

Entornos invisibles

(de la ciencia y la tecnología)

Hospital

Capítulo 13

$$\sigma_{ad} = 1.600 \frac{kg}{cm^2} \Rightarrow \sigma_{ad} = 16.000 \frac{N}{cm^2}$$

Guía didáctica
Autor | Sergio Ponce

Autoridades

Presidente de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Ministro de Educación

Dr. Alberto E. Sileoni

Secretaría de Educación

Prof. María Inés Abrile de Vollmer

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica

Lic. María Rosa Almandoz

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica

Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

Director Nacional de Educación Técnico Profesional y Ocupacional

Ing. Roberto Díaz

Ministerio de Educación.

Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Saavedra 789. C1229ACE.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

República Argentina.

2011

Director de la Colección:

Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

Coordinadora general de la Colección:

Claudia Crowe

Diseño didáctico y corrección de estilo:

Lic. María Inés Narvaja

Ing. Alejandra Santos

Coordinación y producción gráfica:

Augusto Bastons

Diseño gráfico:

María Victoria Bardini

Augusto Bastons

Martín Alejandro González

Federico Timerman

Ilustraciones:

Diego Gonzalo Ferreyro

Martín Alejandro González

Federico Timerman

Administración:

Cristina Caratozzolo

Néstor Hergenrether

Colaboración:

Jorgelina Lemmi

Psic. Soc. Cecilia L. Vázquez

Dra. Stella Maris Quiroga

“Colección Encuentro Inet”.

Director de la Colección: Juan Manuel Kirschenbaum.

Coordinadora general de la Colección: Claudia Crowe.

Queda hecho el depósito que previene la ley Nº 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Reproducción autorizada haciendo mención de la fuente.

Industria Argentina

.....ADVERTENCIA.....

La habilitación de las direcciones electrónicas y dominios de la web asociados, citados en este libro, debe ser considerada vigente para su acceso, a la fecha de edición de la presente publicación. Los eventuales cambios, en razón de la caducidad, transferencia de dominio, modificaciones y/o alteraciones de contenidos y su uso para otros propósitos, queda fuera de las previsiones de la presente edición. Por lo tanto, las direcciones electrónicas mencionadas en este libro, deben ser descartadas o consideradas, en este contexto.

Colección Encuentro Inet

Esta colección contiene las siguientes series (coproducidas junto con el Instituto Nacional de Educación Tecnológica - INET):

- La técnica
- Aula-taller
- Máquinas y herramientas
- Entornos invisibles de la ciencia y la tecnología

DVD 4 | Aula-taller

- | | |
|--|--|
| Capítulo 1
Biodigestor | Capítulo 3
Planta potabilizadora |
| Capítulo 2
Quemador de biomasa | Capítulo 4
Probador de inyecciones |

DVD 5 | Aula-taller

- | | |
|--|---|
| Capítulo 5
Planta de tratamiento de aguas residuales | Capítulo 7
Banco de trabajo |
| Capítulo 6
Tren de aterrizaje | Capítulo 8
Invernadero automatizado |

DVD 6 | Máquinas y herramientas

- | | |
|---|---|
| Capítulo 1
Historia de las herramientas y las máquinas herramientas | Capítulo 3
Diseño y uso de Herramientas de corte |
| Capítulo 2
Diseño y uso de Máquinas Herramientas | Capítulo 4
Nuevos paradigmas en el mundo de las máquinas herramientas y herramientas de corte |

DVD 7 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

Capítulo 1
Parque de diversiones

Capítulo 3
Red de energía eléctrica

Capítulo 2
Cocina

Capítulo 4
Campo de deportes

DVD 8 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

Capítulo 5
Estadio de Rock

Capítulo 7
Chacra orgánica

Capítulo 6
Estructuras

Capítulo 8
Bar

DVD 9 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

Capítulo 9
Estación meteorológica

Capítulo 12
Camping musical

Capítulo 10
Restaurante

Capítulo 13
Hospital

Capítulo 11
Seguridad en obras de construcción

Índice | Hospital

13.1. Presentación	08
13.2. Red conceptual	09
13.3. Ingeniería clínica	11
♦ 13.3.1. Esquema resumen de contenidos	11
♦ 13.3.2. Desarrollo de contenidos	11
♦ 13.3.3. Temática de estudio	11
♦ 13.3.4. Actividades	12
• “Ofertas educativas relacionadas con la tecnología médica”	12
13.4. Robótica y telecirugía	13
♦ 13.4.1. Esquema resumen de contenidos	13
♦ 13.4.2. Desarrollo de contenidos	13
♦ 13.4.3. Temática de estudio	13
• Introducción	13
• Inicios y evolución	13
• Teleoperación	15
♦ 13.4.4. Actividades	15
• “Línea del tiempo: evolución de la robótica en la cirugía”	15
13.5. Diálisis	16
♦ 13.5.1. Esquema resumen de contenidos	16
♦ 13.5.2. Desarrollo de contenidos	16
♦ 13.5.3. Temática de estudio	16
• Principios físicos-químicos en los que se basa la máquina de diálisis	17
• ¿Cómo funciona la máquina de hemodiálisis?	17
• Un capítulo aparte: el agua de diálisis	19
• Preparado del dialisato	19
♦ 13.5.4. Actividades	19
• “Tratamiento de agua para diálisis”	19

13.6. Rayos X	20
◆ 13.6.1. Desarrollo de contenidos	20
◆ 13.6.2. Temática de estudio	20
• Principios de formación de una imagen bidimensional	21
• Un poco de historia	22
• Generación de radiación: el tubo de Rayos X	22
• Medios de detección y almacenamiento	23
• Hacia la imagen 3D	24
◆ 13.6.3. Actividades	25
• “Debate: costo beneficio del uso de la radiación en los pacientes”	25
◆ 13.6.4. Otras actividades sugeridas	26
• “Resolver crucigrama con palabras del video” (variación jugar al ahorcado)	26
13.7. Bibliografía	30

13.1. Presentación

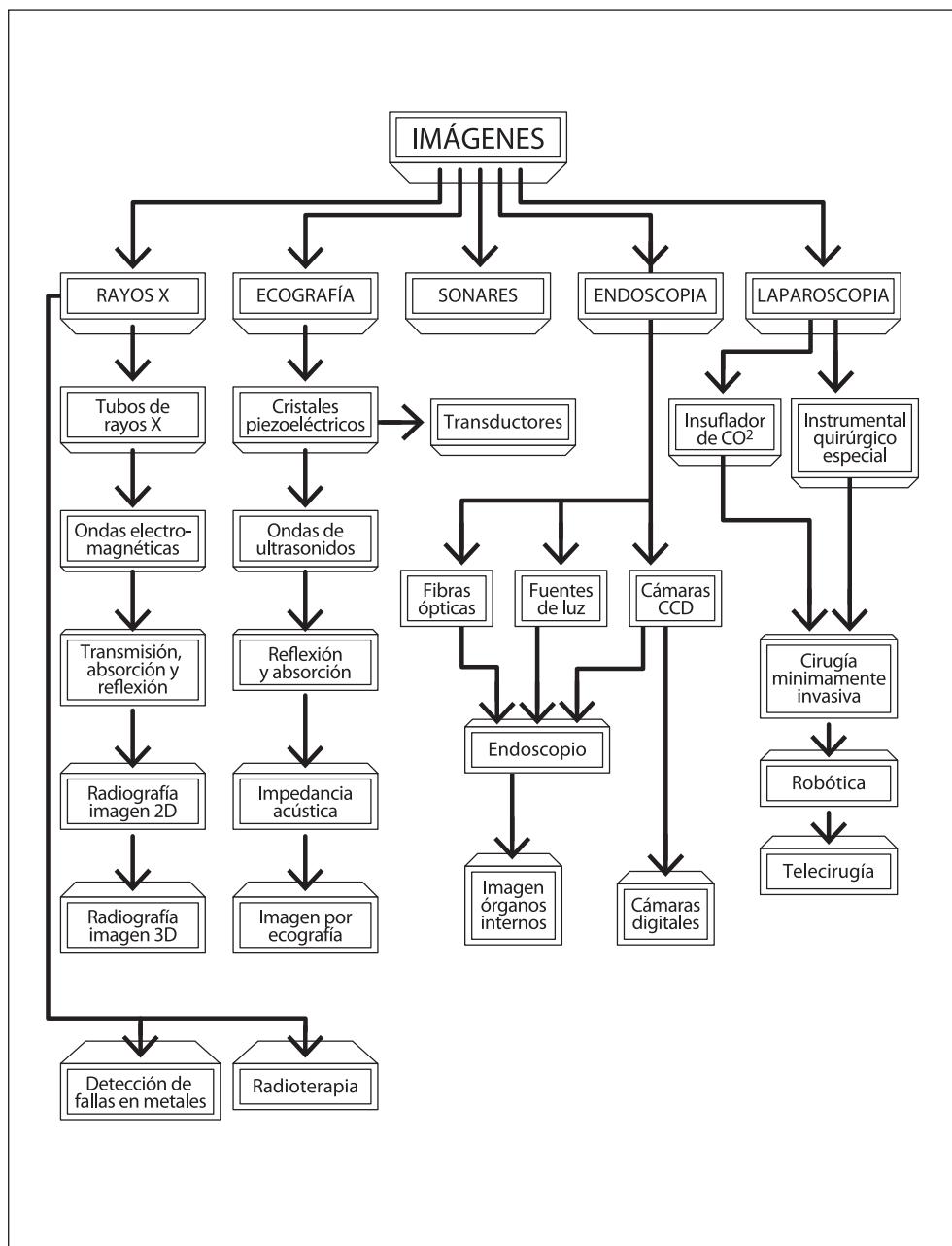
Los centros de salud, al igual que las industrias de procesos, han tenido una gran incorporación de tecnología en los últimos años. Debido a este fenómeno fueron creadas nuevas áreas dentro de las organizaciones de salud, tales como ingeniería clínica, ingeniería informática, ingeniería de planta, centro de cómputos, etc. La micro y nano electrónica, el desarrollo de microprocesadores más poderosos, la miniaturización, la micro mecánica y la posibilidad de correr algoritmos de programación complejos, han sido los pilares de este gran avance. Una consecuencia muy importante de este fenómeno es que en los últimos 30 años los sistemas de diagnóstico y tratamiento de enfermedades han crecido enormemente en sofisticación y efectividad, fundamentalmente debido a los avances tecnológicos tanto en hardware como en software.

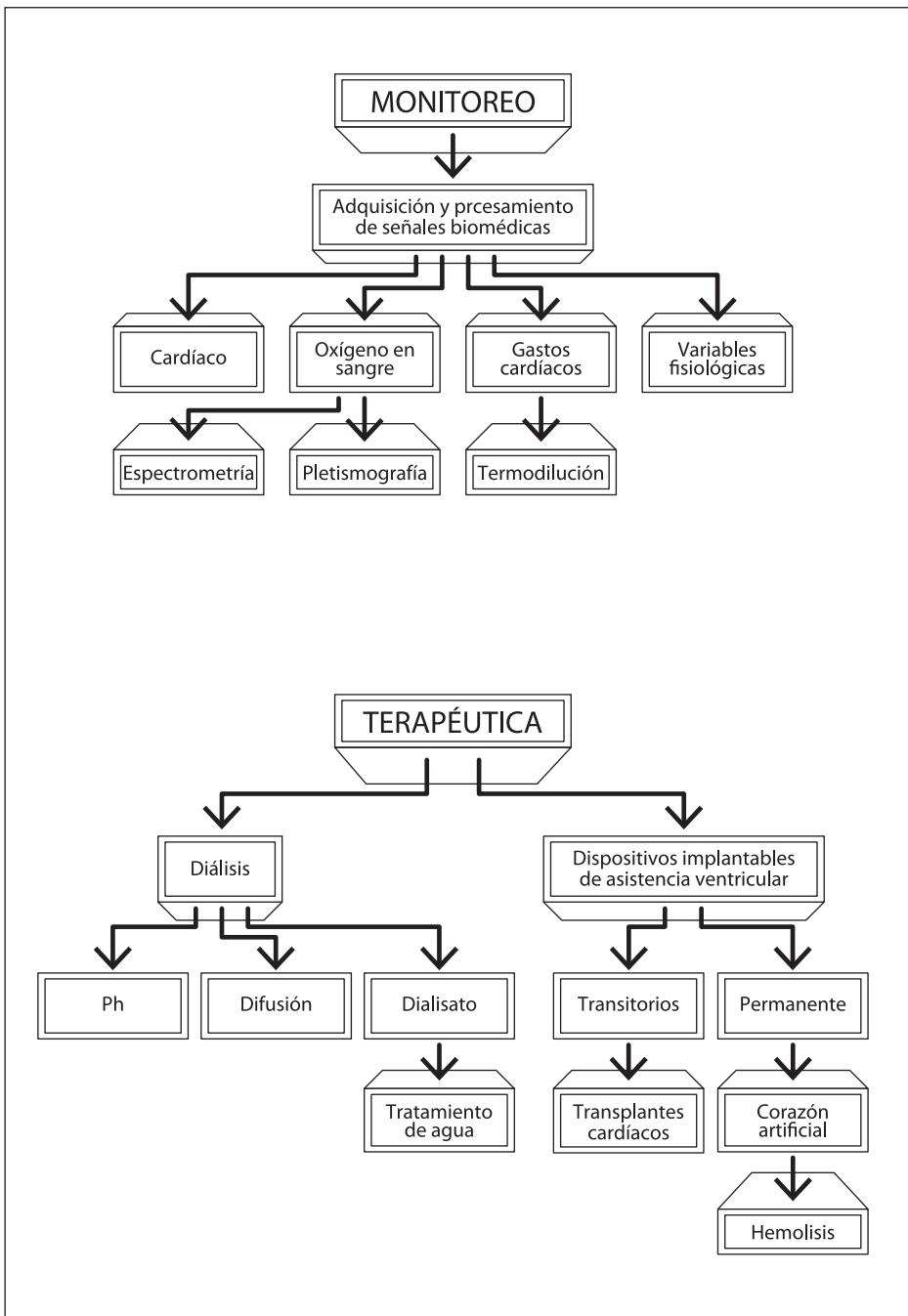
Este video pretende ser una introducción al equipamiento médico desde el punto de vista de los fenómenos fisicoquímicos que toman parte en los mismos y el principio de funcionamiento de cada uno de ellos. En principio, se tratan los equipos médicos tradicionales, fundamentalmente aquellos destinados a diagnóstico por imágenes: radiografía, tomografía, ecografía y endoscopia. Continúa con las técnicas de endoscopia aplicadas a las cirugías mínimamente invasivas. Los clásicos equipos de monitoreo de variables fisiológicas y terapéuticos como las maquinas de diálisis son presentados. Hasta aquí, en la mayoría de los casos se presentan los fenómenos físico-químicos que se aplican a cada aparato. Se habla de transmisión, reflexión y absorción de ondas mecánicas y electromagnéticas, biopotenciales, conceptos de difusión en membranas, etc. Finalmente, el video concluye con una reseña informativa de las nuevas tecnologías aplicadas a la medicina, la robótica y la telecirugía con el fin de presentar tendencias y avances en el área.

Los distintos equipos se presentan de la siguiente manera:

- **diagnóstico:** utilizados para confirmar o descartar enfermedades mediante la medición de ciertos parámetros fisiológicos;
- **monitoreo:** utilizados en pacientes que se encuentran internados y en los cuales se hace necesario controlar y observar la evolución de distintos parámetros fisiológicos;
- **tratamiento:** utilizados para llevar a cabo el proceso de revertir un cuadro clínico adverso;
- **tecnologías emergentes,** aplicaciones de Internet, redes de datos, comunicaciones y robótica al servicio de la medicina.

13.2. Red conceptual





13.3. Ingeniería clínica

13.3.1. Esquema resumen de contenidos

VIDEO	TEXTO	CONTENIDOS RELACIONADOS
Funcionamiento del equipamiento biomédico	Funciones del departamento de Ingeniería clínica	Ingeniería Bioingeniería Mantenimiento Gerenciamiento

13.3.2. Desarrollo de contenidos

La Ingeniería clínica es una rama de la Bioingeniería que se ocupa de la gestión, el desarrollo y el mantenimiento de todos los equipos y dispositivos que se muestran en el video y por supuesto, de otros tantos más como: desfibriladores, mesas de anestesia, electro-bisturíes, servo-cunas, etc.

13.3.3. Temática de estudio

La tecnología de atención de salud es un componente esencial de todo sistema de servicios de salud. La complejidad y los costos de las nuevas tecnologías siguen aumentando, al mismo tiempo que aumentan los beneficios que estas pueden proporcionar. En Argentina, en los últimos años, la tasa de crecimiento de incorporación de dichas tecnologías es de aproximadamente el 10% anual. Las autoridades sanitarias tienen ante sí una abrumadora variedad de opciones en cuanto a tecnologías, equipos y dispositivos médicos nuevos cada vez más perfeccionados y complejos.

Los pasos que entrañan la planificación, la adquisición y la gestión de la tecnología de asistencia sanitaria son complejos, pero esenciales para la utilización eficaz de recursos económicos limitados y el empleo adecuado de la misma.

En este contexto el ingeniero clínico realiza una labor importantísima en las tareas de:

- adquisición de tecnologías;
- conservación y utilización segura de las tecnologías;
- evaluación de tecnologías;
- renovación tecnológica.

En área de adquisición de tecnologías deberá confeccionar las especificaciones técnicas del equipamiento a adquirir, consensuado las características del producto a adquirir con el pro-

fesional médico. Al realizar el pliego de especificaciones técnicas y el posterior estudio de la oferta deberá contemplar que los siguientes puntos:

- registro del producto en la ANMAT;
- costo de los principales repuestos e insumos;
- trayectoria de la empresa vendedora (referencia de otros compradores);
- dictado de curso de servicio técnico, entrega de manuales técnicos y claves de acceso.

Todo equipamiento médico tiene una vida útil, dentro de la cual es seguro, confiable y redituable, es función del ingeniero clínico determinar cuándo es el momento de renovar equipamiento.

En el área de evaluación de tecnologías el ingeniero clínico formará parte de un grupo interdisciplinario que analizará el impacto de la incorporación de un determinado tipo específico de tecnología.

Una de las principales tareas de un departamento de ingeniería clínica es la de confeccionar planes de mantenimiento preventivos y correctivos del equipamiento electromédico del hospital, asegurando de esta manera que las probabilidades de que el equipo falle sean mínimas. Este ícono representa actividades o sugerencias de trabajo con los alumnos.



13.3.4. Actividades (Este ícono representa actividades o sugerencias de trabajo con los alumnos)

“Ofertas educativas relacionadas con la tecnología médica”

- Espacio y materiales previstos: trabajo áulico con uso de Internet. Charlas con profesionales de la ingeniería clínica;
- duración estimada: 10 horas;
- relación con el video: se debe realizar luego de ver el video completo;
- descripción de la actividad: la actividad tiene como **objetivo** poner en conocimiento de los alumnos que existen profesionales del área de la ingeniería que son los que realizan el mantenimiento de los equipos, que esta tarea requiere de una formación específica y que deberían conocer cuáles son las carreras que se dictan en nuestro país relacionadas con el tema y sus incumbencias;
- asignación de alumnos/roles a la actividad: se puede trabajar con todo el curso completo. Luego realizar una puesta en común de la investigación y generar una presentación;
- desarrollo de la actividad: Luego de ver el video y utilizando disparadores como (se sugieren algunos) ¿Qué sucede si falla un equipo de estos? ¿Y si se rompe durante una cirugía? ¿Quiénes diseñan y fabrican estos aparatos? Realizar un trabajo de investigación de gran parte de las ofertas curriculares de distintas universidades e institutos. Luego realizar una presentación para todo el curso. Se pueden invitar a profesionales del medio para realizar una entrevista;
- presentación de la actividad: tipo Power Point;
- evaluación de la actividad: la actividad no tiene evaluación, es sólo a título informativo.

13.4. Robótica y telecirugía

13.4.1. Esquema resumen de contenidos

VIDEO	TEXTO	CONTENIDOS RELACIONADOS
Cirugía asistida por robots. Asistencia de robots en tele cirugías	Evolución-Telecirugía- Aplicaciones de robótica en cirugías	Control automático-Robótica industrial-Automatización-Sensores y actuadores- Comunicaciones: transmisión de la información. Microprocesadores

13.4.2. Desarrollo de contenidos

Desde la antigüedad, los humanos han diseñado mecanismos para la aplicación de fuerzas e intervención a una cierta distancia empleando transmisiones mecánicas. La telerrobótica surge como la unión de la robótica y la teleoperación: los humanos reciben información de los sensores de los robots y generan órdenes a partir de las mismas. En el video se puede observar cómo esta rama de la ingeniería se utiliza para intervenir a distancia o ayudar en cirugías. Aquí se hace una presentación general de la temática, ubicándola en su campo de estudio, en el contexto del video general.

13.4.3. Temática de estudio

Introducción

La robótica y telecirugía auxilian las cirugías por medio de computadoras que procesan rápidamente los datos, proveen imágenes de guía y acceso on-line de sugerencia de expertos para situaciones especiales. Eventualmente participan activamente por medio de robots, que no reemplazan al cirujano sino que lo asisten en procedimientos tediosos como puede ser la succión de cámaras o vísceras que se retraen, eliminando temblores y otros movimientos. Además, permite la capacitación de cirujanos y paramédicos, y el control del procedimiento desde un lugar remoto.

Inicios y evolución

El desarrollo acelerado de las comunicaciones y la inteligencia artificial sentaron las bases de la digitalización de audio, video y movimiento (este último es la base del funcionamiento de robots maestro-esclavo, que reproducen los movimientos de las manos del ser humano). Los antecedentes de esta evolución fueron las investigaciones realizadas en 1991 por el ingeniero Philippe Green del Stanford Research Institute (SRI), quien diseñó el primer prototipo para realizar telecirugía, cirugía de telepresencia ó cirugía asistida por computadoras, conocido originalmente como sistema Green de telepresencia. Casi de manera simultánea, el médico Stephen Jacobsen, investigador la compañía Sarcos de Utah, EE.UU., desarrolló brazos y manos robóticas que replicaban por transmisión inalámbrica los movimientos humanos. En ese

mismo año, R. Taylor y T. S. Taylor, así como Paul y Bela Mussits, de Sacramento, California, EE.UU., iniciaron un programa clínico con **Robodoc**, un robot que utilizaba la información de tomografías o resonancias magnéticas en el implante de prótesis de fémur.

También en 1991 Richard M. Satava, cirujano del ejército de EE.UU. a cargo del Advanced Biomedical Technology Program (ABTP), dependencia de ARPA, en conjunto con el ingeniero Philippe Green, realizaron investigaciones en manipulación remota con el objetivo de atender a distancia las emergencias en los campos de guerra. Pruebas no publicadas, que fueron desarrolladas durante el conflicto bélico Tormenta del Desierto en Irak en 1993, demostraron que la interferencia satelital impedía llevar a cabo cirugía experimental con seguridad.

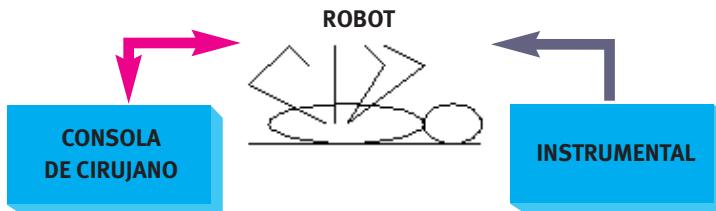
En 1993, el robot **AESOP 1000** (Advanced Endoscopic System for Optimal Positioning) se convirtió en el primer ayudante de cirujano, al conducir el laparoscopio en una colecistectomía practicada por el Dr. Jonathan Sackier en el San Diego Medical Center de la Universidad de California. R. Brooks y Anita Flynn del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés) trabajaron desde 1994 en micro-robots inalámbricos empleados en estudios experimentales de colon, los cuales son antecesores de la cápsula endoscópica robótica, que puede ser ingerida y en su viaje por el aparato digestivo, toma miles de fotografías que permiten diagnósticos únicos.

En 1993 apareció ESOP en su versión 1000, la versión 2000 en 1996, la 3000 en 1999, y la 4000 en el 2002. Se trata de robots esclavos que obedecen comandos de voz del cirujano, quien por el mismo medio, controla además las opciones electrónicas de un quirófano (mesa quirúrgica, lámparas y equipo de laparoscopia), así como la capacidad de comunicación vía telefónica e internet. A esta integración de tecnología se le dio el nombre de Quirófano Inteligente. En 1997 realizaron los primeros cinco casos de cirugía por telepresencia, con los Dres. Jack Himpens, G. Laeman y Guy B. Cadiere. Cada uno de ellos realizó una o dos cirugías en el mismo quirófano, a diferentes pacientes. De esta primera evaluación surgió Mona, primer robot de telepresencia, con el que se realizaron doce operaciones más, ese mismo año en Alemania, Francia y Bélgica.

En el 2001, el cirujano francés Jacques Marescaux realizó la primera intervención quirúrgica a distancia transatlántica, con el robot Zeus de Computer Motion Inc., desde Nueva York, EE.UU., a Estrasburgo, Francia; cables submarinos de fibra óptica recorrieron 3.800 millas para transmitir señales de audio, video y movimiento, con un retraso de la señal de 150 milésimas de segundo.

Hasta el 2003, Estados Unidos de América, Canadá, Japón, Italia, España y Portugal experimentaron con el Telemedicine Advanced Project (TAP) y Alemania, con el Advanced Research Telemedicine Minimally Invasive Surgery (ARTEMIS).

A continuación presentamos un diagrama en bloque del sistema Da Vinci de la firma Intuitive Surgical Inc. para cirugía laparoscopia.



En la **consola de cirujano**, este opera sentado delante de la misma operando mandos maestros y utilizando un sistema de visión controlado por pedales. Maneja sus manos y dedos de la misma forma que lo haría en una cirugía convencional. La imagen es mostrada con la orientación equivalente a la posición natural correspondiente a sus manos. El sistema de visión de 3D de alta definición binocular permite al cirujano tener detalle de los tejidos y profundidades de los mismos. La imagen es transmitida entrelazada sin compresión y luego es presentada no entrelazada. Se superponen datos y gráficos. La aplicación de filtros digitales de procesamiento de imágenes permiten eliminar la interferencia de los instrumentos, mejorar intensidad de brillos y colores, etc.

El **robot** consta de cuatro brazos, estos reproducen fielmente el movimiento del cirujano. Uno de ellos posee el endoscopio, a los demás se le acopla el instrumental. Existe una gran gama de **instrumentos** con siete grados de libertad y con maniobrabilidad similar a la de la muñeca humana. Cada instrumento ha sido desarrollado para cumplir con una función específica como por ejemplo manipulación de tejidos, suturar, etc. Una vez utilizado un instrumental se reemplaza por el siguiente a utilizar mediante un acople rápido.

Teleoperación

Es la extensión de las capacidades sensoriales y destreza humanas a una localización remota. La intervención del operador puede producirse en muchas formas diferentes. La telemanipulación es la utilizada en telecirugías y consiste en que el operador controla un dispositivo específico de manipulación como por ejemplo, un brazo articulado con una herramienta en una localización remota.

Esta tecnología en particular además simplifica la práctica mínimamente invasiva y hace accesible ciertos procedimientos complejos de dichas prácticas.

Las ventajas que se consiguen con este tipo de tecnologías son las siguientes:

- se reduce el trauma operatorio;
- se reduce la anestesia;
- en general, menor perdida de sangre y necesidad de transfusiones;
- menor molestia postoperatoria;
- menor riesgo de infección;
- menor estadía hospitalaria;
- recuperación más rápida;
- menor cicatriz, más estética.



13.4.4. Actividades

“Línea del tiempo: evolución de la robótica en la cirugía”

- espacios y materiales: espacio áulico, Internet, bibliografía sugerida, video de programa;
- pauta de tiempo que se espera dure la actividad: tres horas;
- indicación de la parte (total, parcial) de visualización del video: inicio de la robótica en cirugía hasta el final;

- descripción de la actividad: la actividad tiene por objetivo que el alumno observe como fue la evolución de la cirugía robótica y la relación con otros eventos de relevancia mundial. Se presentará una línea en el tiempo con los sucesos y los personajes que intervienen;
- asignación de alumnos/roles a la actividad: se realizarán por grupos de 4 alumnos, los que luego expondrán el tema;
- desarrollo de la actividad: observando el video, tomar nota de los nombres de las personas que intervienen en el desarrollo de la cirugía robotizada. Prestar atención a los acontecimientos que se nombran en el mismo. Luego profundizar los temas con investigaciones en bibliográficas y de Internet. Se sugiere también observar videos en la web de robots operando, al igual que fotos de los modelos reales utilizados;
- presentación del soporte donde los alumnos elaborarán los resultados: material tipo apunte;
- indicaciones acerca de la puesta en común: luego de exponer, se hará lugar a un debate donde se pueden plantear temas disparadores como la evolución de la tecnología militar con las aplicaciones industriales y las aplicaciones médicas.

13.5. Diálisis

13.5.1. Esquema resumen de contenidos

VIDEO	TEXTO	CONTENIDOS RELACIONADOS
Riñón artificial: máquina de diálisis	Difusión a través de membranas, pH, ultrafiltración, conductímetros, tratamiento de agua	Potabilización de agua, fisiología renal, diálisis peritoneal, ósmosis, soluciones, ph, ácidos, bases

13.5.2. Desarrollo de contenidos

Entre las máquinas para tratamiento médico, una de las más importantes por la función que cumple es sin lugar a dudas la máquina de diálisis. Este equipo “reemplaza” la función renal, tal como podemos observar en el video. Pero para que este proceso se pueda llevar a cabo, es necesario disponer de agua de una calidad sensiblemente superior a la del agua potable para poder preparar el dialisato o líquido de diálisis. En su preparación intervienen una serie de procesos físico-químicos dignos de conocer.

13.5.3. Temática de estudio

Cuando los riñones de una persona pierden la funcionalidad temporal o permanentemente se debe recurrir al uso de la **máquina de diálisis** para poder extraer las toxinas de la sangre (proceso de diálisis), eliminar el exceso de líquido (ultrafiltración) y mantener el pH sanguíneo.

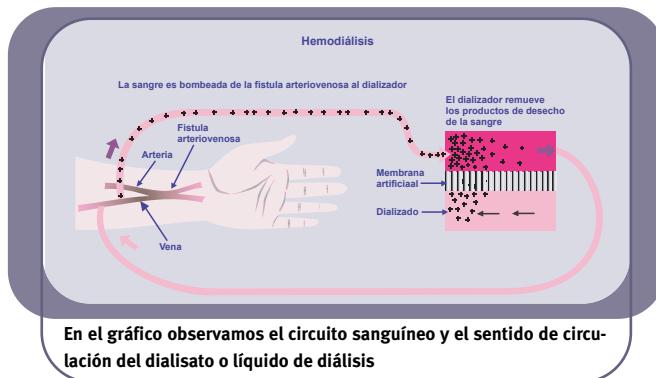
Principios físicos-químicos en los que se basa la máquina de diálisis

Los procesos físicos mediante los cuales los riñones eliminan de la sangre los productos de desecho funcionan también en el riñón artificial o hemodializador: difusión, ultrafiltración y neutralización de pH.

En un proceso de **difusión**, las moléculas en solución se desplazan en forma continua en todas direcciones, trasladándose de áreas donde su **concentración es alta hacia áreas de baja concentración**. La temperatura de la solución, el tamaño y número (concentración) de estas moléculas influyen en este movimiento aleatorio. En el **riñón**, los productos de desecho se difunden a través de las **paredes capilares**. En la **hemodiálisis**, las moléculas de desecho de la sangre difunden a través de la **membrana** de un dispositivo denominado dializador (riñón artificial) hacia el denominado “líquido de diálisis” o dialisato. También se produce la difusión de iones desde el líquido de diálisis a la sangre, por ejemplo del ion carbonato a fin de controlar el pH sanguíneo. La **membrana del dializador** es delgada y semipermeable, por lo cual deja pasar determinadas moléculas en función del tamaño de las mismas.

El exceso de agua de la sangre es eliminado a través de la **ultrafiltración**. En el riñón humano, la sangre de los capilares está sometida a una presión superior a la del fluido que se desplaza alrededor de los capilares, y el agua es empujada a través de las paredes de los mismos. Cuando se utiliza la técnica del riñón artificial, las moléculas de agua de la sangre atraviesan la membrana del dializador y van a parar al dialisato. Para que esto suceda **la presión del dialisato debe ser inferior a la presión sanguínea**. Es preciso entonces controlar cuidadosamente los flujos y las presiones existentes en dos compartimientos del dializador.

Por otro lado, los ácidos y bases del organismo mantienen el pH sanguíneo dentro de estrechos límites. Si la sangre se vuelve ácida, los iones de bicarbonato la neutralizan; si se vuelve básica, los iones hidrógeno la neutralizan. El ion bicarbonato es uno de los que utiliza el cuerpo humano para realizar estos controles y puede disminuir rápidamente durante el proceso de diálisis. Agregando bicarbonato al líquido de diálisis se soluciona este problema.



¿Cómo funciona la máquina de hemodiálisis?

Básicamente la **máquina** contiene dos circuitos: uno por el que circula permanentemente la sangre del paciente (**circuito sanguíneo**) y otro por el cual circula el líquido de diálisis. Ambos convergen en el dializador o “riñón artificial” que contiene una membrana semipermeable.

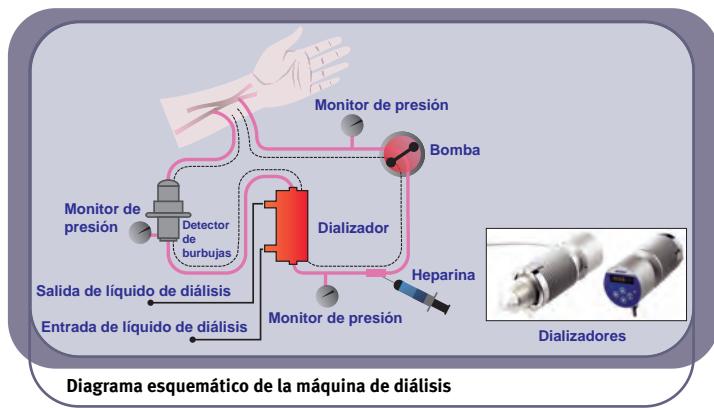
Una **bomba peristáltica** moviliza la **sangre** desde un acceso vascular arterial hasta el dializador y la retorna hacia el paciente a un flujo de 200 a 300 ml/minuto hasta el acceso venoso. Previamente se le han practicado al paciente ambos accesos, generalmente en un brazo. Por otro lado **un par de bombas** se encargan de dosificar el agua, especialmente tratada para diálisis, con bicarbonato y solución ácida a fin de preparar el dialisato. En el **dializador** es donde ocurre el proceso propiamente dicho, ya que en él se encuentra la **membrana semipermeable** que separa la sangre del líquido de diálisis. Es decir, a un lado de la membrana circula la sangre del paciente y al otro lado el líquido de diálisis. A fin de maximizar el área de contacto se utilizan múltiples fibras huecas o placas paralelas. Es en este lugar donde por difusión y ultrafiltración la sangre es limpiada y el exceso de líquido es evacuado. El resto de las partes de la máquina de diálisis tiene que ver con funciones de monitoreo y control.

Se deben **monitorear** en el **circuito sanguíneo** presiones de **succión** de la bomba peristáltica, de entrada al **dializador** y de la rama venosa al **acceso vascular**. También es importante monitorear la presión de **salida de la solución de diálisis**. Un **detector y atrapador** venoso de aire evita que el aire que pudiese haber entrado inadvertidamente al circuito sanguíneo ingrese mezclado con sangre al paciente. Este detector detecta burbujas por ultrasonido. Un **conductímetro** mide permanentemente la conductividad del líquido de diálisis, ya que su grado de concentración se verá reflejado en su conductividad eléctrica.

La utilización de una solución de diálisis fría no es peligrosa, excepto si el paciente está inconsciente, en cuyo caso puede producir hipotermia. Por otra parte, el uso de una solución de diálisis a más de 42 °C puede provocar hemólisis (ruptura de las estructuras sanguíneas). Por lo tanto, la máquina dispone de un sistema de **calefacción y control de temperatura** para tal fin.

Si la conductividad o la temperatura de la solución de diálisis exceden los límites, se activa una válvula de bypass para desviar la solución de diálisis directamente al desagüe. No obstante el circuito sanguíneo continúa circulando. En caso de existir fugas de sangre en la línea de salida del dialisato, un detector generalmente infrarrojo activa una alarma.

Una bomba adicional permite la infusión continua de heparina al paciente. La heparina es un anticoagulante.



- **Nota:** La diálisis también se puede realizar para eliminar de forma rápida las toxinas del torrente sanguíneo, en casos de envenenamiento o sobredosis por drogas.

Un capítulo aparte: el agua de diálisis

Los pacientes son expuestos a unos 120l de agua durante cada sesión de hemodiálisis. Todas las sustancias de bajo peso molecular presentes en el agua tienen un acceso directo a su torrente sanguíneo (como si fuesen administradas por vía intravenosa). Por esta razón es importante que la pureza del agua utilizada sea conocida y controlada. Además, los cultivos de bacterias en la misma deben mantenerse por debajo de 200ufc/ml. Todo centro de diálisis dispone entonces de una sala para el tratamiento de agua, ya que las exigencias de calidad del agua de diálisis superan ampliamente a los del agua potable. Para purificar el agua se utilizan los siguientes dispositivos:

Filtro de arena: Elimina las partículas gruesas en suspensión (mayores a 10 micrones). *Ablan-dador:* Constituido por resinas de intercambio iónico. *Filtro de carbón activado:* Posee poros con diámetros menores a 20 Å. Se utiliza para eliminar los contaminantes no iónicos, como el cloro. *Microfiltro:* Retiene las partículas menores a 5 micrones. *Filtro de ósmosis inversa:* El agua es empujada a través de una membrana semipermeable con poros pequeños que restringen el paso de solutos de bajo peso molecular (moléculas superiores a 150 Dalton). Elimina más del 90% de las impurezas. Finalmente, el agua tratada se almacena en un tanque y a través de una bomba de presión se envía a la sala donde se encuentran las máquinas de diálisis.

Preparado del dialisato

El dialisato es una solución concentrada que contiene los solutos apropiados. Para prepararlo, la máquina mezcla el agua tratada con solución ácida y con bicarbonato. Existen dos bombas encargadas de dosificar cada una de las sustancias mencionadas, de acuerdo a los valores deseados por el médico. Una bomba de solución de diálisis, conduce el líquido hacia el dializador y de ahí al desagüe.



13.5.4. Actividades

“Tratamiento de agua para diálisis”

- espacios y materiales: espacio áulico, Internet, bibliografía sugerida, video de programa;
- pauta de tiempo que se espere dura la actividad: seis horas;
- indicación de la parte (total, parcial) de visualización del video: momento en el que se explica el tratamiento de diálisis;
- descripción de la actividad: la actividad tiene por objetivo mostrar los procesos fisico-químicos alrededor de la preparación del dialisato, o sea el líquido de diálisis. La idea es que los alumnos diagramen una sala de tratamiento de agua para diálisis y sepan explicar los fenómenos que ocurren en cada etapa;
- asignación de alumnos/roles a la actividad: se puede dividir en grupos de estudio donde cada uno investigue sobre una parte especial del tratamiento de agua, que van desde el filtrado hasta la ósmosis inversa. Otro grupo a su vez realizará un plano de la instalación de una sala de diálisis;
- desarrollo de la actividad: luego de observar el video, se puede plantear un disparador

como ¿Observaron que el líquido de diálisis está en contacto con la sangre a través de una membrana? ¿Podríamos utilizar agua de la canilla para hacer diálisis? Una sesión de diálisis dura aprox. cuatro horas ¿Con cuánta cantidad de agua está en contacto la sangre del paciente durante una semana? Luego investigar en Internet sobre los requerimientos con los que debe cumplir el agua de diálisis (consultar normas nacionales e internacionales). Luego estudiar qué procesos fisicoquímicos se producen en cada etapa del tratamiento. Finalmente “diseñar” una sala de aguas que cumpla con estos requisitos;

- presentación del soporte donde los alumnos elaborarán los resultados: generar apuntes sobre el tema. Exponer con la ayuda de presentación Power Point;
- indicaciones acerca de la puesta en común: comparar los requerimientos de mínima de agua potable con respecto a los requerimientos necesarios para el agua de diálisis;
- evaluación de la actividad: a criterio del docente;
- alumnos/roles a la actividad: cada grupo se encargará de estudiar una etapa particular: filtración, ablandador de agua, tratamiento con carbón activado, ultrafiltración, lámparas ultravioleta, etc.;
- indicaciones acerca de la puesta en común: primero se expondrán los procesos por separado. Luego, el esquema de la sala de aguas.

13.6. Rayos X

13.6.1. Desarrollo de contenidos

Los rayos X han sido utilizados desde su descubrimiento para realizar imágenes de objetos opacos a la luz. Específicamente todos conocemos su utilidad para realizar imágenes en medicina. El video nos muestra cómo se producen los rayos X y a partir de los mismos cómo se forma una imagen. Pero también deja planteado un tema importante: la radiación X es del tipo ionizante, es decir, si se exceden ciertas dosis dañan el ADN de las células.

13.6.2. Temática de estudio

Antes del descubrimiento y aplicación de los **rayos X** a la formación de imágenes, los únicos medios no invasivos para **diagnosticar** enfermedades que afectaban a los órganos **internos** del cuerpo humano eran la palpación y la observación visual de ciertos síntomas y signos en la lengua, los ojos, la piel, la respiración, la orina, los dientes, etc. En los últimos 30 años los sistemas de diagnóstico por imágenes han crecido enormemente en sofisticación y efectividad, fundamentalmente debido a los avances en los algoritmos de procesamiento digital implementados en los microprocesadores y computadoras. En síntesis, las imágenes médicas permiten “**vernos por dentro**”...



Imagen 2D radiográfica

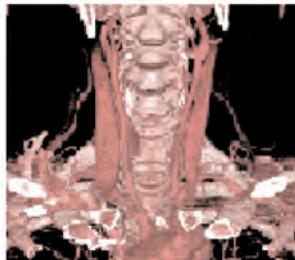
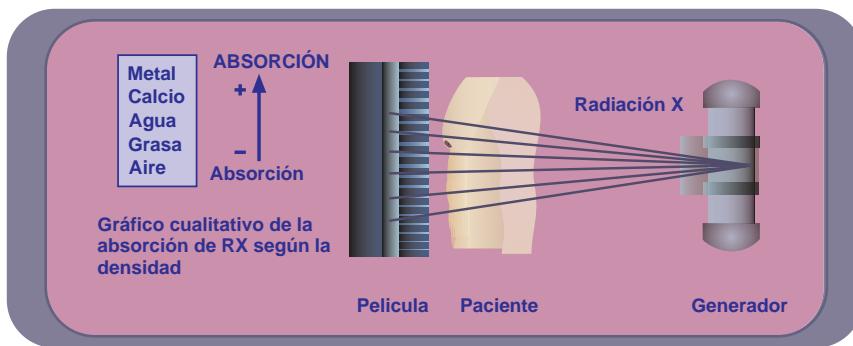


Imagen 3D de un tomógrafo

Principios de formación de una imagen bidimensional

La formación de imágenes en medicina se basa principalmente en detectar y procesar una onda electromagnética o mecánica luego de interactuar con el paciente. Se sabe que cuando una onda de energía suficiente, incide en un cuerpo, una parte de la misma se refleja y otra parte se transmite. Las ondas **reflejadas y transmitidas**, de alguna manera, contienen información del medio con el que interactuaron, ya que algunas de sus propiedades físicas son alteradas. Necesitamos entonces como mínimo dos dispositivos: uno que **emita** ondas y otro que las **detecte** luego de interactuar con el paciente.

Específicamente, una imagen de RX está formada por “**sombra**s”; la radiación **generada** por un tubo de RX incide en el paciente y es **atenuada parcial o totalmente** debido a las distintas densidades de los tejidos, músculos, huesos y órganos. Del otro lado, un dispositivo de detección y/o almacenamiento (placas de RX o sensores electrónicos) convierte la radiación transmitida a través del paciente en una imagen bidimensional.



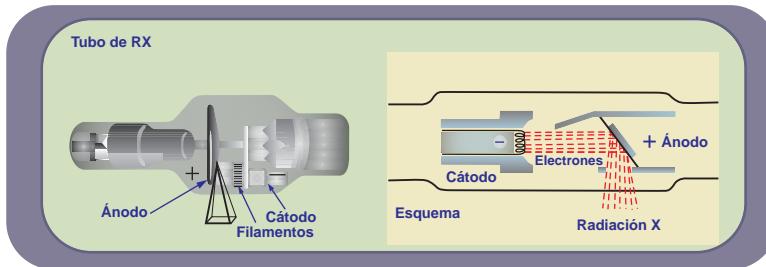
Con el advenimiento del procesamiento digital, estas ondas pueden ser “almacenadas” en una PC y **procesadas** por medio de poderosas **herramientas de software** basadas en algoritmos matemáticos, pudiendo llegar a obtener una imagen tridimensional a partir de varias bidimensionales. De esta manera la imagen de RX evolucionó desde un simple equipo con el que todos nos hemos realizado algún estudio, hasta aparatos sumamente complejos como el tomógrafo multicorte helicoidal de nuestros días.

Un poco de historia

Los rayos X son **radiación electromagnética** de alta energía y muy alta frecuencia. Son **invisibles** al ojo humano ya que su frecuencia está por encima del ultravioleta (extremo superior del espectro visible). Fueron descubiertos accidentalmente por el físico alemán Conrad Rontgen en 1895, mientras se encontraba experimentando con rayos catódicos. Se dio cuenta que se producía fluorescencia (emisión de luz) en una pantalla que se encontraba a unos metros de su lugar de trabajo. Atribuyó este efecto a que seguramente se estaba generando radiación durante sus experimentos. Luego llamó “rayos X” a esta radiación desconocida y estudió algunas de sus propiedades: viaja en línea recta, produce fluorescencia en ciertos minerales, permite proyectar sombras de estructuras internas de objetos opacos a los que puede penetrar, no se desvían por la acción de un campo magnético y pueden imprimir películas fotográficas. *Nota: La primera placa de rayos X que realizó Rontgen fue la de la mano de su esposa en 1895. En 1901 recibió el premio Nobel por su descubrimiento.*

Generación de radiación: el tubo de Rayos X

El mecanismo básico para producir RX no ha cambiado demasiado desde los primeros experimentos: dentro de una **ampolla** de vidrio, en la cual se practicó **vacío**, un **filamento** incandescente de tungsteno que oficia de **cátodo** produce **electrones** (efecto termoiónico) que van a **impactar** en un disco metálico sólido (**ánodo**). Con el fin de que los electrones ganen energía, se los acelera por medio de una **diferencia de potencial** (15 a 150Kv) entre ánodo y cátodo. Al chocar, los electrones interactúan con los átomos pesados del ánodo disminuyendo su velocidad. Durante el **frenado emiten RX** (fenómeno conocido como “radiación de frenado”), además de una gran cantidad de calor (casi el 99% de energía del haz de electrones se convierte en calor). Los tubos deben ser **refrigerados** generalmente con aceite de alta rigidez dieléctrica. Dependiendo de la aplicación, poseen ánodos giratorios (6000 r.p.m.). En este caso el haz de electrones no impacta siempre en la misma zona del ánodo, permitiendo disminuir la temperatura de trabajo del mismo (menor densidad de potencia Watt/cm²).



El tubo se coloca dentro de una **carcasa o “calota”** llena de aceite. La misma posee una ventana por donde se emite la radiación generada por el tubo. Con fin de dirigir la radiación hacia la zona de estudio se adjunta a la ventana de la calota un **colimador**.

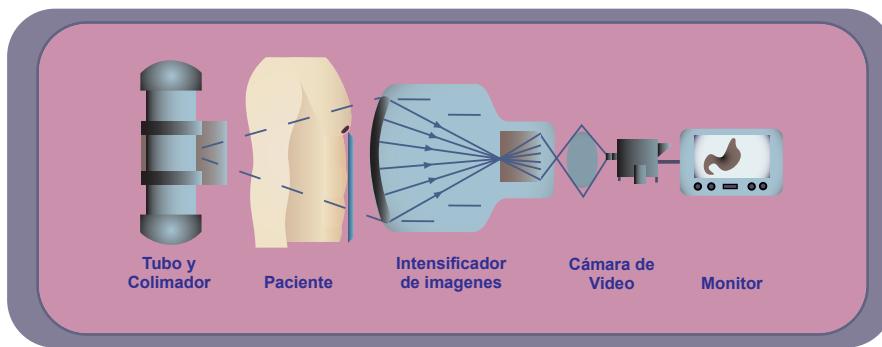
Medios de detección y almacenamiento

El medio convencional de almacenamiento de una imagen de RX es la “**placa radiográfica**” como vulgarmente se la conoce. A fin de obtener una imagen se la coloca dentro de un chasis rectangular que contiene en su interior un par de pantallas, llamadas **reforzadoras**, que convierten los RX en luz. El paciente se ubica entre el tubo y el chasis. Es importante notar que la imagen en la placa se forma por la luz generada por la pantalla reforzadora y no por la acción directa de la radiación X, proceso similar al de una fotografía común. Para obtener la placa tal como la conocemos hace falta un paso más: **revelarla**. Para ello se dispone de un **cuarto oscuro** con equipos denominados **reveladoras automáticas de placas**. Estos aparatos están formados por un sistema o sistemas de rodillos que van transportando la placa secuencialmente por tres depósitos conteniendo revelador, fijador y agua. Sobre el final del recorrido, un sistema de calefacción realiza el secado de la placa, quedando lista para realizar el diagnóstico buscado. Para que el médico las pueda observar con mayor claridad se las ilumina en otro dispositivo denominado **negatoscopio**.

La imagen es creada en blanco, negro y varios tonos de gris. Los huesos y otras estructuras calcificadas aparecen casi blancas, ya que son mucho más densas que el tejido blando y absorben mayor cantidad de RX (la pantalla reforzadora emite poca luz). Contrariamente el músculo, la grasa y otros tejidos blandos aparecen en tonalidades más oscuras (desde el negro hasta diferentes tonos de gris).

A esta altura tenemos una imagen estática bidimensional en tonos de grises. Con el advenimiento de otros tipos de detectores se logró avanzar un poco más al poder observar imágenes en movimiento en un monitor de TV.

Un dispositivo denominado intensificador de imágenes convierte los RX que recibe en un extremo en una imagen luminosa en el otro extremo. Lo que sigue es simple: si colocamos una cámara de video en ese extremo y transmitimos hasta un monitor podremos observar el resultado en tiempo real.



Esta técnica se conoce como **radioscopia** y es muy utilizada por ejemplo por los traumatólogos durante las cirugías. Un equipo muy común que la utiliza es el denominado “**arco en C**”.

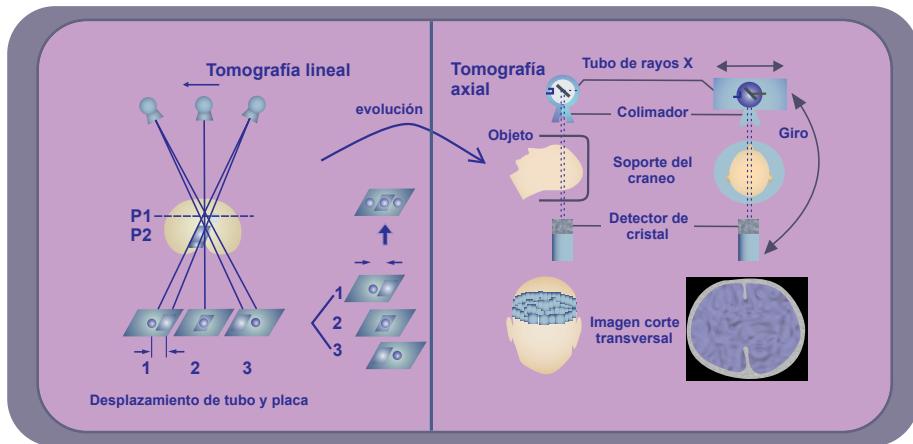
La utilización de **detectores gaseosos (gas xenón)** y de **semiconductores** (estado sólido) hizo posible convertir directamente la **radiación X en una señal eléctrica**. Y esto no es un hecho menor, ya que a esa señal la puedo procesar, filtrar, amplificar y **DIGITALIZAR** por medio de la

utilización de circuitos electrónicos denominados conversores analógicos digitales. Si tengo una señal digital entonces la puedo **almacenar en una computadora**. Por lo tanto, podría procesar una imagen utilizando **software** (al igual que una foto digital común), puedo tenerla en un **CD, DVD**, compartirla mediante el uso de una red, transmitirla, etc. Además las procesadoras de placas no necesitan líquidos de revelado (**procesadoras de placas “secas”**) sino que pueden utilizar **tecnología similar a cualquier impresora**.

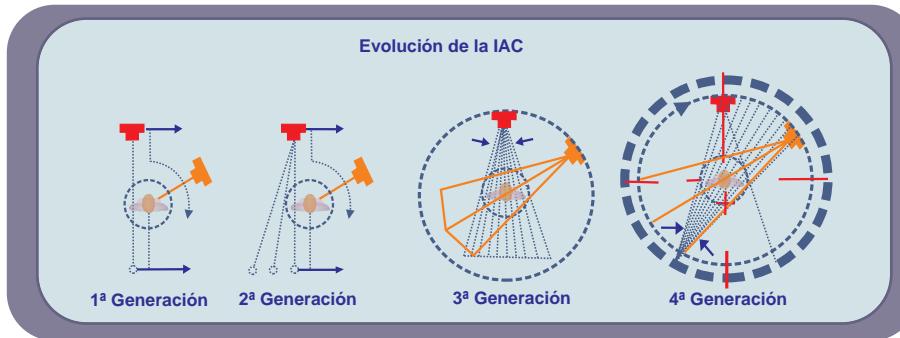
Hacia la imagen 3D

Un problema de la imagen bidimensional es que no puede distinguir órganos, tejidos, músculos que se hallen superpuestos desde el punto de vista de la incidencia del haz. Brinda muy poca información de profundidad y poco contraste entre tejidos de similares densidades.

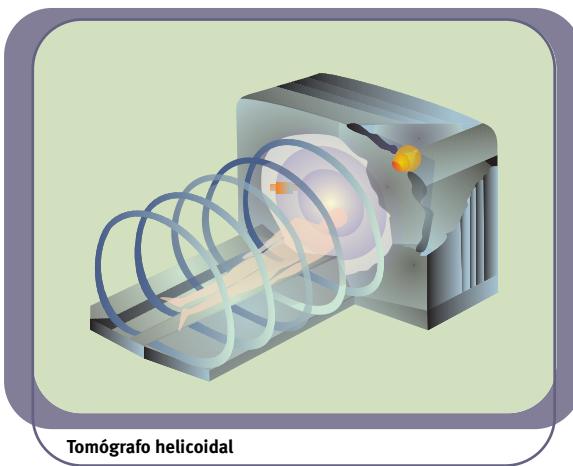
La solución a este problema la vino a dar la **Tomografía**, procedimiento por el cual se desplaza el conjunto tubo-detector alrededor del paciente, tomando múltiples proyecciones de rayos x que al procesarlas nos da una imagen del tipo “tajadas” del cuerpo llamados cortes transversales.



El equipo electromédico que realiza tomografía por rayos X se conoce como tomógrafo axial computado. El tomógrafo ha evolucionado tecnológicamente desde su invención (G. N. Hounsfield, 1970). Tenemos entonces tomógrafos de primera generación (desplazamiento y giro de un tubo y un detector), segunda generación (aumenta el número de detectores: 10 a 40), tercera generación (giro alrededor del paciente, haz de rayos en abanico y arreglo de 300 a 600 detectores), cuarta generación (anillo de detectores y sólo gira el tubo) y quinta generación (haz de electrones). La ventaja de uno sobre otro es la menor duración del estudio, es decir los tomógrafos son cada vez más rápidos. Para tener una idea los de tercera generación, que son los más difundidos, el tubo gira 360 grados en menos de 1 (un) segundo.



La imagen 3D se puede obtener con este tipo de tomógrafos superponiendo mediante un software de procesamiento de imágenes, distintos cortes transversales de un volumen determinado. Para cada corte que se realiza, el tomógrafo gira 180 grados alrededor del paciente, adquiere la imagen, desplaza la camilla con el paciente, gira nuevamente y realiza otra adquisición y así sucesivamente. Este proceso es lento y la imagen 3D tiene imprecisiones. A partir de este inconveniente surge el tomógrafo helicoidal, donde la camilla se mueve con velocidad uniforme, a la vez que el tubo va realizando giros ininterrumpidos. Si observamos este movimiento, se describe una hélice. La imagen 3D obtenida de esta manera es de calidad superior y los estudios más rápidos.



13.6.3. Actividades

“Debate: costo beneficio del uso de la radiación en los pacientes”

- espacio y materiales previstos según el tipo de actividad: espacio áulico, consulta con profesionales;
- pauta de tiempo que se espera dure la actividad: 5 horas;
- indicación de la parte (total, parcial) de visualización del video: donde se muestra el personaje del “Increíble Hulk”;
- descripción de la actividad: la actividad consiste en un debate, previa investigación, del uso de la radiación para tratamientos y diagnósticos en humanos a pesar de los efectos adversos de la misma;
- asignación de alumnos/roles a la actividad: se puede dividir en tres grupos donde cada

- uno investigue sobre un tema en particular: radiación aplicada al diagnóstico por imágenes, radiación aplicada al tratamiento de enfermedades y efectos nocivos de la radiación;
- desarrollo de la actividad: Primero se realizará una investigación sobre los temas expuestos en el ítem anterior. El grupo que investiga sobre efectos nocivos, puede también investigar con que aparatos se mide la radiación. Sugerencia: realizar entrevistas a profesionales médicos, ingenieros y físicos. Luego cada grupo expondrá el resultado de su investigación. Finalmente, se planteará un debate sobre las precauciones que deberíamos tener nosotros con la radiación (exposición al sol, por ejemplo, mujeres embarazadas que se deben hacer placas, personas que trabajan con máquinas de rx, cómo debería ser una sala de rayos x, etc.) y qué precauciones deberían tener los médicos cuando deben usar radiaciones con fines terapéuticos o de diagnóstico;
 - presentación del soporte donde los alumnos elaborarán los resultados;
 - indicaciones acerca de la puesta en común;
 - evaluación de la actividad: presentación de los trabajos.



13.6.4. Otras actividades sugeridas

“Resolver crucigrama con palabras del video” (variación jugar al ahorcado)

- espacio y materiales previstos según el tipo de actividad: trabajo áulico, video del programa;
- pauta de tiempo que se espera dure la actividad: cuatro horas;
- indicación de la parte (total, parcial) de visualización del video: visualización total del video;
- descripción de la actividad: actividad que tiene por objetivo reforzar el aprendizaje de los nuevos términos o términos específicos utilizados por los personajes en el video;
- asignación de alumnos/roles a la actividad: se sugiere realizar formar equipos de trabajo de no más de cuatro alumnos;
- desarrollo de la actividad: la actividad consiste en observar el video tantas veces como sea necesario. Luego implementar juegos de crucigrama utilizando la terminología específica de los temas tratados en el video. Por ejemplo: se toman palabras (ej.: catéter, termodilución, etc.) y la definición dada por el personaje en el video. A partir de ahí se puede armar un crucigrama que involucre demás términos. Cada equipo puede generar uno distinto;
- presentación del soporte donde los alumnos elaborarán los resultados: papel. Luego se pueden almacenar en formato digital;
- indicaciones acerca de la puesta en común;
- evaluación de la actividad: cada grupo intentará resolver el crucigrama hecho por los demás.

“Proyecto tecnológico: Armado de un estetoscopio electrónico”

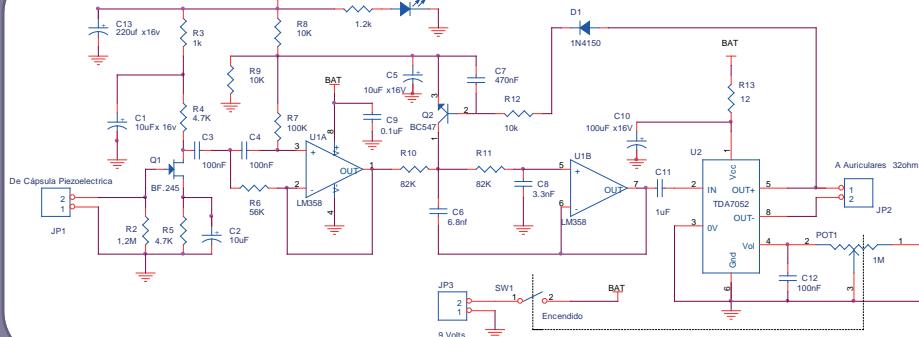
LISTA DE MATERIALES

ÍTEM	CANT.	REF.	DESCRIPCIÓN
1	1	C1	10uFx 16v capacitor electrolítico
2	1	C2	10uFx 16v capacitor electrolítico
3	3	C3, C4, C12	100nF capacitor poliéster
4	1	C5	10uF x16V capacitor electrolítico
5	1	C6	6.8nF capacitor poliéster
6	1	C7	470nF capacitor poliéster
7	1	C8	3.3nF capacitor poliéster
8	1	C9	0.1uF capacitor poliéster
9	1	C10	100uF x16V capacitor electrolítico
10	1	C11	1uF capacitor poliéster
11	1	C13	220uf x16v capacitor electrolítico
12	1	DL1	LEDON led verde 5mm
13	1	D1	1N4150 diodo
14	1	JP1	conector jack hembra de 2mm (entrada sensor)
15	1	JP2	conector jack hembra de 3mm (salida auriculares)
16	1	JP3	conector para batería de 9 Volts (entrada batería)
17	1	Q1	BF.245 transistor de efecto de campo
18	1	Q2	BC547 transistor bipolar
19	1	R1	1.2K resistencia 5% 1/4 W
20	1	R2	1.2M resistencia 5% 1/4 W
21	1	R3	1k resistencia 5% 1/4 W
22	2	R4, R5	4.7K resistencia 5% 1/4 W
23	1	R6	56K resistencia 5% 1/4 W
24	1	R7	100K resistencia 5% 1/4 W
25	3	R8, R9, R12	10K resistencia 5% 1/4 W
26	1	R10, R11	82K resistencia 5% 1/4 W
27	1	R13	12 ohms resistencia 5% 1/4 W
28	1	SW1	Interruptor (puede estar incorporado en POT1)
29	1	U1	LM358 doble amplificador operacional
30	1	U2	TDA7052 Circuito integrado amplificador 1W
31	1	1M	POT1 potenciómetro con interruptor
32	1		Sensor: cápsula piezoeléctrica
33	1		Auriculares de 32 ohms
34	1		1 metro de cable de 1 conductor + malla (para el sensor)
35	1		conector miniplug macho (para el sensor)
36	1		Plaqueta para circuito impreso de 5x5cm

Breve descripción

Utilizando un transductor piezoelectrónico, auriculares y un circuito amplificador electrónico se implementará un estetoscopio de forma tal de poder escuchar y registrar los latidos del corazón.

Esquema eléctrico



Principio de funcionamiento

La señal procedente de la cápsula piezoelectrónica es amplificada por el transistor de efecto de campo Q1 y acoplada al filtro pasa-altos formado por el amplificador operacional IC1A y C3-C4-R6-R7. La frecuencia de corte del filtro es de 20Hz, es decir, todas las frecuencias inferiores a dicho valor serán bloqueadas por este circuito. A su vez, IC1B, R10,R11, C6 y C8 forman un filtro pasa-bajos de 400Hz de frecuencia de corte. Por lo tanto, los dos circuitos se comportan como un filtro que limita en banda a la señal.

Una vez filtrada, la señal es amplificada por IC2 y entregada a los auriculares. El volumen se puede regular desde R14. Una mención aparte merece el circuito implementado con Q2-D1 y R12. En caso de que la cápsula piezoelectrónica sea golpeada accidentalmente, este circuito limita el nivel de la señal de forma tal que el volumen de la misma en los auriculares no sea perjudicial para el oído.

Notas:

- 1- el potenciómetro R14 debería ser con corte, para encender y apagar el equipo desde el mismo;
- 2- utilizar un cable apantallado para montar armar el transductor. De un lado soldar el conductor central al disco central de la cápsula y la malla al disco ex-

terno de la misma. La otra punta del cable soldarla a una ficha miniplug macho;

3- utilizar una batería de 9 Voltios para alimentar al dispositivo con su correspondiente conector debidamente soldado a la placa;

4- utilizar para la entrada del transductor una ficha mini jack hembra tipo mono 2mm y para la salida de auriculares una minijack hembra tipo estéreo;

5- el disco piezoelectrónico se puede montar dentro de un receptor cilíndrico con el fin de fabricarle un soporte al mismo.

• **Investigar y responder:**

- ¿quién inventó el estetoscopio?
- ¿cómo fue construido ese primer instrumento?
- ¿cómo es en la actualidad?
- ¿para qué utiliza un médico un estetoscopio?
- ¿de qué palabras deriva “estetoscopio”?

- Se puede conectar la salida de auriculares a la entrada de sonido de la PC a través de un cable mallado terminado en ambos extremos con un conector plug macho. Luego con alguna aplicación registrar o grabar los ritmos cardíacos obtenidos. *Observar y anotar para discutir.*
- Cuando escuchamos los latidos del corazón, un tono es más agudo y breve y el otro es más grave y prolongado: ¿a qué se debe cada uno de ellos? *Observar y anotar para discutir.*¹



Más actividades sugeridas

CLASE DE ACTIVIDAD	ACTIVIDAD SUGERIDA
Ejercitación	Responer un cuestionario sobre temas tratados en el video
Prototipos	Armado de un generador elemental de ritmos cardíacos, de un estetoscopio y de un ecg básico.
Investigación	Método de termodilución para medir gasto cardíaco.
Preparar y exponer monografías sobre distintos temas	Ecografía, fibras ópticas, medición de temperatura, lámparas, CCD, (la idea es dar temas disparadores para ampliar lo que se observa en el video)
Ejercitación	Luego de investigar el funcionamiento de un tubo de RX, implementar un video animado donde se observe el funcionamiento del mismo. <i>(Una variante de la anterior) Tomar un tema del video que a criterio de los alumnos no esté explicado con la suficiente profundidad. Luego, armar un video didáctico sobre el tema específico.</i>

¹ Fuente del proyecto: *Revista Saber Electrónica*, Nro. 263, ISSN 0328-5073, Año: 22 /2009.

13.7. Bibliografía

| Gómez de Gabriel, J. M.; Ollero Baturone, A.; García Cerezo, A. J.; *Teleoperación y Telerrobótica*, Madrid, Prentice Hall, 2006.

| Carbajal Ramos, Adrián; “Cirugía robótica” en www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/ciberhabitat/hospital/textos/texto_crobotica.htm