

Proyectos de Ingeniería Biomédica Tecnologías desarrolladas en la Universidad disponibles para el país

FS03025, 3 de marzo de 2003, actualizado 14 de abril de 2004

Ing. Franco Simini¹, Dr. Héctor Piriz², Ec. Carlos Scarone³

Se describen 24 prototipos de equipos médicos realizados de 1987 a 2003 para satisfacer la demanda instrumentos de diagnóstico de grupos médicos del país y del Hospital de Clínicas en particular. Mediante un esfuerzo promedio de 21 meses-persona y con la compra media de U\$S 4000 de elementos, se obtienen prototipos de valor aproximado U\$S 74000. La viabilidad comercial de estos prototipos estaría respaldada por la amortización del costo de desarrollo, por la originalidad de sus funciones ajustadas a las necesidades locales y por su potencial de difusión en el MERCOSUR. Se analizan las causas de que esta riqueza tecnológica no haya trascendido el ámbito académico en la medida de lo esperado para transformarse en propuestas productivas significativas.

INTRODUCCIÓN

La importancia del sector Salud en la sociedad uruguaya es conocida. El elevado gasto comprende no solamente la formación de técnicos y su desempeño cotidiano, la infraestructura edilicia, los fármacos y demás insumos, sino también al equipamiento médico. Además la creciente tecnificación contribuye a elevar los costos de mantenimiento y obliga a poner en marcha costosas acciones de certificación y control de la seguridad de los instrumentos aplicados a pacientes en instituciones estatales y particulares.

El desarrollo de equipamiento médico está muy estrechamente vinculado a la investigación médica y depende de fuerzas a veces antagónicas de la epidemiología y del mercado de servicios de salud. Este desarrollo de equipos deriva directamente del aporte de grupos académicos. Debido a sus características, la producción de aparatos biomédicos se limita en general a series muy pequeñas y el valor agregado de ingeniería es preponderante frente a los costos de producción. Por esta razón se puede decir que esta industria tiene muchos puntos en común con la artesanía.

En Uruguay, existe una larga tradición de excelencia científica y de sólida formación que abarca la ingeniería y el campo médico. Gracias a esta ventaja comparativa en la Región, la carencia de capitales disponibles para emprendimientos productivos no es un camino sin salidas, ya que se pueden buscar nichos de actividad con una alta proporción del valor del producto final atribuible al proyecto y al desarrollo de soluciones tecnológicas y baja proporción en inversión estructural y en elementos constitutivos. El desarrollo de equipos biomédicos podría ser una de estas oportunidades, si el país la supiera instrumentar.

En el marco de la importancia del tema y ante la existencia de capacidades técnicas innegables, desde 1985 las Facultades de Medicina e Ingeniería han unido sus esfuerzos mediante la creación del Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB) con la finalidad de fomentar y dar continuidad en materia de equipos biomédicos. En esta publicación se presentan los prototipos desarrollados con la perspectiva de su producción para el mercado regional. La Facultad de Ciencias Económicas ha iniciado el estudio de estas propuestas desde el punto de vista de su viabilidad comercial, lo que se

realizó desarrollando planes de marketing específicos para cada uno de los productos evaluados.

LOS PROYECTOS DEL NIB

Para encarar un proyecto de desarrollo de un equipo, el NIB descarta toda replica de propuestas válidas presentes en el mercado. En efecto, la reincidencia en poner a punto un equipo que ya tiene varios años de ventaja no presenta ninguna perspectiva. Para ser encarado, el proyecto debe tener algún aspecto de originalidad.

En segundo lugar se debe poder constituir un fuerte equipo multidisciplinario que respalde la propuesta y que garantice su utilización, en el ámbito de una investigación biomédica o en la práctica clínica. En efecto, la prueba real del prototipo es el primer paso hacia el desarrollo de una propuesta productiva. El equipo clínico es en general el que plantea un problema, asociado a su línea de investigación, que no puede resolver fácilmente. En la interacción multidisciplinaria se define luego el alcance del estudio, que puede resolverse o bien con equipos disponibles en el mercado, con el descarte de la propuesta o finalmente con el planteo concreto de un equipo a desarrollar. El estudio de factibilidad concluye esta etapa preliminar de evaluación y acuerdo multidisciplinario.

La tercera condición es la disponibilidad de personas y de recursos para el desarrollo. Las dimensiones del emprendimiento pueden llevar a fragmentarlo en proyectos separados. Los proyectos son asignados a grupos de tres profesionales en formación, coordinados por docentes. La materia "Proyecto" de la carrera de Ingeniería Eléctrica ha constituido el marco más frecuente, pero el NIB ha recurrido también a estudiantes del Instituto de Computación y a la Carrera de Perito en Electrónica. La Maestría en Ingeniería Biomédica incluye un proyecto de esta envergadura como trabajo final.

Los recursos utilizados fueron obtenidos de fuentes diferentes, vinculadas a veces al grupo clínico interesado en su desarrollo. Es el caso de los equipos para el estudio del recién nacido que fueron costeados por el CLAP y algunos de los instrumentos de control continuo de pacientes graves financiados por el Departamento de Medicina Intensiva del Hospital de Clínicas en la ejecución de subsidios a su investigación. Sin embargo, en general las realizaciones fueron posibles gracias a la obtención de un fondo específico "Desarrollo de la Ingeniería Biomédica" otorgado mediante concurso por el CONICYT (proyecto CONICYT/BID número 98). En 2003 el NIB gana por concurso una financiación para perfeccionar SICTI, un sistema de registro y evaluación de calidad para Medicina Intensiva.

ALCANCES Y DIMENSIONES DE LOS PROYECTOS

Un equipo biomédico es una solución tecnológica para un problema de medida de algún parámetro del paciente (variable fisiológica o imagen), para cumplir un tratamiento o para sustituir alguna función que el paciente no puede realizar. El primer grupo comprende los aparatos de diag-

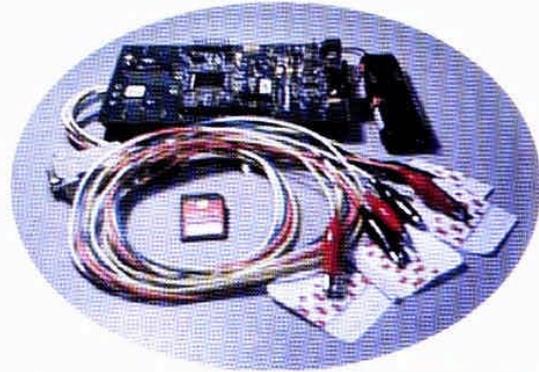
nóstico que extraen información primaria, procesan datos y generan informes. El segundo grupo abarca por ejemplo las bombas de infusión continua. El tercer grupo, conocido como prótesis, incluye el marcapasos cardíaco como representante emblemático.

Por lo tanto, del punto de vista tecnológico el equipo biomédico recorre una amplia gama de tecnologías mecánicas, electrónicas, informáticas y de materiales, todas puestas al servicio de un objetivo muy particular: permitir el ejercicio de la medicina con niveles crecientes de eficiencia, complejidad y resultados. En su diseño intervienen aspectos de seguridad del paciente, de la fisiología humana y de los objetivos terapéuticos perseguidos, sumado a los temas puramente de ingeniería.

Como en otros campos de la ingeniería, en Ingeniería Biomédica la integración de partes Standard permite concentrarse en el valor agregado específico del equipo. Se incorporan por lo tanto elementos existentes en sistemas digitales, circuitos de adquisición de señales, motores de pasos y sus controladores, entre tantos otros. Es importante recalcar que esta actividad de desarrollo se lleva a cabo en constante cooperación con el cuerpo médico, fuente de inspiración y colaborador permanente en todas las etapas de proyecto y evaluación. La inventiva y la originalidad no pueden surgir de un entorno industrial o de un estudio aislado, sino que derivan de la presencia en entornos clínicos. La Tabla 1 muestra un resumen de los prototipos desarrollados desde 1985 donde para cada equipo se indica la utilización posterior en entorno clínico.

Describiremos aquí las características salientes y la motivación para el desarrollo de algunos de los prototipos más recientes.

DADO DE DATOS (DDD) Esta propuesta reúne los prototipos ADQCAR, CLASICAR Y CARDIDENT para ofrecer una solución a la adquisición, identificación y análisis de señales biológicas en un equipo autónomo de muy



ADQCAR Grabador de señales biológicas en tarjetas "flash". La implementación que se muestra aquí es un Holter digital con posibilidad de procesamiento de las tres señales de electrocardiograma (ECG) durante más de 24 horas. Foto Borca-Duarte-Rodríguez.

pequeñas dimensiones. Las aplicaciones abarcan desde la investigación animal en agropecuaria hasta los estudios IMPETOM El seguimiento del edema de pulmón (agua en el pulmón) es difícil y se recurre a placas de tórax cuando el paciente puede ser movilizado. Es un procedimiento caro y engorroso que permite únicamente tener imágenes a intervalos de horas o de días. IMPETOM, mediante una cinta ajustada alrededor del paciente, permite lograr imágenes con gran facilidad, bajo costo y por lo tanto en forma frecuente. A pesar de existir varios años de investigación en el mundo en esta tecnología, aun en 2003 no existe ninguna oferta comercial concreta disponible.

MONICLI Este prototipo tiene la particularidad de reunir en un único equipo las señales biológicas obtenidas

CONSTRUIMOS EL URUGUAY

REALIZANDO

LOS SUEÑOS

DE TODOS

Ministerio de Transporte y Obras Públicas

TABLA 1 - EQUIPOS BIOMEDICOS DESARROLLADOS 1985 - 2003

Año	Nombre		
1987	MECVENT		
1989	TACONATAL	Amplificador de latidos neonatales	Pendiente de revisión
1990	MONSE	Monitor pacientes graves	Incorporado a la asistencia hasta 2001
1989	ADSE	Interfaz de adquisición de señales	Incorporado a la investigación
1990	VESTI	Estímulo y análisis respuesta ocular	Incorporado a la asistencia
1992	AUTOVENT	Control de ventilador de pacientes	Pendiente de revisión
1993	NUCLIMAGEN	Presentación imágenes en multiplataforma	Incorporado a la asistencia hasta 1998
1994	FARCAR	Control perfusión y análisis de señales	Incorporado a la investigación
1995	MONRES 94	Monitor respiratorio sensible al tacto	Pendiente de revisión
1996	IMPEMAT	Medida de impedancia eléctrica	Pendiente de revisión
1997	CALORNAT	Control de temp. de incubadoras abiertas	Pendiente de revisión
1997	VARFRE	Monitor de variabilidad del pulso fetal	Disponible (versión DOS)
1999	ESPECAR	Espectro de potencia del pulso	Pendiente de revisión
2000	SICTI	Historias Clínicas de Medicina Intensiva	Incorporado a la asistencia
2001	CLASICAR	Clasificador de complejos QRS	Disponible
2001	MONICLI	Monitor no invasivo	Incorporado a la asistencia
2002	IMPETOM - I	Reconstrucción tomográfica	Pronto para integrar IMPETOM
2002	ADQCAR	Adquisición de señales en tarjeta flash	Disponible
2002	IMPETOM - C	Circuito para tomografía de impedancia	Pronto para integrar IMPETOM
2002	CARDIDENT	Identifica y clasifica complejos QRS	Disponible
2002	PESOPAC	Monitor de peso sin retirar de la cama	Incorporado a la asistencia
2003	PREMAX	Medida ambulatoria de presión respiratoria	Incorporado a la asistencia
2003	IMPETOM	Tomógrafo de impedancia eléctrica	En desarrollo

por métodos no invasivos de un paciente en terapia intensiva, como los parámetros respiratorios, oximetría de pulso y electromiograma de superficie. La oferta comercial propone equipos separados y MONICLI los integra por primera vez además de generar informes de situación para alimentar la Historia Clínica a través de la red local (LAN).

SICTI Programa de historia clínica y de control de calidad de la atención en centros de Medicina Intensiva. Su particularidad es que no se limita a aspectos administrativos, si no que pone énfasis en la calidad de atención brindada, comparando acciones reales con las indicaciones del médico y dando resúmenes acerca de grupos de pacientes asistidos en una institución.

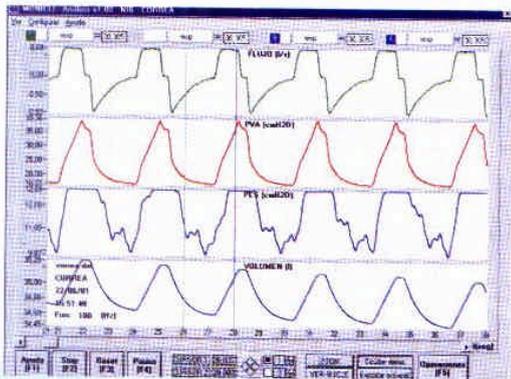
PESOPAC Esta propuesta es altamente competitiva debido a su concepto moderno de conexión a la red local del

Hospital y al tratamiento complejo del peso que excluye automáticamente toda variación no atribuible al paciente. Su campo de aplicación son los Centros de Diálisis, los centros de Quemados y las camas de Medicina Intensiva.

La validez de las propuestas fue avalada por el uso de los prototipos en la clínica por parte de médicos que participaron en su concepción inicial o que estaban en su entorno profesional. El reconocimiento externo fue dado por ejemplo por la selección de todos los proyectos presentados a la exposición EUREKA en el Palacio Legislativo en 2002: de 60 proyectos aceptados, 4 eran del NIB que condensó en ellos 7 prototipos de los años 2001 y 2002.

FRACASO DE ASIMILACIÓN PRODUCTIVA EN LA DÉCADA DE 1990

Gracias al ya mencionado aporte del CONICYT/BID, que permitió llevar a cabo varios de los equipos aquí reseñados, se ofreció a los proyectistas de prototipos la posibilidad de



MONICLI Pantalla de monitoreo de señales obtenidas en forma no invasiva de un paciente en terapia intensiva. Las señales presentadas aquí son el flujo aéreo, la presión en la vía aérea, la presión esofágica y el volumen corriente de un paciente en terapia intensiva. Foto Alonso-Ciganda-Díaz.



PESOPAC Sistema para el registro continuo del PESO de un paciente sin necesidad de moverlo de la cama. Se eliminan todas las variaciones de peso derivadas de objetos o personas que se apoyen en la cama. PESOPAC registra la evolución del peso en informes para la historia clínica y se integra a la red local del Hospital. Campos de aplicación en Salas de Diálisis, Centros de Quemados y en Unidades de Cuidados intensivos. Foto Haim-Hernández-Suárez



replicarlos como primer actividad de una empresa naciente. La inversión requerida se limitaba al trabajo de armado y de búsqueda de clientes, ya que los insumos eran costeados por el Proyecto. Se fomentó de esta manera la producción inicial y la difusión en instituciones docentes médicas y en consultorios particulares. Esta posibilidad fue aprovechada por pocos proyectistas que sin embargo tenían entre manos un prototipo exitoso. A lo largo de los años 1993 hasta 2001, no se creó ningún emprendimiento duradero con este mecanismo. En cambio, gracias a la inversión independiente fueron producidos tres ejemplares de MECVENT que siguen en uso clínico. Otros emprendimientos financiados del mismo modo tuvieron éxito regional como los equipos para fisioterapia (MAGI Ltda) y los ventiladores para investiga-

ción (SAMAY del Ing. Martín Vallarino), ambos desarrollados en forma colateral al NIB.

Como se ve, la propuesta de extensión del conocimiento producido en la Universidad fracasó en la década de 1990. En primer lugar se debe mencionar como causa la coincidencia con una década (1991-2000) de grandes facilidades macroeconómicas para la incorporación de equipos importados. Se suma a esta posible causa el carácter paternalista del fomento que requería del potencial empresario la única inversión de su tiempo ya que los materiales eran adquiridos por el NIB. Otra posible razón del fracaso es que los objetivos de los destinatarios de la ayuda (los propios proyectistas) no incluían necesariamente realizaciones empresariales a sus logros técnicos. Quizás haya faltado entonces el actor apropiado con capacidad de planificación y de inversión.

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE PROYECTOS

De los más de veinte proyectos realizados desde 1985, nos limitamos aquí al estudio de los últimos cuatro años, con vistas a aventurar alguna conclusión numérica. La unidad de estudio es el proyecto realizado por un grupo de profesionales en formación que en algunos casos no es más que una parte del prototipo de equipo clínico. Por ejemplo IMPETOM está siendo desarrollado en tres etapas, la última prevista para fines de 2004.

De la tabla 2 se deduce que mediante un esfuerzo promedio de 21 meses-persona y con la compra de U\$S 4000 de elementos, se obtiene un prototipo de valor aproximado U\$S 74000. Esta evaluación se basa en el costo de U\$S 20 asignado a la hora de trabajo del profesional en formación. El precio de venta de equipos similares a los aquí desarrollados se ubica cómodamente entre el costo de los componentes adquiridos y el "valor" asignado en la tabla 2. La viabilidad de emprender la duplicación de estos prototipos estaría respaldada por la amortización del costo de desarrollo, que en definitiva es la diferencia entre el "Valor" y el costo de componentes.






**CEMENTOS
ARTIGAS**

**COMPANÍA URUGUAYA
DE CEMENTO PORTLAND S.A.**



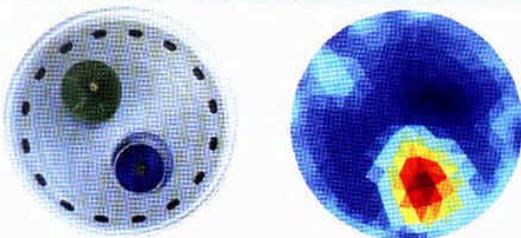



María Orticochea 4707 / Tel.: 309 2810 / Fax: 307 1178 / E-mail: pi@cartigas.com.uy

TABLA 2 - COSTOS DE DESARROLLO DE PROTOTIPOS 1999 - 2003

Año	Nombre		Valor miles US\$	Compras miles US\$	Meses- persona
1999	ESPECAR	Espectro de potencia del pulso	62	2.2	19
2000	SICTI	Historias Clínicas de Medicina Intensiva	66	6.0	19
2001	CLASICAR	Clasificador de complejos QRS	78	1.8	25
2001	MONICLI	Monitor no invasivo de señales	81	14.9	25
2002	IMPETOM-I	Reconstrucción tomográfica	89	8.3	25
2002	ADQCAR	Adquisición de señales en tarjeta flash	113	0.5	33
2002	IMPETOM-C	Circuito para tomografía de impedancia	80	0.7	25
2002	CARDIDENT	Identifica y clasifica complejos QRS	63	4.2	18
2002	PESOPAC	Monitor de peso sin retirar de la cama	38	0.9	11
2003	PREMAX	Medida de la presión respiratoria máxima	66	0.8	14
Media			74	4	21

IMPETOM Reconstrucción tomográfica de un sólido de impedancia algo diferente de la del agua (zapallito) y de un volumen de aire (botella de plástico) inmersos en una solución de agua y sal. Este resultado fue obtenido previo al desarrollo de IMPETOM que integra la circuitería de IMPETOM-C y los algoritmos de reconstrucción de IMPETOM-I. Foto Ferreira-Rodríguez.



PLANES DE NEGOCIOS

En un esfuerzo docente conjunto con la Cátedra de Comercialización de la Facultad de Ciencias Económicas, se formaron grupos de estudio multidisciplinarios alrededor de algunos proyectos. Una vez transmitido el objetivo de cada prototipo, y analizado su costo de desarrollo y su costo de producción, se compararon las propuestas con ofertas de mercado similares. Se recabaron las opiniones de posibles interesados en su adquisición o uso con el fin de evaluar su viabilidad. Sobre los prototipos estudiados, fueron identificadas sus fortalezas, las condiciones para su adopción y en algunos casos las características adicionales que lo volverían una opción comercial viable.

La propuesta resumen adoptó las características tipo de un Plan de Marketing, incluyendo las propuestas estratégicas y de posicionamiento para cada uno de los productos.

Sobre la base de esta información los prototipos PESOPAC, IMPETOM, SICTI y MONICLI disponen ahora de un conjunto de evaluaciones realizadas en forma independiente del equipo de desarrollo. Estos datos anexos son de gran importancia para transitar el camino de formulación de algún plan de negocios dirigido a la producción de los prototipos para su comercialización.

APORTES DE LA UNIVERSIDAD A LA SOCIEDAD

En los últimos años las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de programas han tenido en Uruguay un merecido éxito de exportaciones y en la venta de consultorías. Este sector tiene muchos puntos en común con el de los equipos biomédicos, por su elevado valor agregado de ingeniería y modestas inversiones en medios de producción. Sin embargo, la relativa independencia del producto informático con respecto al cliente ha permitido que prosperen empresas independientes y prácticamente autosuficientes. En la Ingeniería Biomédica, en cambio, el desarrollo está fuertemente vinculado a la investigación médica en los centros académicos. Una vez producido un desarrollo original, en los países de economía desarrollada existen varios mecanismos para fomentar el pasaje del producto a la esfera privada. De esta manera se fomenta el empleo, la actividad industrial y comercial hasta la exportación. A pesar de su impecable presentación, los equipos biomédicos que el Uruguay importa tienen sus prototipos iniciales no muy lejos en el tiempo además de ser fabricados en series muy limitadas. El precio de venta no refleja su amortización en estas series pequeñas ya que es el resultado de decisiones de fomento complejas que favorecen la producción y exportación de productos altamente tecnológicos. El desarrollo de la investigación biomédica y por

tecnología apropiada

para una higiene eficiente

Montevideo. Tu casa

limpia.

Información:
1950-2025

consiguiente y a la par, del desarrollo del equipo y de sus programas, hace que pronto haya nuevos modelos. Entonces nuevamente las instituciones uruguayas deberán importar el equipo más reciente.

CONCLUSIÓN

No abogamos por el desarrollo de la extensísima gama de equipos en uso en un hospital moderno y en todos los consultorios y centros de salud. Pensamos sin embargo que la sociedad uruguaya podría darse la oportunidad de intentar apoyar, con criterio y continuidad, algunas líneas prometedoras. Todo inversor sabe que los proyectos exitosos son solamente una ínfima proporción de los emprendimientos intentados, de allí la denominación de "inversor de riesgo" que se reserva para los casos en que el desenlace no es conocido de antemano. En la situación actual, más que nunca, pensamos que de los magros recursos del país debería ser destinada una parte a la exploración de vías cuyo potencial aun no fue evaluado en la prueba de producción y en la prueba de mercado. Las condiciones de base están dadas y la Universidad está cumpliendo su función de formación y de innovación tecnológica. Queda en manos de otros actores ahora el tomar la posta y articular las transferencias hacia el mundo empresarial.

Pensamos que, además de apoyar a una posible industria nacional creciente, se trata de confiar en la capacidad y conocimientos de nuestros profesionales. El crecimiento que se derive de ello será visible no solamente en el plano económico, sino también en el plano humano y social, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de nuestra población.

En esta publicación se ha intentado mostrar un ejemplo de lo que en nuestro país se puede hacer en materia de desarrollo de equipos médicos. Es nuestra la decisión de aunar esfuerzos para darle la posibilidad de hacer su aporte en una escala mayor. Además de los órganos de gobierno, deberían unirse los Profesionales, los Inversores y Centros Médicos para reforzar y aprovechar los aportes que genera la Universidad en el área de la Ingeniería Biomédica como herramienta de crecimiento y desarrollo de nuestra sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICYT) y al Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) del Ministerio de Educación y Cultura, que instrumenta los recursos que el Estado concede para fomentar la innovación tecnológica.

Dentro de la Universidad de la República, a la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) uno de cuyos llamados de fortalecimiento institucional fuera ganado por el NIB para reforzar su plantel docente y al Posgrado de Especialización en Marketing de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración por interesarse en los aspectos de viabilidad comercial de algunos proyectos del NIB.

Al Hospital de Clínicas (HC) que alberga la sede del NIB y que representa la fuente de inspiración cotidiana por el contacto con los departamentos clínicos. Al Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (CLAP) también ubicado en el HC con el cual se definen equipos de la especialidad, por varias áreas de colaboración enmarcadas en el Convenio Tripartito de creación del CLAP (MSP-Universidad-OPS/OMS).

A los docentes del NIB y del Instituto de Ingeniería Eléctrica que nos han acompañado en el seguimiento de estos desarrollos: Ing. Andrés Azar, Ing. Omar Barreneche, Prof. Ing. Rafael Canetti, Ing. Luis Ferrari, Ing. Alvaro Gómez, Ing. Pablo Mazzara, Ing. Pablo Musé, Ing. Juan Pablo Oliver, Ing. Julio Pérez, Prof. Ing. Gregory Randall, Ing. Linder Reyes, Ing. Rafael Sanguinetti, Ing. Fernando Silveira, Ing. Hugo Valdenegro e Ing. Martín Vallarino.

Los grupos médicos que han definido las características de los equipos y que los han usado una vez terminados: Dr.

Justo Alonso, Dr. José Arcos, Dr. Hernán Artucio, Dr. Alvaro Biestro, Dr. Daniel Bulla, Dr. Humberto Correa, Técnica Neumóloga Alicia Da Rosa, Dr. Jorge Depaula, Dr. José-Luis Díaz-Rossello, Dr. Paul Estol, Dr. Javier Hurtado, Dra. Graciela Lagos, Dra. Mariela Lujambio, Dr. Omar Macadar, Dr. Miguel Martell, Dr. Fernando Mut, Dr. Jorge Neme, Dr. Walter Olivera, Dr. Daniel Rivara, Dr. Carlos Romero, Dra. Cristina Santos, Dr. Hamlet Suárez, Dr. Gustavo Tamosiunas y Dr. Eduardo Touya.

A los ingenieros que han completado su formación profesional en el desarrollo de los equipos biomédicos reseñados en este artículo:

Sergio Basalo, Héctor Deambrosi, Eduardo Cassou, Jorge Stolovich, Gabriel Chapt, Luc Chapt, Rafael Sanguinetti, José Pedro Podestá, Wadaed Utrubey, Pablo Del Prato, Daniel Delisante, Fernando Crego, Alvaro Giusto, Juan José Pérez, Gustavo Coppola, Alejandro Paz, Inés Pérez, Gonzalo Casas, Marcel Kuza, Gabriela Ratafiá, Graciela Facelli, Laura Gesto, Raúl Rego, Cecilia Frugoni, Ramiro Escudero, Lauro Artia, Fernando Bianco, Jorge Porto, Danilo Baritussio, Isaac Shlaman, Juan Reboulaz, Ruben Ingver, Ricardo Clavijo, Pablo Galmarini, Martín Pomar, Rodrigo Filgueira, Marcelo Rodríguez, Carlos Ferreira, Andrea Arcia, Marcos González, José Alfaro, Tabaré Forcellati, Fabián Sarutte, Rafael Alonso, Juan Carlos Cigarán, Leonardo Díaz, Pablo Aguirre, Juan Cardelino, Nicolás Loeff, Raúl Hartman, Jorge Lobo, Mateo Ruétalo, Javier Borca, Rodrigo Duarte, Javier Rodríguez, Fiorella Haim, Rogelio Hernandez, Rodolfo Suárez, Adriana Ferreira, Alfredo Rodríguez, Nelson Churi, Yennyfer Forelius, Alejandro Hodos, Santiago González, Andrés Liguori, Walter Quinteros. Ciro Mondueri completó mediante la modalidad de Módulo de Taller un proyecto e instalación telemática.

Recordamos aquí la figura del Prof. Agr. Dr. Fernando Nieto, cardiólogo, biofísico y bioestadístico, fallecido prematuramente en febrero de 2000, cuyo conocimiento combinado de la fisiología y de la ingeniería electrónica se plasmó en ideas, realizaciones y docencia ejemplares desde años antes de la creación del NIB y sin cuyos aportes muchos de los proyectos aquí presentados no hubieran sido posibles.

Agradecemos los comentarios y aportes a la redacción de este artículo que hicieron el Ing. Jorge Puchet, el Ing. Fernando Brum, el Dr. Javier Hurtado, y el Br. Daniel Geido.

BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS INTERNET

- Estos proyectos están descritos en <http://www.nib.med.edu.uy/>
- Estil Hayward P, Simini F. Espirometría dinámica en 200 minutos: memoria de varios sin patologías: una aproximación a los patrones normales. *Revista Médica del Uruguay*, 1997; 13:191-200.
- Simini F, Nieto F, Canetti R, Tonarelli P, Ruggia R, Hijo J, Randall G. Ingeniería biomédica e informática médica: una nueva especialización en la Facultad de Ingeniería. *Revista Ingeniería*, Montevideo, 2001; p. 21-24.
- Simini F. Incorporación de tecnologías médicas. *Revista Ingeniería*, Montevideo, 1997; 28:30-7.
- Simini F, y otros "Dado de datos" Catálogo EUREKA. Poder Legislativo, página 84. Montevideo, 2002.
- Simini F, y otros "IMPETOM" Catálogo EUREKA. Poder Legislativo, página 85. Montevideo, 2002.
- Piriz H, y otros "PESOPAC" Catálogo EUREKA. Poder Legislativo, página 83. Montevideo, 2002.
- Hurtado J, y otros "MONICLI" Catálogo EUREKA. Poder Legislativo, página 86. Montevideo, 2002.
- Simini F, González S., Haim F, y Lobo J. "Biomedical Prototype Development in Uruguay: 15 years and lessons learned" World Congress of Biomedical Engineering, Sydney, Australia, August 2003.
- Mujica Sallés A. "Arranjos cognitivos en Ingeniería Biomédica: bases para la construcción de una oportunidad productiva en el Uruguay" Ponencia presentada al Seminario Internacional: Políticas para Sistemas Productivos Locales de MPMF, Mangarathá, Rio de Janeiro, Brasil, 11 a 13 de marzo de 2002.

- 1 Profesor Agr. de Ingeniería Biomédica, Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB) de las Facultades de Medicina e Ingeniería, Hospital de Clínicas piso 15 sala 2, 11600 Montevideo, URUGUAY simini@ing.edu.uy y sitio internet en www.nib.med.edu.uy. El NIB está integrado al Departamento de Control y Electrónica Industrial del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería.
- 2 Profesor Director del Departamento de Fisiopatología de la Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo.
- 3 Profesor de Comercialización y Director del Posgrado de Especialización en Marketing, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República, Montevideo.