

EL SURGIMIENTO DE LA BIOINSTRUMENTACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Mauricio Wilches Zúñiga*

RESUMEN

Este trabajo describe la génesis del área de Bioingeniería en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Antioquia, su estructura curricular y la filosofía general del proyecto de grado. Además, se hace una sinopsis de algunos de los trabajos realizados tanto en la modalidad de equipos dedicados como en la de equipos compartidos.

ABSTRACT

This paper describes the origin of the Bioengineering Area inside Electronic Engineering Department at the Universidad de Antioquia, its academic program and the general philosophy about the thesis. Furthermore, it is made a Synopsis about some jobs realized below dedicated equipment modality as well as shared equipment modality.

1. ANTECEDENTES

En el año 1979 el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Antioquia se empezó a cuestionar la dificultad que se presenta al intentar impartir formación de pregrado en tal disciplina y formar profesionales competentes en todos los campos de la

Electrónica. La solución al problema resultó ser simple:

Aumentarle el número de semestres al programa académico. Pasar, por ejemplo, de diez (actual) a doce.

Pero la solución, aparentemente lógica, resultó socialmente inaceptable. Se vio que era inconveniente porque implicaba una inversión económica excesiva, tanto para la Universidad como para el estudiante, que el mercado laboral no estaba dispuesto a compensar. Se trataba, en síntesis, de formar un superprofesional que el medio, probablemente, no necesitaba.

Una segunda alternativa de solución al problema que plantea el surgimiento incontrolado de nuevas tecnologías derivadas de la electrónica y la imposibilidad de incorporarlas al currículo, que fue la que seguimos, consistió simplemente en la diversificación de éste. Es decir, se pasó de un esquema en el que todos los estudiantes tenían que aprobar los mismos cursos a otro flexible en el que existe un núcleo básico igual y áreas electivas al final. Así nació el área de Bioingeniería, en el Departamento de Electrónica, como una de cuatro áreas de énfasis.

* Ingeniero Electrónico. MSC Ingeniería Biomédica. Profesor del Departamento de Ingeniería Electrónica, Área de Bioingeniería, Universidad de Antioquia. e-mail mwilches@atenea.udea.edu.co

2. CURRÍCULO DEL ÁREA DE BIONGENIERÍA

Los estudiantes que escogen la Bioingeniería como su área de énfasis están obligados a tomar una serie de cursos específicos y a realizar el proyecto de grado siguiendo lineamientos de la misma. Los cursos obligatorios son:

- Bioingeniería I y Laboratorio (Química general y orgánica; además, fundamentos de electroquímica).
- Bioingeniería II y Laboratorio (Fundamentos de Biología General y Celular, Genética e Histología).
- Bioingeniería III y Laboratorio (Bioquímica).
- Bioingeniería IV y Laboratorio (Fisiología)
- Bioinstrumentación I (sensores transductores, amplificadores de instrumentación, sistemas de tierra, etc.).
- Bioinstrumentación II (instrumentos para laboratorio clínico).
- Bioinstrumentación III (equipos para la producción de imágenes y equipos para radioterapia).
- Trabajo en proyecto.

Existe una serie de cursos que no tienen el carácter de obligatorios pero que se recomienda a los estudiantes que los tomen, al menos algunos de ellos; se les considera como electivos; ejemplos de éstos son:

- Acondicionamiento de Señales.
- Procesamiento Digital de Señales.
- Procesamiento Digital de Imágenes.
- Arquitectura y Programación de Microprocesadores.
- Biofísica.

3. EL TRABAJO EN PROYECTO

El Trabajo en Proyecto (o proyecto de grado) es la columna vertebral del área. Los cursos

que toman los estudiante, tanto los obligatorios como los electivos, no persiguen otra cosa que sentar las bases de un conocimiento científico y tecnológico adecuado que les permita tanto enfrentar y desarrollar exitosamente su proyecto de grado como ejercer idóneamente su profesión de Ingeniero Electrónico con énfasis en Bioingeniería.

El tema específico sobre el cual va a versar el proyecto de grado lo concretan los estudiantes con la coordinación del Área y disponen hasta de dos semestres académicos para culminarlo con éxito. El espectro de los temas que se pueden escoger es muy amplio. No es ilimitado, porque existen severas restricciones logísticas y financieras que dificultan (por no decir que imposibilitan) la experimentación en ciertos temas.

Debido precisamente a problemas de costos, y con el fin de comercializar la mayor cantidad posible de los proyectos realizados, se ha trabajado preferiblemente en el concepto de desarrollo de software para equipos compartidos", en oposición al concepto de "equipos dedicados" que son mucho más costosos.

El concepto de equipo compartido prácticamente lo hemos supeditado al PC. Es decir, partimos del supuesto de que en un consultorio médico, por sencillo que sea, se dispone de un PC relativamente bien configurado. Según esta premisa, lo que se requiere es producir módulos de captura para la aplicación particular, y un software para manipular, analizar y desplegar la información. De acuerdo con esta filosofía, el PC que básicamente servía para llevar la historia clínica de los pacientes, realizar ciertos procesos contables, controlar el fax, buscar acceso a Internet y oficiar como editor

de texto, se convierte ahora en un poderoso bioinstrumento capaz de realizar dos o tres tareas, relativamente complejas, añadiéndole simplemente las tarjetas adecuadas para adquirir los datos y el software pertinente.

4. REALIZACIONES

El laboratorio de bioinstrumentación de la Universidad de Antioquia tiene su sede en la Facultad de Ingeniería de la misma. Dispone de un área física razonable y de unas instalaciones eléctricas y un sistema de tierra realmente excelentes. Durante el presente decenio se han desarrollado un conjunto de proyectos clasificables en dos grandes grupos: Equipos dedicados y equipos compartidos.

4.1 *Equipos dedicados*

Los instrumentos realizados con esta filosofía no guardan ninguna relación entre sí, o al menos muy poca. Cada uno de ellos fue diseñado en forma independiente y para cumplir un fin específico, aportándole poco o nada los unos a los otros. Dentro de este grupo se destacan:

4.1.1 Equipo de terapia tumoral

Este instrumento se desarrolló a partir de una especulación muy atractiva: Si diferentes señales de RF (radio frecuencia) de cierta potencia son capaces de generar efectos histológicos indeseados como crecimiento incontrolado de un tejido (tumores), puede esperarse que ese mismo tejido, sometido al efecto de un campo magnético "ordenador" (un campo intenso producido por otra señal de RF modulada por una señal de muy baja frecuencia, digamos 5 o 10 Hz) pueda revertir, al menos parcialmente, el efecto nocivo del primer campo.

El equipo consta de un conjunto de bobinas organizadas por segmentos, de tal manera que emulan un toroide dejando un área libre en el centro en donde se coloca la extremidad (brazo o pierna) a la cual se le desea aplicar el campo ordenador. El resto del instrumento lo conforman el oscilador y amplificador de RF, un generador de tonos de frecuencia variable, un mezclador, un control automático de ganancia, la fuente de alimentación y un panel de control.

Con el apoyo financiero de la clínica del Dolor en el Hospital Universitario San Vicente de Paul, se construyeron dos unidades de un nuevo prototipo, con sustanciales mejoras, a las que se les agregó un brazo mecánico para manipular las bobinas y poder llegar a otros órganos diferentes a las extremidades.

4.1.2 Equipo de electroanalgesia y electroterapia

Se trata de un equipo multifuncional (veinte funciones) con el cual se pueden realizar un conjunto de acciones como: electroestimulación, electroacupuntura, electroanalgesia y diferentes grados de electroanestesia. Ideal para cirugía exploratoria y odontológica.

La etapa más importante del sistema es, sin lugar a dudas, la de aislamiento eléctrico que le confiere una excepcional seguridad en su operación (mínimos riesgos de macro o microshock). Además de una poderosa fuente de alimentación, la unidad contiene un conjunto de generadores, moduladores, mezcladores, amplificadores y filtros. Posee una excelente etapa de control y un panel frontal muy amigable.

4.1.3 Monitor de apnea para neonatos

Es un instrumento diseñado para monitorear, en neonatos o bebés muy jóvenes, la rata respiratoria y la señal

electrocardiográfica. La rata respiratoria, o su ausencia si se presenta un episodio de apnea, se detecta con un sensor no invasivo (es decir, que no toca al bebé) que se coloca debajo del colchón de la cuna. El ECG se captura con un canal electrocardiográfico que termina en una salida análoga que permite hacer el despliegue en un osciloscopio de alta velocidad, un registrador de eventos fisiológicos rápidos o un monitor para ECG.

La fortaleza de este equipo es indiscutiblemente su carácter no invasivo. Los episodios de apnea permitidos se pueden fijar en 10, 15 ó 20 segundos, después de los cuales se activan todas las alarmas. Si se desea es posible hacer un registro de la señal respiratoria. Para simplificar la etapa de aislamiento eléctrico a la entrada del módulo electrocardiográfico se decidió alimentarlo con baterías de 9V, de tal manera que el único aislamiento existente en dicho módulo está presente en la salida hacia el instrumento que se encarga de realizar el despliegue del ECG.

Este instrumento se ganó el primer premio, categoría tecnología, en la "Primera Feria Metropolitana de la Ciencia y la Tecnología", realizada en Medellín en noviembre de 1995.

4.1.4 Despliegue electrocardiográfico sobre la pantalla de un T.V.

Se trata de una tarjeta que intercomunica un canal electrocardiográfico con un televisor, de tal manera que se pueda desplegar el ECG sobre la pantalla del T.V. cuando se sintonice el canal 4.

La tarjeta, además de su correspondiente fuente de alimentación contiene un oscilador, un modulador, un mezclador, filtros, varios circuitos de sincronismo y

lógicamente, un canal electrocardiográfico (alimentado por baterías de 9V para evitar la utilización de una costosa etapa de aislamiento).

Debido a que el televisor es un instrumento bastante "rígido" y de baja resolución, hace un despliegue muy pobre de la señal electrocardiográfica, sobre todo lo pertinente a la información temporal.

4.1.5 Bioagitador

Es un instrumento diseñado, principal pero no únicamente, para laboratorios clínicos. Incorpora dos modos importantes de operación, el rotacional y el vibracional, en un solo dispositivo con lo cual se logra un importante ahorro de dinero.

El sistema posee un solo motor paso a paso (steper motor) con un ingenioso sistema mecánico de selección y transmisión del movimiento a dos ejes diferentes, de tal modo que uno produce movimiento rotacional en el plano X-Z y el otro movimiento vibracional en el eje Y. La tarjeta de control, además de permitir la selección del modo de agitación, permite programar la velocidad y el tiempo de agitación.

4.1.6 Fotómetro

Es un colorímetro muy sencillo en el cual la parte más costosa de los colorímetros comerciales (fuente -detector) se reemplaza por una pareja LED -fototransistor de muy bajo precio. La cercanía lograda entre la cubeta y la muestra, la fuente (el LED) y el detector (el fototransistor) es tan grande que no se requiere óptica adicional y simplifica considerablemente la electrónica.

A pesar de ser un instrumento aparentemente monocromático (aunque no del todo porque el LED tiene cierto espectro) el diodo seleccionado, verde, emite una longitud de

onda que es absorbida por la mayoría de las sustancias de interés para los exámenes de química sanguínea.

4.1.7 Agitador magnético

Este agitador no posee ejes de ningún tipo que muevan la muestra. En vez de ellos, en el recipiente que contiene la muestra que se desea agitar, se coloca en el fondo una barrita magnetizable. Cuando el sistema se activa, el motor, que tiene acoplado en el extremo libre del eje un imán circular, produce un campo electromagnético importante que permite el desplazamiento circular de la barrita a una velocidad proporcional a las r.p.m. del motor. Además, entre el imán acoplado al eje del motor y la base en donde descansa el recipiente con la muestra (líquida o gaseosa) está presente una resistencia térmica que permite calentar la muestra a la temperatura deseada (dentro de un rango) .

4.1.8 Generador electrocardiográfico

Este instrumento tiene grabadas en memorias PROM las formas de onda correspondientes a las derivaciones electrocardiográficas estándares I, II y III y las aumentadas aVR, aVL y aVF, las cuales puede entregar, previa selección de una de ellas, a través de una salida de 50W y una conexión BNC. Además de la derivación, se puede variar la rata cardíaca y la amplitud de la onda.

4.2 Equipos compartidos

La idea básica de la modalidad compartida radica en la utilización de una o más partes de equipos preexistentes, sin darle importancia a que lo compartido sea un elemento del hardware o del software. Las más de las veces el instrumento seleccionado para compartir algo con él es un computador personal (PC). Algunos de los trabajos realizados dentro de esta modalidad son:

4.2.1 Módulo de captura de variables fisiológicas en animales

El sistema consta de una tarjeta que contiene siete canales fisiológicos distintos (ECG, EMG, presión epigástrica, desplazamiento, temperatura corporal, peristaltismo y un canal libre para habilitarlo posteriormente), cada uno con su propio sistema de acondicionamiento de la señal, que comparten un PGA (amplificador de ganancia programable, que incluye un multiplexor y un circuito "sample and hold"), un convesor análogo-digital y un manejador de interface serial para intercomunicarse con el PC.

El software del sistema permite almacenar correctamente la información que proviene de cada canal, para luego desplegarla y/o post-procesarla realizando el tipo de análisis que se requiera.

4.2.2 Transmisión por radioteléfono del ECG hacia un PC

El sistema consta de un módulo electrocardiográfico conectado a un conversor análogo-digital, cuya salida se lleva directamente al transmisor del radioteléfono existente en la ambulancia. Una vez se radie el ECG , se recoge en un receptor ubicado en el hospital, cerca de o incorporado a un PC en el cual se hace el almacenamiento, despliegue y análisis respectivo.

4.2.3 Transmisión telemétrica del ECG en ejercicio hacia un PC.

Se utiliza una tarjeta pequeña colocada en un cinturón especial que lleva el paciente, la que contiene un módulo de captura ECG, un modulador y un pequeño transmisor.

En el PC, o muy cerca de él, se instala la tarjeta receptora que contiene, como es lógico, un

pequeño receptor, un demodulador, un amplificador, un filtro, un conversor análogo-digital y un manejador de puerto serie para enviarle al PC la información respectiva a través de tal puerto.

4.2.4 Módulo procesador de voz para terapias de lenguaje infantil utilizando un PC.

El sistema contiene dos partes muy importantes: El software y el hardware. El primero utiliza una plataforma de trabajo WINDOWS bajo la cual se ejecutan una serie de aplicaciones, entre las cuales se destaca una de programación gráfica y ambiente virtual llamada LabView (producida por la National Instrument). Algunas de las aplicaciones residentes en este paquete se utilizan directamente.

Por otro lado, el hardware consta de una tarjeta, implantable en una ranura libre del mother board del PC, que contiene dos canales independientes. Uno se utiliza para patronar el equipo introduciendo, con la voz de un niño normal, la información sobre el fonema que se quiere evaluar. El otro se utiliza para procesar la voz del niño que tiene problemas de dicción asignándole a la información contenida en cada canal un

icono. Cuando la información contenida en cada canal es muy disímil, los iconos no se parecen; pero a medida que el niño con problemas mejora su pronunciación el icono que genera se va pareciendo cada vez más el que le corresponde al patrón, hasta igualarlo cuando el problema de dicción desaparece.

4.2.5 Audiómetro Digital mediante el empleo un PC.

Este instrumento es una combinación de software y hardware. El primero se desarrolló en un ambiente WINDOWS para aprovechar su compatibilidad con Visual Basic y Lenguaje C++, este último utilizado como lenguaje de programación.

El hardware es una tarjeta implantable en una ranura libre del mother board, diseñado para compartir la electrónica existente dentro del PC. El conjunto software-hardware se convierte en un poderoso instrumento que permite realizar audiometrías clínicas y musicales en un rango de frecuencias comprendido entre 25 y 20.000 Hz. Además, si el PC está pegado a una red con acceso a Internet, puede enviar el resultado de la audiometría a la dirección que se estipule.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGEL, Rubén; MUÑOZ, Luz Marina y CORREA, Jairo. *Equipo Magnetodinámico para terapia Tumoral*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1992.
- ARISTIZÁBAL, Vladimir. *Transmisión de una señal eletocardiográfica radiada con modulación digital*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1996.
- ESTRADA, Jorge y GARCÍA, Nicolasa. *Generador Electrocardiográfico*. Tesis de grado Universidad de Antioquia . 1994.
- GIRALDO, Aracelly; GIRALDO, Mauricio y HERNÁNDEZ, Blanca. *Visulizador de variables fisiológicas en animales por computadora*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1994.

- LÓPEZ, Beatriz y GARCIA, Javier. *Procesamiento de voz*. Tesis de grado Universidad de Antioquia 1996.
- LÓPEZ, Shneider. *Agitador magnético*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1996.
- MEJIA, Octavio y RUA, Nelson. *Equipo de Electroanalgesis*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1992.
- OSORIO, Germán y YEPES, Maribel. *Bioagitador múltiple CVT*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1994.
- PALACIO, Albeiro y HERNANDEZ, Mauricio. *Audiómetro Digital con PC bajo Windows*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1996.
- REBOLLEDO, Orlando y GOMEZ, Luis. *Detector de apnea para neonatos*. Tesis de grado Universidad de Antioquia. 1995.
- SIERRA, Leonel. *Fotómetro*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1996.
- SILVERA, Virgilio; ESCOBAR, César y OSORIO, Gabriel. *Transmisión de una señal electrocardiográfica a través de la línea telefónica*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1991.
- VALLEJO, Carlos; GAVIRIA, Roberto y GARCES, Mario. *El electrocardiograma en su T.V.* Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 1996.