermedades, pero el costo de adquisición de estos equipos en la actualidad es muy elevado, por lo que en nuestro país muy pocos profesionales y centros de salud pueden adquirirlos.

Por lo tanto, el uso de tan sofisticados equipos es restringido para la mayor parte de la población que requiere estos servicios, debido a lo oneroso que representa utilizarlos. Este es el caso del costoso equipo portátil Holter.

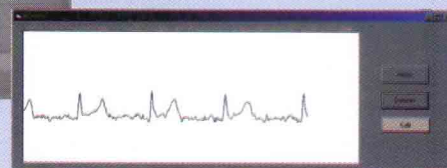
Al culminar este trabajo, obtuvimos un equipo Holter experimental de bajo costo, del cual, haciendo un análisis de sus resultados se apreció que la señal cardíaca conseguida directamente del paciente, en comparación con la señal adquirida por el computador, presenta una ligera variación en su forma. Este efecto se debe a la estructura mecánica del reproductor de audio utilizado, cuya inestabilidad en el instante de la lectura de la cinta magnética, genera señales de voltaje con frecuencias en el rango de 0.05 Hz a 100 Hz (ruido inherente del reproductor), las mismas que coinciden con las componentes armónicas de frecuencia que constituyen la señal cardíaca. Al tratar de construir un filtro capaz de eliminar este ruido, lo que se consiguió fue distorsionar la señal cardíaca porque se suprimían algunas de sus componentes armónicas fundamentales. La solución a este inconveniente la logramos con el uso de grabadoras de audio y cintas de mejor calidad.

En cuanto al programa informático con el cual se interpretan las imágenes en la computadora, se puede adaptar para aplicaciones puntuales, diversificando su uso en el campo médico. Esto tiene un gran impacto ya que con unas pocas variaciones en cuanto a las escalas y los cálculos se dispone de un sencillo osciloscopio en la computadora, el mismo que puede ser utilizado para monitorear otros parámetros fisiológicos tales como la respiración, la actividad muscular, etc.

Con el desarrollo de nuestro prototipo, hemos creado un equipo similar a los que existen en el mercado pero de muy bajo costo, con óptimos resultados en la parte electrónica y muy buenos resultados en cuanto a la visualización de la señal. Se abre así el camino para que este equipo pueda ser perfeccionado en la parte mecánica de la grabación en cinta, a un costo comercial asequible y que beneficie al cuerpo médico y a la sociedad ecuatoriana.



Señal de salida del amplificador de instrumentación



Pantalla Principal