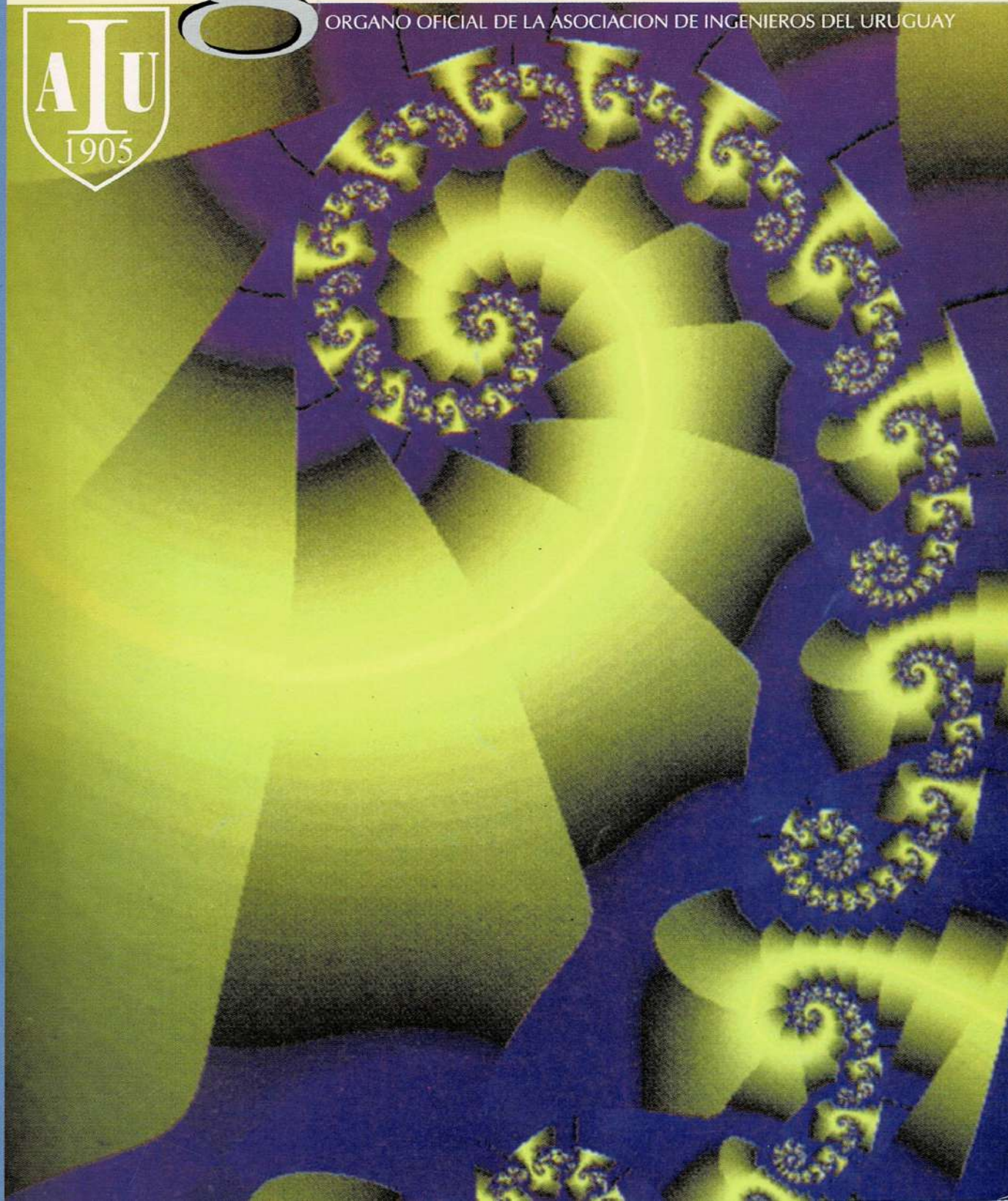


SETIEMBRE 2001 - N° 42

# REVISTA. ingeniería

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS DEL URUGUAY



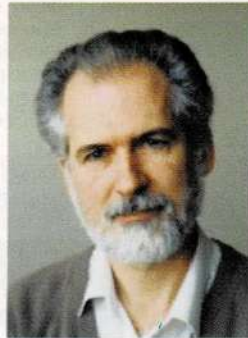


# Ingeniería Biomédica e Informática Médica una nueva especialización en la Facultad de Ingeniería

*Ing. Franco Simini, Dr. Fernando Nieto, Ing. Rafael Canetti, Ing. Pedro Tonarelli, Ing. Raúl Ruggia (h) e Ing. Gregory Randall*

La medicina ha incorporado una multitud de tecnologías a su acervo de métodos y herramientas del diagnóstico y tratamiento. En esta evolución tecnológica la ingeniería ha asumido una parte activa de la tarea de mejorar la calidad de vida de la gente: la diversidad e importancia de los desafíos planteados hacen de las aplicaciones médicas de la ingeniería una especialidad de reciente desarrollo en nuestro país, en una coyuntura muy favorable a su expansión regional.

El Uruguay gasta alrededor del 10% de su Producto Bruto Interno (PBI) en Salud y de esta suma el 15% puede ser atribuido al equipamiento e instalaciones directamente vinculadas a la ingeniería biomédica y a la informática médica. Traducido en cifras absolutas, Uruguay compra equipos y servicios por US\$ 200 millones por año en esta área y es por lo tanto natural que la Facultad de Ingeniería prepare sus técnicos en el diseño, producción, ensayo y mantenimiento de equipos biomédicos y de aplicaciones informáticas especializadas.



Ing. Franco Simini

cientemente Telemática Médica. Si bien la IB está a menudo asociada a la Ingeniería Eléctrica por razones históricas, comprende aspectos de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Química, que le permiten encarar desde proyectos de partes móviles o estudios de flujos hasta el diseño de sensores bioquímicos. Actualmente la telemedicina y el procesamiento de imágenes médicas asumen un desarrollo relevante dentro de las actividades de IB.

## ALGUNOS ANTECEDENTES FUERA DE LA FACULTAD

En la década de 1970 fueron desarrollados equipos de uso médico en Uruguay, notoriamente en ámbitos de investigación como el Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (CLAP) dirigido por el Dr. Roberto Caldeyro Barcia cuyo interés científico por herramientas de detección del estado de salud del feto llevaron al proyecto y realización de monitores fetales, entre los primeros en el mundo. Los equipos de detección radioactiva con aplicaciones en Medicina Nuclear fueron puestos a punto por la entonces empresa GMS (Gherzi, Macé, Sallés) hoy conocida como Controles S.A.. Ya en la década de 1980 Interfase Ltda. producía "calentadores de sangre" de diseño propio y elevada confiabilidad para llevar la sangre refrigerada a la temperatura del receptor en el quirófano. Esta empresa desarrolló equipos de potenciales evocados y otros métodos específicos para Neurología disputando posiciones en los consultorios de mutualistas y particulares así como en licitaciones del Estado. La empresa Electrónica Médica (Dr. Horacio Venturino) produjo su propia línea de monitores para CTI durante 10 años para el mercado uru-

## INGENIERÍA BIOMÉDICA

Se entiende por Ingeniería Biomédica (IB) el conjunto de habilidades que permiten estudiar fenómenos biológicos y médicos desde una perspectiva ingenieril para proyectar y realizar métodos y equipos de diagnóstico, de terapia y como sustitución de funciones del cuerpo humano. El mantenimiento y el proyecto de instalaciones en ambiente de hospitales (bajo el nombre de Ingeniería Clínica) es también parte de la IB. La capacidad de analizar, producir y conectar aplicaciones informáticas para uso de las ciencias de la salud se conoce como Informática Médica y más re-



**SEINCO**

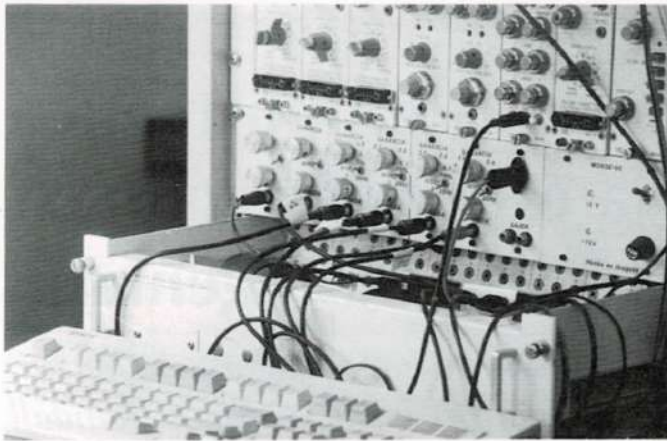
ituzaingó 1256 / 916.15.65 \* / fax 916.39.62 / seinco@adinet.com.uy / cp 11000 / montevideo / uruguay



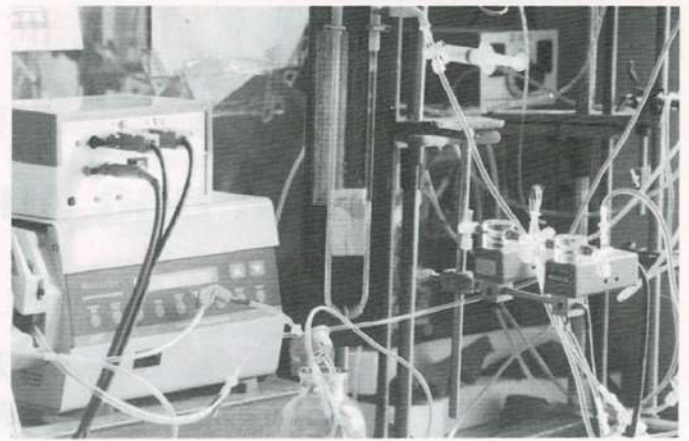
alcantarillado, tratamiento de efluentes cloacales y desagües pluviales  
plantas potabilizadoras y redes de distribución de agua potable  
instalaciones hidráulicas y sanitarias para edificios  
tratamiento y reciclaje de efluentes industriales  
suministro de agua para uso industrial, riego y drenaje  
vialidad y transporte  
proyecto y gestión de emprendimientos urbanísticos







**MONSE** Monitor de señales de pacientes en centro de tratamiento intensivo (CTI) Se registran y presentan señales de presión intracavitaria (dentro de los vasos sanguíneos del paciente) mediante interconexión de amplificadores para uso médico con un computador personal.



**FARCAR** Dispositivo experimental para el estudio de la viabilidad miocárdica. El sistema de tiempo real proyectado adquiere señales eléctricas del corazón aislado de rata, mantiene la presión de perfusión entre límites prefijados comandando una bomba peristáltica, presenta en pantalla las señales e interactúa con el usuario para grabar señales en disco o cambiar los parámetros del experimento.

guayo. Varias soluciones para Fisiatría fueron producidas y comercializadas en la década de 1980 en Uruguay por empresas como MACRI Ltda. y otras. En el ámbito de la informática médica, el mismo CLAP que fuera pionero en la producción de equipos electrónicos médicos, lanza en 1985 el Sistema Informático Perinatal como un nuevo producto integrado de registro clínico y análisis estadístico en la propia maternidad, con amplia difusión en todo el Continente. El Área de la Salud del Banco de Previsión Social ha mantenido desde la década de 1980 una posición innovadora en el uso de herramientas informáticas aplicadas a la clínica, seguido recientemente por el CASMU, SEMM, la Sociedad Española y otras instituciones del medio.

### LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN LA FACULTAD

La cooperación para la investigación entre la Facultad de Medicina y la Facultad de Ingeniería en la década de 1970 puede ser considerada el antecedente más remoto de aplicaciones biomédicas de la ingeniería en Uruguay. Docentes y estudiantes (Félix Azar, Ruben Budelli, Pablo Handler y otros) se trasladan a la Facultad de Medicina aportando métodos y proyectos de equipamiento original. En el primer encuentro Nacional de Ingeniería de 1984 se describen los cometidos y especificidades de la Ingeniería Biomédica y su potencial en Uruguay. A partir de ese año los estudiantes de ingeniería eléctrica optan en forma creciente por un proyecto de fin de carrera en IB. Pronto se materializa el Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB) como un esfuerzo conjunto de las Facultades de Medicina e Ingeniería para la docencia, investigación y extensión.

### EL SEMINARIO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Desde 1992 el NIB organiza un Seminario semestral en el cual se presentan las aplicaciones exitosas de IB, ya sea nacionales (académicas o industriales) ya sea con invitados extranjeros. Los detalles de los últimos seminarios se encuentran en [www.nib.fmed.edu.uy](http://www.nib.fmed.edu.uy).

### EL CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA BIOMÉDICA

Desde 1997 la enseñanza de la IB se ha formalizado al desplazar la docencia realizada en ocasión del proyecto de un equipo biomédico hacia una materia curricular en el ámbito del Instituto de Ingeniería eléctrica. En 2000 se ins-

criben 18 estudiantes a esta materia. El programa de la materia también está disponible en [www.nib.fmed.edu.uy](http://www.nib.fmed.edu.uy).

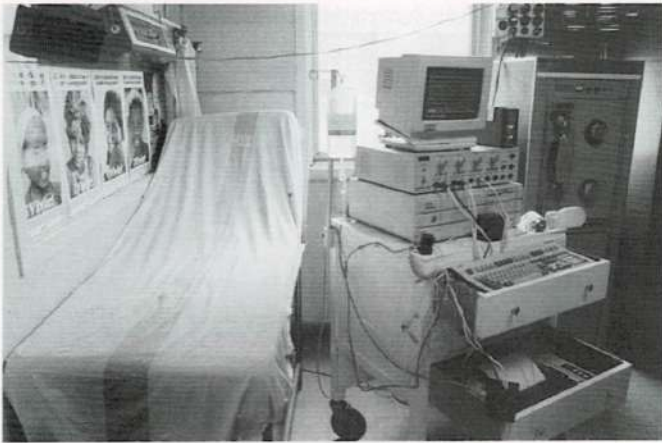
### EL GRUPO DE TRATAMIENTO DE IMÁGENES

Desde 1994 fue formado el Grupo de Tratamiento de Imágenes (GTI) docentes y estudiantes del Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE) que realizan investigación, extensión y enseñanza en el área del tratamiento de imágenes. Una de las líneas de trabajo del GTI ha sido la colaboración con biólogos y médicos para resolver problemas de interés en el país. Cabe señalar especialmente la construcción de un programa de reconstrucción y visualización tridimensional de tejido a partir de cortes seriados de piezas de anatomía neurológica desarrollado en colaboración con el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE). También fue construido el programa "Imagina" en uso en varios laboratorios de Facultades de la Universidad de la República. El GTI realiza seminarios cruzados entre ingenieros, médicos y biólogos. Estos trabajos han resultado en numerosas publicaciones científicas, varios proyectos de fin de carrera, varias maestrías y una colaboración creciente con grupos de biólogos y médicos en el país. Para mayor información se puede consultar [www.iie.edu.uy/i+d/grupos/gti](http://www.iie.edu.uy/i+d/grupos/gti).

### EL INSTITUTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

En el Instituto de Ingeniería Eléctrica fueron desarrollados proyectos en cooperación con la Facultad de Medicina, en el área de la cardiología. Un novedoso proyecto de control de péndulo invertido fue resuelto tomando como modelo una red neuronal, en un ejemplo de cooperación de ida y vuelta entre la ingeniería y la fisiología. El modelado del músculo macetero, de interés para la investigación en odontología fue abordado con resultados de gran interés a raíz de una línea de trabajo iniciado en México. La cooperación con la empresa Centro de Construcción de Cardioestimuladores (CCC del Uruguay S.A.) se ha materializado sobre la base de un Convenio para el proyecto y producción de circuitos integrados ASIC destinados a perfeccionar su línea de marcapasos. El aporte del IIE a la ingeniería biomédica incluye el estudio de la técnica de las "onditas" (wavelets) como mecanismo de análisis de señales fuera del dominio temporal: su aplicación al estudio automático de registros de electrocardiogramas (ECG) de larga duración, conocidos como registros Holter, fue reconocido internacionalmente.





MECVENT Equipo para la determinación automática de los parámetros de la mecánica ventilatoria de recién nacidos mediante la adquisición de señales de flujo de aire y presión en la boca y esófago del paciente. Se toma la presión en el esófago, que es relativamente accesible, como aproximación de la presión en las cavidades pulmonares inaccesibles en forma no invasiva.

### LOS PROYECTOS DE FIN DE CARRERA EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

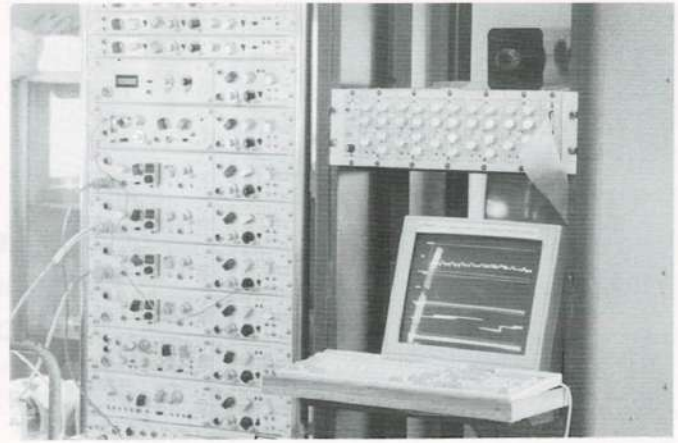
Son 30 los prototipos realizados en el marco del NIB y fuera de él por estudiantes de ingeniería en su asignatura de fin de carrera desde 1985. En setiembre de 2001 el NIB tiene en marcha 6 proyectos en manos de 18 estudiantes. Sus características principales se encuentran en [www.nib.fmed.edu.uy](http://www.nib.fmed.edu.uy).

### LA OPCIÓN INGENIERÍA BIOMÉDICA EN FACULTAD

Las orientaciones de Ingeniería Eléctrica en el Instituto de Ingeniería Eléctrica son tradicionalmente tres, a las cuales se está agregando la Ingeniería Biomédica:

- Potencia
- Telecomunicaciones
- Control y Electrónica industrial
- Ingeniería Biomédica

En 2001 el Curso de IB y el seminario de IB integran la nómina de asignaturas que la Facultad ofrece con cursos de actualización y como opciones para el postgrado. En 2002 se llamará a concurso para la primera maestría en IB para docentes en formación (ayudantes de clase y asistentes). Mediante la maestría, que comprende materias avanzadas en las Facultades de Medicina, Ciencias e Ingeniería además de un trabajo de investigación personal, se completa la experiencia docente y profesional lograda mediante el ejercicio de la enseñanza y la obtención del título de grado.



FISIOP Adaptación y presentación de señales de diversa índole en un entorno de investigación de múltiples magnitudes fisiológicas.

### LA SOCIEDAD URUGUAYA DE INFORMÁTICA EN SALUD

En el área informática los profesionales de bibliotecología y de ingeniería en sistemas de computación se unieron con los profesionales de la salud (médicos, enfermeros y odontólogos) para impulsar el desarrollo, la normativa y la difusión de aplicaciones. La Sociedad Uruguaya de Informática en Salud (SUIS) publica un boletín regularmente y mantiene una página web en [www.suis.org.uy](http://www.suis.org.uy), además de organizar eventos científicos sobre temas candentes de la especialidad como "la historia clínica electrónica en el Uruguay" o bien "la relación médico paciente y telemática". En 2001 los temas debatidos fueron los de la "privacidad" de la información clínica en la red telemática y la adopción de normas para favorecer el desarrollo de la industria de informática médica uruguaya.

### LOS PROYECTOS DE INFORMÁTICA MÉDICA DEL INCO

El INstituto de COmutación (INCO) de la Facultad de Ingeniería ofrece a sus estudiantes la posibilidad de desarrollar sus proyectos de fin de carrera, usualmente denominados "Taller V", mediante el estudio, proyecto y realización de sistemas de uso médico, ya sea en el área de bases de datos, modelos informáticos o sistemas de transacciones y de tiempo real. Se estableció en 2000 la necesidad de designación de un docente de la Facultad de Medicina como director de proyecto asociado para que le

**Disco**  
**NATURAL**

Punta Carretas Shopping  
8 de Octubre y Garibaldi  
Agraciada y Asencio

## CONSORCIO TRACOVIA S.C.

CONSTRUCCIONES DE CARRETERAS,  
PUENTES, OBRAS PORTUARIAS,  
MOVIMIENTOS DE TIERRA, ETC.

Cerro Largo 1014 - Tel.: 908 4489 - 908 4469  
Fax: 908 4003 - Montevideo





MONRES Monitor sensible al tacto para la presentación de señales respiratorias de un paciente en terapia intensiva. Se estima el trabajo respiratorio, además de desplegar señales de flujo y presiones respiratorias.

confiera al producto final características de oportunidad y aceptabilidad clínica o epidemiológica. En 2001 una aplicación novedosa fue el desarrollo de tarjetas inteligentes para el registro de datos clínicos.

### PRODUCTOS DE INFORMÁTICA MÉDICA

Es tarea pendiente relevar el inventario de los productos informáticos para uso médico realizados en Uruguay, pero puede estimarse su volumen en un tercio de lo gastado en equipos y sistemas por año (US\$ 200 millones), lo que representaría para 2001 unos US\$ 70 millones. Esta estimación puede resultar conservadora ya que es sabido que los equipos biomédicos de uso directo sobre los pacientes incluyen proporciones importantes y crecientes de programación.

### LA INGENIERÍA CLÍNICA

La «Ingeniería Clínica» es aquella parte de la IB que se ocupa de la selección del equipo, el mantenimiento y la instalación en centros hospitalarios. Muy limitada hasta 1980, la Ingeniería Clínica en Uruguay tiene profesionales en los mayores centros públicos y privados del país además de emplear a decenas de profesionales ingenieros y de nivel técnico en las empresas importadoras, representantes y proveedoras de mantenimiento de equipo biomédico.

La falta de inversión en mantenimiento de equipos médicos genera en los hospitales y las mutualistas de nuestro país un porcentaje preocupante de equipos sin uso ya sea por falta de repuestos, de insumos, de mantenimiento preventivo y por no utilizar técnicos capacitados. Otro componente de subutilización de capital invertido es la falta de selección planificada de equipos médicos que va desde equipos no utilizados o no necesarios hasta algunos que nunca fueron instalados. Un peligro particular lo constituyen las donaciones que, por ser aceptadas sin un estudio técnico adecuado, pueden llegar a generar situaciones caóticas ya sea por el costo de instalación, la imposibilidad de tener repuestos, la ausencia de manuales técnicos, la discontinuidad de su fabricación e incluso por no necesitarse, con lo que se termina ocupando metros cuadrados de depósito y desperdiciando los esfuerzos de organizaciones que gestionan la donación sin un conocimiento claro de su utilidad.

Entre las responsabilidades del ingeniero clínico está la de demostrar con hechos a los administradores de salud que su participación implica una baja de costos y una mejora de la prestación de los servicios de salud en calidad y seguridad. Como ejemplo, durante los cinco años de funcionamiento (1995 a 2000) del Departamento de Ingeniería

Clínica (DIC) del Centro Hospitalario Pereira Rossell (CHPR), como consecuencia de la realización de mantenimientos propios y la selección adecuada de repuestos e insumos se generó un ahorro superior a los cien mil dólares anuales. También es necesario que el ingeniero colabore en formar técnicos biomédicos promoviendo sistemas de educación continua.

### CONCLUSIÓN

La Ingeniería Biomédica y la Informática Médica se perfilan en este inicio de la década de 2000 como una especialidad en desarrollo pujante por parte de la Facultad de Ingeniería que responde a una necesidad expresada por la sociedad. La capacidad de la IB e IM de generar oportunidades de desarrollo económico en Uruguay depende ahora de la aplicación de los profesionales formados y en formación, junto con la disponibilidad de financiaciones y apoyos logísticos para la difusión en el MERCOSUR y la Región.

### BIBLIOGRAFÍA

- Sociedad Uruguaya de Informática en Salud [www.suis.org.uy](http://www.suis.org.uy)
- American College of Clinical Engineering <http://accenet.org> accedido en setiembre 2001
- Simini F. «Incorporación de tecnologías Médicas», Revista Ingeniería, Número 28, páginas 30-37, 1997.
- Grompone J. «De las Telecomunicaciones a la Ingeniería de Software», Revista Ingeniería, Número 28, páginas 4-7, 1997.
- Ruggia R (h) «Los proyectos del Instituto de Computación (INCO) en Salud 2000-2001» INFOSUIS, Número 8, agosto 2000. (accesible en [www.suis.org.uy](http://www.suis.org.uy)).
- Núcleo de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería [www.nib.fmed.edu.uy](http://www.nib.fmed.edu.uy)
- Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería [www.inco.fing](http://www.inco.fing)
- Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería [www.iie.edu.uy](http://www.iie.edu.uy)

**Franco Simini** es Profesor agregado de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería, investigador del Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (CLAP OPS/OMS) y coordinador del Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB). [simini@clap.ops-oms.org](mailto:simini@clap.ops-oms.org)

**Fernando Nieto** es Médico cardiólogo y bioestadístico, Profesor agregado de Fsiopatología, investigador del Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (CLAP OPS/OMS) y docente del Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB). Ejerce como Consultor en temas de electrónica médica, estadística y logística en el área de la Salud. Fallece prematuramente el 2 de febrero de 2001. [nietofer@clap.ops-oms.org](mailto:nietofer@clap.ops-oms.org)

**Rafael Canetti** es Profesor del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y director del Departamento de Control y Electrónica Industrial, del cual el NIB forma parte. [canetti@iie.edu.uy](mailto:canetti@iie.edu.uy)

**Pedro Tonarelli** es Ingeniero jefe de mantenimiento del CASMU desde 1983 a 1996 y consultor desde entonces. Jefe del departamento de ingeniería clínica (DIC) del Centro Hospitalario Pereira Rossell (CHPR) de 1995 a 2000 y desde entonces es asesor de la Comisión para Ejecución y Control de Obras del CHPR. Asesor de la mutualista COMEPA de Paysandú. Actuó como Consultor en adquisiciones de equipo biomédico de envergadura para el Estado e instituciones de asistencia médica del país. [ptonarelli@adinet.com.uy](mailto:ptonarelli@adinet.com.uy)

**Raúl Ruggia** es Director del Instituto de Computación (INCO) de la Facultad de Ingeniería. [ruggia@fing.edu.uy](mailto:ruggia@fing.edu.uy)

**Gregory Randall** es Director del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y coordinador del Grupo de Tratamiento de Imágenes. [randall@iie.edu.uy](mailto:randall@iie.edu.uy)

