

Innovación y equipamiento tecnológico

Enric Agustí Fabré
Sergi Camacho Clavijo

PID_00213408

Índice

Introducción.....	5
1. Gestión y TIC.....	7
1.1. Gestión y TIC a nivel de macrogestión	7
1.2. Gestión y TIC a nivel de mesogestión	9
1.2.1. A nivel logístico	9
1.2.2. A nivel asistencial	9
1.3. Gestión y TIC a nivel de microgestión	9
1.3.1. Relación médico-paciente. Visión general	10
1.3.2. Relación médico-paciente. Visión operativa	11
1.3.3. Novedades en la gestión de centros sanitarios	12
2. Cómo influyen las TIC y las orientaciones en la gestión sobre el diseño de centros sanitarios.....	14
3. TIC y salud. Diferentes tecnologías y abordajes.....	18
3.1. ¿Cambios solo en los países desarrollados?	19
3.2. Principales mejoras tecnológicas en las TIC	20
3.2.1. Mejoras en los medios de comunicación	20
3.2.2. Mejoras en las formas de comunicación	26
3.2.3. Mejoras en la automatización de las decisiones (inteligencia artificial)	30
3.3. Aplicaciones en el sector salud	30
3.4. Apoyo a los procesos asistenciales	32
3.4.1. Gestión de pacientes	32
3.4.2. Historia clínica electrónica	35
3.4.3. Receta electrónica	38
3.4.4. Diagnóstico	40
4. Equipamiento tecnológico.....	51
4.1. Equipamiento hospitalario en el diagnóstico por la imagen	51
4.2. Medicina nuclear	61
4.2.1. Gammacámara	61
4.2.2. Tomografía por emisión de positrones (PET)	62
4.3. Equipamiento en oncología	64
4.3.1. Radioterapia	64
4.3.2. Radioterapia guiada por la imagen (IGRT) y radioterapia adaptativa (RTA)	66
4.3.3. Radioterapia intraoperatoria (RIO)	67
4.3.4. Radioterapia estereotáxica	67
4.3.5. Protonterapia	69

4.3.6. Braquiterapia	69
4.4. Cirugía robótica	70
4.5. Procesos de soporte hospitalarios	72
4.5.1. Unidad de logística	72
4.5.2. La preparación automática de pedidos o <i>picking</i>	73
4.5.3. La distribución automática de pedidos	75
Bibliografía	77

Introducción

Dividiremos la exposición sobre las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y la gestión en tres partes. En una primera parte, nos centraremos en la influencia de las TIC sobre la gestión propiamente dicha; en una segunda parte, se mencionará cómo influyen las TIC sobre el funcionalismo de los centros sanitarios; en una tercera parte, se detallarán los diferentes soportes tecnológicos que hacen posible una mejoría de la gestión gracias a las TIC, y finalmente se hablará del equipamiento tecnológico de los hospitales.

1. Gestión y TIC

No cabe duda de que las TIC están cambiando las relaciones entre los pacientes, los profesionales y los gestores de la salud. Está claro que en el ámbito de la ciudadanía la tecnología ha permitido una mejor y más rápida comunicación entre los pacientes y los demás integrantes del sistema sanitario. Para los profesionales, las TIC permiten una mejor reingeniería de los distintos procesos asistenciales y, por fin, en cuanto a los gestores, estos han de ser capaces de aprovechar toda la tecnología posible para hacer que el sistema sanitario sea, esencialmente, de una mayor calidad y eficiencia. Para hacer más entendible la exposición, esta parte del capítulo la dividiremos en tres partes: en que afectará y modificará la gestión sanitaria la evolución de las TIC en los niveles de microgestión, mesogestión y macrogestión.

1.1. Gestión y TIC a nivel de macrogestión

En una excelente infografía, la consultora Accenture ilustra las cinco tendencias que, a su juicio, deben alimentar la transformación de los sistemas sanitarios:

- 1) Difuminar las fronteras entre actividad asistencial digital y física mediante plataformas personales de salud.
- 2) Potenciar las redes sociales de pacientes para compartir no solo experiencias personales, sino datos para trabajos científicos.
- 3) Abrir las bases de datos que genera la actividad sanitaria para el uso científico, hasta conseguir ser un instrumento útil para la implicación de los pacientes en las decisiones clínicas que les afectan.
- 4) Elevar a la nube el almacenamiento de datos clínicos para obtener economías de escala, más accesibilidad y más cooperación entre proveedores de servicios de salud.
- 5) Potenciar programas (apps) que mejoren la comunicación clínica entre pacientes y profesionales de la salud en la línea de la atención centrada en las personas.

Los elementos de macrogestión más importantes que se están implantando y deben implantarse en los sistemas sanitarios son la interoperabilidad de todos los que forman el sistema sanitario, la historia clínica compartida y la carpeta personal de salud.

a) **Interoperabilidad.** Los retos actuales del sistema sanitario son la eficiencia y la integración asistencial, sobre todo en el momento de tratar a los pacientes crónicos. Un sistema sanitario fragmentado tanto vertical como horizontalmente es, a todas luces, ineficiente y con pocas posibilidades de tratar integralmente a los pacientes. Las TIC, mediante la posibilidad de interactuar en la misma plataforma tecnológica, son el instrumento necesario para unificar guías clínicas (con todas las posibles variables de la oferta) y poner en marcha efectivamente protocolos integrales de seguimiento y tratamiento de los pacientes. Asimismo las TIC, en un sistema integrado, permiten un seguimiento epidemiológico y de la oferta/demanda del sistema sanitario.

b) **Historia clínica electrónica.** Fundamental desde todos los puntos de vista. La historia clínica debe ser plenamente accesible a los profesionales de la salud a fin de poder conocer en todo momento y lugar cuáles son las características sanitarias de los pacientes (evidentemente con todas las garantías de seguridad posibles); es el pilar básico de la atención integral de los pacientes, sobre todo de aquellos con pluripatologías o enfermedades crónicas. La historia clínica debería contener como mínimo:

- Los informes de las altas hospitalarias de los pacientes.
- Todas las pruebas complementarias a las que ha estado sometido, a fin de evitar duplicidades.
- Informes complementarios que puedan ayudar a los profesionales a conocer mejor la patología del paciente.

c) **Carpeta personal de salud.** Los pacientes deben tener acceso a sus datos médicos. Podemos decir que la carpeta personal es el elemento imprescindible del paciente para poder relacionarse con el sistema sanitario; además de los datos pertinentes de la historia clínica, la carpeta personal deberá contener aquella información de salud pública relevante para la persona, como podrían ser los calendarios de vacunaciones, consultas médicas, hábitos alimentarios, consejos sanitarios, etcétera. La accesibilidad a la carpeta personal de salud ha de ser una de las características más importantes, se deberían hacer todos los esfuerzos para que, vía apps o similares, las personas pudieran acceder a sus datos sanitarios.

El elemento complementario que merece un apartado exclusivo es la introducción de la **receta electrónica**. Dado que el gasto farmacéutico es una de las partidas más importantes de los presupuestos en salud, es lógico que se replanteen toda una serie de medidas para mejorar la eficiencia y regular el uso correcto de los medicamentos. La receta electrónica permite una mejor trazabilidad en el circuito receta-dispensación de los medicamentos, una racionalidad y una mejor calidad en el circuito. Aunque es una medida muy específica, la receta electrónica puede formar parte de la carpeta personal de salud de los pacientes. En el último apartado, profundizamos más técnicamente sobre cómo llevar a cabo la introducción de la receta electrónica.

1.2. Gestión y TIC a nivel de mesogestión

En este nivel podríamos decir que se encuentran casi todos los apartados que hemos mencionado sobre TIC y macrogestión y los que mencionaremos sobre TIC y microgestión. No obstante, las TIC han contribuido específicamente a mejorar y desarrollar toda una serie de apartados estáticos y dinámicos que han servido para mejorar la eficiencia entre ellos.

1.2.1. A nivel logístico

- La creación de **plataformas logísticas**, tanto en los centros sanitarios como en las grandes centrales de distribución, ha contribuido a la contención de costes.
- La **robotización** de la distribución de los pedidos hospitalarios.
- La introducción de elementos de **control de activos** en los centros, etcétera.

1.2.2. A nivel asistencial

- La introducción a nivel hospitalario de la **unidosis** de farmacia ha contribuido a mejorar aspectos de eficiencia (menos stocks en las unidades de hospitalización), calidad (interacciones medicamentosas) y trazabilidad.
- La introducción de los sistemas de **citación electrónica**, no únicamente en el propio centro sino también los recordatorios de citación mediante SMS, han contribuido a una mejora cualitativa en la atención.
- La posibilidad de poder comunicarse en línea con el centro en las **visitas domiciliarias** para conocer en todo momento la historia del paciente, tanto en las visitas urgentes como en las programadas.
- La introducción de las **vías telemáticas** para diagnóstico y comunicación entre médicos será fundamental a fin de mejorar la equidad de acceso en aquellos lugares donde o bien la densidad de población es baja o bien el número de sanitarios es bajo. Esta tecnología permite que la teleasistencia sea posible y nos pueda proporcionar un nivel de calidad asistencial óptimo.

1.3. Gestión y TIC a nivel de microgestión

Vamos a centrar la exposición en el acto sanitario por excelencia: la relación médico-paciente (y por extensión la relación sistema sanitario-paciente).

1.3.1. Relación médico-paciente. Visión general

Repasaremos una serie de elementos que cabe tener en cuenta:

1) **Relación asimétrica.** Tradicionalmente la relación médico-paciente se ha constituido como una relación de conocimientos asimétrica en la que el médico siempre tenía la última palabra. Actualmente, el acceso a internet es universal, así como las posibilidades de conocer más y mejor las enfermedades por parte de los pacientes. La relación médico-paciente, bajo este prisma, se está “democratizando” y, por tanto, se entra en un tipo de relación en la que se discute más sobre aspectos cualitativos y de pronóstico-tratamiento, y que requiere un esfuerzo más importante por parte del médico para adaptarse a los tiempos actuales. Para poder conocer la información a la que puede acceder el paciente, es importante intentar seleccionar las fuentes de información para que sean lo más objetivas posibles. Destacamos dos tipos de webs que cabe considerar:

- Webs oficiales de los colegios de médicos o asociaciones científicas sobre las patologías en cuestión.
- Webs oficiales de las asociaciones de pacientes que nos proporcionan una fiabilidad que suele venir avalada por argumentos científicos.

Aunque actualmente la Wikipedia es el instrumento que más se utiliza tanto por el personal sanitario como no sanitario, las consultas de internet deberían orientarse hacia webs o blogs de reconocida calidad y verificabilidad, tal como hemos mencionado. Ello es de especial relevancia en tres tipos de pacientes en particular:

- Los pacientes con patología neoplásica sobre la que la prensa generalista va anunciando las últimas novedades sobre los avances contra esta enfermedad, cuando la mayoría de las noticias suelen ser relativas a mejoras del tipo experimental, con poca repercusión clínica a corto plazo. Esto hace imperativo que las webs especializadas de las sociedades científicas relacionadas con patologías oncológicas puedan indicar a los pacientes su inmediata (o no) aplicabilidad.
- El segundo grupo de pacientes que acuden con asiduidad a la red son aquellos que sufren algún tipo de patología relacionada con las enfermedades raras. Estos pacientes necesitan tener información que debe ser obtenida a través de las sociedades científicas o a través de blogs de las asociaciones de pacientes con enfermedades raras, que generalmente ofrecen una información que es de altísima calidad para los pacientes que sufran este tipo de enfermedades.
- El tercer grupo de pacientes a los que es necesario ayudar a conocer mejor su patología a través de la Web son aquellos que presentan enfermedades

crónicas, tales como ICCV, Diabetes mellitus, EPOC, depresión, etcétera. Aquí las sociedades científicas juegan un papel fundamental en el momento de establecer tratamiento y pronóstico para estas enfermedades.

2) Sobrecargar de tratamientos innecesarios e inefectivos a los pacientes.

Actualmente una de las discusiones más importantes, desde el punto de vista clínico, es la de evitar tratamientos y pruebas que no aportan valor añadido, sobre todo en pacientes con patología crónica. La concienciación de los profesionales, unida a esta pérdida de la relación asimétrica médico-paciente, va a conducir necesariamente a encaminar el proceso asistencial hacia una mejoría cualitativa en el manejo de los pacientes, sobre todo los pacientes con pluripatología.

3) **Integración asistencial.** Sigue siendo una de las asignaturas pendientes de la atención integral a los pacientes, pero se está viendo positivamente mejorada gracias a las TIC. La integración asistencial no es posible sin una integración efectiva de un único sistema de información a todos los niveles de atención. El paradigma de la integración es la historia clínica electrónica y, como consecuencia, la carpeta personal de salud que permite a los pacientes tener acceso a los acontecimientos relacionados con su salud.

4) Aplicación de la **medicina basada en la evidencia** sobre todo a nivel de la accesibilidad y las garantías de calidad de los protocolos, todo gracias a la introducción y generalización de la historia clínica electrónica.

1.3.2. Relación médico-paciente. Visión operativa

Desde un punto de vista operativo, y como ya se mencionará posteriormente en el capítulo, las TIC han contribuido a mejorar la relación médico-paciente.

1) Ahora el paciente puede llegar a tener acceso a su historia personal de salud. Puede conocer y ser avisado sobre todas las relaciones que va a tener con el sistema sanitario (visitas, analíticas, pruebas especiales, etcétera.). Tiene acceso directo a través de la red, o telefónicamente, a todo tipo de consejos y avisos sanitarios, así como a ayudas en caso de emergencias, no solo *in situ* sino también vía telemática.

2) El médico puede tener acceso a protocolos, resultados, etcétera, en línea.

3) La relación médico-paciente, tal como la conocemos ahora, ha ido evolucionando en los últimos tiempos, así pues:

- La introducción de los diagnósticos vía telemática (fondos de ojo, diagnósticos dermatológicos, electrocardiográficos, TAC, etcétera) ha hecho más universal la relación, clásicamente muy cerrada.

- La introducción de la posibilidad de contactos en línea de los pacientes con su médico o enfermera ha dinamizado la relación y permite, sobre todo en patologías crónicas (diabetes, EPOC), un mejor control y estabilidad de los pacientes.
- La introducción de la atención inmediata en pacientes con patología aguda ha permitido mejorar la supervivencia, sobre todo:
 - en pacientes ancianos con sistemas de telemonitorización, a través de los sistemas de alarma ya preestablecidos;
 - en pacientes con patologías tiempo-dependiente como pueden ser los que sufren de IAM o de Ictus. Los protocolos mediante la introducción masiva de las TIC han permitido rebajar sustancialmente la mortalidad y las secuelas;
 - en pacientes que sufran una muerte súbita, la introducción de los desfibriladores automáticos en edificios o zonas con grandes aglomeraciones permite aumentar la supervivencia de este tipo de pacientes.
- Por último, la telemedicina de las consultas, mediante la introducción de sistemas inteligentes de comunicaciones en los que el médico y el paciente mantienen lo esencial del acto médico, es posible en la actualidad y sobre todo en aquellos lugares con escasez de especialistas, con resultados muy prometedores tanto desde el punto de vista médico como del paciente.

Por tanto, ahora y en el futuro las TIC irán aumentando la capacidad de conocimiento y solo podemos esperar que, en un futuro, sigan contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los pacientes.

1.3.3. Novedades en la gestión de centros sanitarios

Tradicionalmente la gestión de centros sanitarios se ha basado en estructuras de tipo piramidal, en el que el vértice de la pirámide lo ocupa el director del centro o su gerente, y el hospital se divide en direcciones asistenciales, que son la dirección médica y la dirección de enfermería; la dirección económico-financiera; la dirección de recursos humanos, y la dirección de servicios generales/logística. No obstante ha habido toda una serie de iniciativas de cambios en la gestión que merecen ser tenidas en cuenta:

- **Unidades de gestión clínica:** una serie de profesionales gestionan la atención integral intrahospitalaria de pacientes afectados de determinadas patologías, normalmente asociadas a alteraciones de aparatos o sistemas.
- **Institutos de gestión:** en determinados grandes hospitales, se constituyen institutos de gestión intrahospitalares con autonomía de gestión y logados a resultados tanto asistenciales como económicos.

- **Gestión de pacientes:** por criterios de intensidad de atención en determinados hospitales y no por criterios de ordenación de los pacientes por servicios.

2. Cómo influyen las TIC y las orientaciones en la gestión sobre el diseño de centros sanitarios

En el apartado anterior hemos mencionado la influencia de las TIC sobre la gestión. Es evidente que todos los adelantos tecnológicos han hecho replantearse en múltiples ocasiones los diseños funcionales de los centros sanitarios. A tal efecto mencionaremos cuáles son las modificaciones más sustanciales respecto a los centros de hospitales de agudos, centros de atención primaria y socio-sanitarios.

a) Los **hospitales de agudos** deberán reacondicionar sus espacios:

- **Logística.** Dado que puede ser factible una posible terciarización de aquellos servicios auxiliares esencialmente hoteleros, tipo lavandería, restauración, etcétera, los espacios tradicionalmente muy grandes deberán adecuarse más a centrales de recepción y emisión de materiales.
- **Material sanitario.** Fármacos. Actualmente, las grandes centrales de distribución así como los servicios de reparto *just in time* hacen que la arquitectura de estas zonas sea más un centro de paso hacia los lugares finales de dispensación que una zona de almacenaje en sí misma. A nivel de farmacia, la introducción de la dispensación por unidosis en los centros reduce considerablemente el espacio destinado al material sanitario en las estaciones de enfermería en las plantas.
- **Espacios asistenciales.**
 - **Archivo de historias clínicas.** Aunque anteriormente ocupaba una superficie más que considerable, la digitalización de las historias, la introducción de la historia clínica electrónica, los accesos a la nube en búsqueda de información de los pacientes hace que, en la actualidad, este apartado deba ser considerado como residual en relación con un espacio físico determinado.
 - **Laboratorio de análisis clínicos.** La concentración de laboratorios en grandes macrocentros de referencia hace que el hospital se plantee tener únicamente espacios para las extracciones sanguíneas y un laboratorio para determinaciones urgentes, con lo que se reduce el espacio destinado a laboratorios clínicos.
 - Teniendo en cuenta que es previsible que cada vez más se incrementen los elementos que ayuden a una **medicina no presencial** (telemedicina, consultas virtuales entre sanitarios a diferentes niveles, visitas no presenciales, etcétera) es importante la creación de centros de comu-

nicaciones y de relación entre profesionales, especificando en el hospital los espacios físicos y los dispositivos que están su alcance.

- Se debería potenciar todas aquellas zonas relacionadas con la **atención ambulatoria**, ya que las nuevas tecnologías permiten realizar ambulatoriamente elementos diagnósticos y terapéuticos no realizados anteriormente. Por lo tanto, zonas de gabinetes de diagnóstico, unidades de hospital de día y quirófanos de cirugía ambulatoria deberán ser prioritarias en el diseño hospitalario.
- **Unidades de hospitalización.** Deberían diseñarse las unidades dependiendo de las necesidades de atención esperadas. Así pues, aunque la mayoría de las unidades deberían ser estándar teniendo en cuenta la estancia media y la complejidad del hospital, se debería contar con unidades diseñadas para pacientes con necesidades más complejas. Por ejemplo, la introducción de una sala de curas para pacientes con patología compleja podría ser obligatorio en ciertas unidades, y prescindir de ella en las unidades con pacientes ingresados con una complejidad media o baja.
- Asimismo es obligada la potenciación o reserva de espacio en las unidades de **diagnóstico por la imagen**. Las tecnologías sanitarias han incrementado su capacidad de diagnóstico y tratamiento, sobre todo en lo relacionado con el diagnóstico por la imagen, y es de esperar que sigan el mismo recorrido en las siguientes décadas.
- Las **zonas quirúrgicas** deberán pensarse como grandes centros de alta resolución, pues la cirugía ambulatoria y la cirugía mínimamente invasiva son elementos que hay que potenciar.

b) En los centros de atención primaria, deberíamos actuar a dos niveles:

- La **telemedicina** y la virtualidad asistencial, pues al igual que pasa con los hospitales se han de crear centros de comunicaciones asistenciales en los centros de salud. La posibilidad de utilizar instrumentos hoy en día generalizados, como los *smartphones*, para incentivar la comunicación médico-paciente hace casi infinitas los nuevos canales de relación entre ellos.
- Se deberían adecuar **espacios de diagnóstico y tratamiento** a fin de poder mejorar la capacidad de resolución de los profesionales. Más consultas generalistas así como gabinetes específicos de diagnóstico (ecográfico por ejemplo) y tratamiento (lesiones dermatológicas, pequeña cirugía, etcétera) son necesarios en el momento de diseñar los centros de salud.

c) Los **centros de media estancia sanitarios** se han de adecuar a la evolución de las TIC y de los cambios demográficos y sanitarios actuales y futuros. El papel de este tipo de centros, que atenderá cada vez más a pacientes con pluripatología y con estancias cada vez más largas, ha de ser:

- Incorporar las TIC como mecanismo de relación física y virtual con el paciente pluripatológico y crónico a fin de potenciar la atención domiciliaria para evitar ingresos innecesarios.
- Incorporar a las unidades de pacientes ingresados descompensados toda la tecnología necesaria, a fin de que los pacientes puedan ser atendidos integralmente sin haber de ingresar en hospitales de agudos.

Además de la adecuación de hospitales y centros de salud, elementos de política sanitaria pueden hacer necesaria la creación de centros específicos. Detallaremos dos de ellos por sus características singulares: los centros de alta resolución y los centros de urgencias de atención primaria:

1) Los **centros de alta resolución, u hospitales ligeros u hospitales sin camas**, son centros que suelen ubicarse en núcleos urbanos densamente poblados y cuya dependencia funcional depende de un hospital matriz plenamente equipado. Esencialmente se trata de unidades asistenciales de diagnóstico y tratamiento ambulatorio; constan de:

- Consultas externas ambulatorias.
- Hospital de día médico.
- Gabinetes de diagnóstico y tratamiento.
- Diagnóstico por la imagen.
- Centro quirúrgico diseñado para atender cirugía ambulatoria, incluyendo reanimación postoperatoria ambulatoria.
- Centros auxiliares para un funcionamiento eficaz del centro.

2) Otro dispositivo que es importante en aquellos lugares donde la atención urgente es un problema sanitario son los llamados **centros de alta resolución de urgencias, o centros de urgencias de atención primaria, o unidades de urgencias**, etcétera. La función de estos es la descongestión de los servicios de urgencias de los hospitales y atender con eficiencia a los pacientes de urgencias de la zona de influencia.

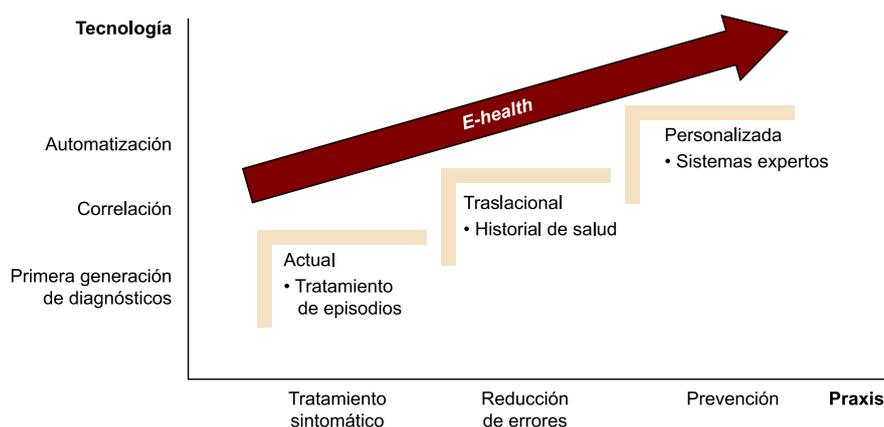
Al igual que los centros de alta resolución hospitalarios, estos centros se consideran unidades satélites de los hospitales que son sus referentes. Los centros de urgencias de alta resolución son unidades de urgencias que se caracterizan por:

- Disponer de una zona de clasificación de pacientes según la gravedad inicial.
- Disponer de una zona de atención a los pacientes en la que se distinga entre pacientes con gravedad hasta pacientes con urgencias diferidas.
- Disponer de una zona de observación.
- Disponer de tecnología para realizar exámenes complementarios, desde un ECG hasta una exploración de urgencias de diagnóstico por la imagen, así como una analítica de urgencias completa.
- El sistema de información ha de ser el suficiente para tener acceso a la historia clínica del paciente completa, así como una comunicación en línea con los hospitales y los servicios de emergencias médicas de la zona.

3. TIC y salud. Diferentes tecnologías y abordajes

Tal como hemos mencionado en los capítulos anteriores, la influencia de las TIC está cambiando las relaciones entre pacientes, empresas proveedoras de salud (centros de salud, hospitales, servicios de emergencia, etcétera) y sus pagadores (Administraciones, aseguradoras o particulares). La sociedad está asumiendo un sinnúmero de cambios provocados por las nuevas tecnologías y las nuevas y múltiples maneras de comunicarse, y sería muy difícil entender estas relaciones sin ellas. Son las TIC, por tanto, un elemento catalizador de la mayor parte de los cambios observados en la atención sanitaria en los últimos años. Además estos cambios se concentran no tanto en la mejora tecnológica directamente aplicada a la asistencia, como en mejoras en maquinarias para el diagnóstico o el tratamiento o mejoras en los mismos tratamientos farmacológicos, sino que se ubican más en las tecnologías móviles y de comunicación y de cómo estas afectan a los actuales paradigmas de los procesos asistenciales.

En esta parte del documento, nos centraremos en analizar cuáles son los principales cambios que observamos en las TIC y que afectan a las relaciones de los usuarios, proveedores y compradores, y no tanto en las mejoras tecnológicas de diagnóstico y tratamiento; también nos centraremos en cómo la aplicación de las TIC nos lleva a emprender un camino en el que, pasando por la medicina traslacional, avancemos hacia la medicina personalizada en la que se conjuren sistemas expertos, prevención y automatización de los controles.



Fuente: General Electric.

El fin es mejorar los procesos asistenciales, los mecanismos de información y comunicación entre agentes y agilizar los procesos de gestión y administración que los acompañan, conduciéndonos a una medicina personalizada en la que la referencia es el paciente. Todas las mejoras de las relaciones que se esta-

blecen entre estos agentes, los usuarios, proveedores y el comprador revierten en una mejor y más eficiente utilización de los recursos, ya que nos permiten distribuirlos allí donde generan más valor.

3.1. ¿Cambios solo en los países desarrollados?

Es lícito preguntarse si estos cambios observados en las TIC solo afectarán a los países desarrollados, ya que son solo estos países los que tienen acceso a esta tecnología. No obstante la experiencia nos dice que la mayor parte de los cambios producidos en los países en desarrollo son resultado de una combinación de imaginación más tecnología, debido a que se centran en los cambios en TIC suficientemente extendidos y al alcance de la mayor parte de la población, como puede ser la tecnología móvil. La mayor parte de estos cambios de paradigma que analizaremos están lo suficientemente “democratizados” como para suponer una igual, o incluso a veces superior, aplicación en los países en desarrollo.

Así en América Latina se están observando crecimientos económicos por encima del 4% en una situación de crisis mundial, aunque sigue teniendo dificultades a la hora de extender los efectos de ese crecimiento entre su población, fomentarlo y estabilizarlo y reducir las bolsas de pobreza y desigualdad en las que difícilmente podrán aplicarse esos cambios observados en las TIC. En diferentes seminarios sobre América Latina y su desarrollo, se sigue llegando a la conclusión de que el crecimiento sigue siendo clave en la reducción de la pobreza, pero si esto no se produce es la misma pobreza la que supone un freno al crecimiento e impide alcanzar cotas más elevadas de crecimiento y desarrollo. Esto afecta especialmente a América Latina, donde a la presión lógica observada de atender problemas asistenciales del mundo desarrollado (cardiovasculares, cáncer, alzhéimer, párkinson, etcétera) que aplica su crecimiento económico continuo, cabe añadirle una presión a la atención de problemas básicos de salud (deshidratación, enfermedades víricas, etcétera) propios de países subdesarrollados.

Son las TIC una oportunidad, si son bien gestionadas, de ir reduciendo la falta de servicios básicos (educación, sanidad) en los sectores más desfavorecidos de la sociedad y, por tanto, incidir sobre la mejora en la reducción de la pobreza, o bien, si son mal gestionados, sumar un nuevo elemento adicional a las desigualdades observadas, lo que se denomina la brecha digital.

En este sentido, hay diferentes aportaciones del desarrollo de los Objetivos del Milenio de la ONU establecidos en el 2000 y que deberían cumplirse en el 2015, en los que se señala la necesidad de que los beneficios de las TIC puedan estar disponibles para toda la población¹.

Referencias bibliográficas

II Seminario Internacional. Nuevos Desafíos del Desarrollo en América Latina. La perspectiva de jóvenes académicos y profesionales (2007).

Perry, G. E. y otros (2006). *Poverty Reduction and Growth: Virtuos and Vicious Circles*. Washington DC: The international bank for Reconstruction and Development/The World Bank.

V Congreso de Economía de la Salud de América Latina y el Caribe. Salud, protección social y desarrollo económico: el desafío de la sustentabilidad de los sistemas sanitarios (2012).

“Los desafíos de las nuevas políticas de desarrollo social en América Latina”. Seminario Internacional Desarrollo e Integração Regional na América Latina: revisões críticas e alternativas (2012, junio). Brasilia: CEPPAC.

⁽¹⁾ Naciones Unidas. *Informe de 2013. Objetivos de Desarrollo del Milenio*.

3.2. Principales mejoras tecnológicas en las TIC

Para analizar los principales cambios y cómo afectan estos después en los diferentes niveles asistenciales, los agruparemos en tres ejes:

- Mejoras en los medios de comunicación.
- Mejoras en las formas de comunicación.
- Mejoras en la automatización de las decisiones (inteligencia artificial).

Dentro del primer grupo encontraremos todos aquellos avances que tienen más que ver con los medios, como pueden ser la banda ancha, la comunicación inalámbrica o la geolocalización.

En el segundo grupo tenemos avances que afectan más al cómo, a la forma y manera en que comunicamos. Dentro de este apartado está la digitalización de contenidos, la encriptación, firma electrónica y otros aspectos de seguridad digital, la interoperabilidad y la estandarización de protocolos de comunicación y los equipos.

En lo que se denomina inteligencia artificial, encontraremos todos aquellos avances que tienen que ver con la automatización, la robótica o los dispositivos inteligentes.

3.2.1. Mejoras en los medios de comunicación

La comunicación inalámbrica

Las tecnologías inalámbricas son aquellas que dependen para su funcionamiento de ondas de radio, de microondas y pulsos de luz infrarroja para transportar las comunicaciones digitales sin cables entre dispositivos de comunicación. En cuanto a su alcance, se pueden distinguir los siguientes tipos de red.

WPAN (*wireless personal area networks*, red inalámbrica de área personal o red de área personal o *personal area network*) es una red para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto ordenadores, puntos de acceso a internet, teléfonos móviles, PDA, dispositivos de audio, impresoras, etcétera) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal. Entre las diferentes tecnologías de WPAN destacan Bluetooth y Zigbee.

WLAN (*wireless local area network*, red inalámbrica de área local) es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de estas. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas. La tecnología asociada a esta forma de red es Wi-Fi.

WMAN (*wireless metropolitan area network* o red inalámbrica de área metropolitana) es una red de alta velocidad que da cobertura a un área geográfica extensa y proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo sobre medios de transmisión inalámbricos. Destacadas tecnologías asociadas son WiMax.

WWAN (*wireless wide area network*) son típicamente redes celulares para telefonía móvil y transmisión de datos. Destacadas tecnologías asociadas son GSM (telefonía móvil 2G) y UMTS (telefonía móvil 3G y 4G).

Tecnologías WPAN

BLUETOOTH



Bluetooth es una especificación (especificación industrial: IEEE 802.15.1) para redes inalámbricas de área personal (WPAN) cuyo propósito es la conexión, intercambio de información y transmisión de voz entre dispositivos móviles tales como PDA, portátiles, teléfonos móviles, cámaras digitales, impresoras, etcétera, a través de una conexión de radio segura y de corto alcance. La tecnología Bluetooth fue diseñada con la intención de crear un estándar para la comunicación por radio que se pudiese utilizar en dispositivos pequeños, baratos, de bajo consumo y que pueda establecer una comunicación inalámbrica entre varios dispositivos que se encuentren a una distancia máxima de 10 metros (o incluso 100 metros en dispositivos de Clase 1). Está basada en una conexión de radio de corto alcance, dado que está pensada para uso personal.

En el ámbito sanitario, esta tecnología tiene múltiples aplicaciones como vía de comunicación entre terminales, como los diferentes aparatos biométricos comunicados directamente al programa de gestión asistencial y de historia clínica.

ZIGBEE

La Alianza Zigbee es una asociación de empresas que trabajan juntas para lograr el desarrollo de un estándar para productos de monitorización y control basados en el estándar IEEE 802.15.4. La principal característica del estándar Zigbee es la flexibilidad de la red, el bajo coste, el bajo consumo y la baja tasa de datos. Otra característica importante es la capacidad de crear redes *ad hoc* o autoorganizadas, a las que se pueden interconectar una gran cantidad de dispositivos tanto fijos como móviles.

Hay muchas aplicaciones de control y monitorización en entornos industriales y del hogar que requieren dispositivos con una larga duración de batería, con bajas tasas de datos y una baja complejidad, que estén basados en una tecnología estándar inalámbrica.

Está enfocado a aplicaciones que requieren dispositivos de bajo consumo que pueden funcionar con baterías, con una duración desde varios meses hasta varios años, y con una baja complejidad.

En el mundo sanitario, las aplicaciones a las que va enfocada esta tecnología son las que tienen que ver con equipos de control de crónicos, atención domiciliaria, automatización de sensores en el hogar y control de personas mayores.

Tecnologías WLAN

Wi-Fi

La tecnología Wi-Fi (*wireless fidelity*), basada en el estándar IEEE 802.11, se ha hecho muy popular en los últimos años. Se trata de una tecnología de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones de área local o WLAN (*wireless local area networks*). Sus velocidades de transmisión han permitido que Wi-Fi se establezca como la tecnología predominante en el acceso inalámbrico de banda ancha a internet, desbordando el ámbito de las aplicaciones y los servicios para los que fue inicialmente concebida. Conviene resaltar los siguientes aspectos técnicos de Wi-Fi:



- Se trata de una tecnología madura y con un grado de implantación elevado y en aumento.
- Supone una conexión sin hilos en banda ancha que permite la movilidad y necesita un proyecto para cada red.
- Tiene una enorme potencialidad al ser el primer protocolo estándar de conexión vía radio para WLAN, demostrando además su capacidad para ofrecer acceso a banda ancha a precios asequibles.
- Su viabilidad para soportar comunicaciones avanzadas (VoIP, datos e imagen) posibilita el soporte a servicios como telefonía, gestión integrada de sistemas, sistemas de información multimedia, transmisión de vídeo para seguridad, etcétera.

En el sector de la salud ya hay ejemplos de hospitales que funcionan con red Wi-Fi que conectan todos sus sistemas mediante esta tecnología.

Tecnologías WMAN

WIMAX

WiMax es la denominación de una certificación, pero que se extiende propiamente a la tecnología que cumple con esa especificación. Esta tecnología permite ofrecer al usuario la transmisión a velocidades similares al ADSL o al cable/módem, sin necesidad de utilizar soporte físico de transmisión y alcanzando distancias de hasta 50 km.

Presenta a su vez una ventaja, ya que ofrece modos de funcionamiento en los que no necesita visión directa entre emisor y receptor para hacer efectiva la comunicación (a frecuencias por debajo de 11GHz). Su concepto de comunicación es similar al utilizado por Wi-Fi, pero con la diferencia de que Wi-Fi fue desarrollado para sustituir el cableado interno de los edificios, mientras que WiMax pretende ser la alternativa a la red de acceso, ofreciendo soluciones a la comunicación de la última milla. A la hora de reducir los costes de acceso, WiMax posibilita acceder a un gran número de clientes con un reducido número de repetidores, de manera que los costes se reducen, pudiendo atender múltiples comunicaciones de voz con una calidad aceptable gracias a su ancho de banda.

Por esta facilidad de generar una red, se plantea como una opción viable para facilitar el acceso a la banda ancha al ámbito rural, donde el rendimiento de realizar una instalación es menor con pocos usuarios potenciales.

Redes móviles

GSM

El sistema GSM (Global System for Mobile Communications) es el sistema de telefonía móvil de segunda generación más extendido por todo el mundo. El ETSI (European Telecommunications Standard Institute) fue la organización que se encargó de su estandarización entre 1982 y 1992.

La arquitectura del sistema GSM se compone de tres bloques o subsistemas que engloban el conjunto de entidades del sistema. Cada uno de estos subsistemas desempeña funciones específicas para poder ofrecer el servicio de telefonía móvil al usuario e interactuar con otras redes.

Los tres subsistemas son:

- NSS (subsistema de red y comunicación).
- BSS (subsistema de estación base).
- MS (estación móvil).

GPRS es la sigla de *general packet radio services* (servicios generales de paquetes por radio). A menudo se describe como 2,5 G, es decir, una tecnología entre la segunda (2G) y la tercera (3G) generación de tecnología móvil digital. Se transmite a través de redes de telefonía móvil y envía datos a una velocidad de hasta 114 kbps. Pueden llevar un puerto bluetooth o conexión por cable

para transferir datos al ordenador, cámaras digitales, móviles u otros dispositivos. A ello hay que unir las altas capacidades de comunicación que pueden conseguir tecnologías como el HSDPA (*high speed downlink packet access*) y el UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

La tecnología 3G (tecnología inalámbrica de tercera generación) es un servicio de comunicaciones inalámbricas que le permite estar conectado permanentemente a internet a través del teléfono móvil, el computador de bolsillo, la tableta, PC o el equipo portátil. La tecnología 3G promete una mejor calidad y fiabilidad, una mayor velocidad de transmisión de datos y un ancho de banda superior (que incluye la posibilidad de ejecutar aplicaciones multimedia). Los usuarios de 3G están siempre conectados, dado que con estos métodos de conexión tienen acceso permanente a internet. Actualmente ya se ofrecen servicios de comunicación 4G con velocidades más altas de transmisión de datos por tecnología móvil y se está preparando ya el nivel 5G.

En el mundo de la salud, estas tecnologías rompen con el paradigma de la necesidad de una ubicación física para tener conexión a internet y, por tanto, a una red. Cualquier actividad asistencial, por tanto, se puede desplazar al punto que se considere oportuno sin necesidad de perder conexión con los sistemas de soporte que encontraría el profesional en una ubicación física exacta como el centro de salud o el hospital.

Otras tecnologías inalámbricas

RFID

RFID (siglas de *radio frequency identification*, en español identificación por radiofrecuencia) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, transpondedores o *tags* RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio. Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, similar a una pegatina, que puede ser adherida o incorporada a un producto y contiene antenas para permitirle recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. La etiqueta RFID, que contiene los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherido, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos, y esta señal es captada por un lector RFID que se encarga de leer la información y pasársela a la aplicación específica en la que funcionan los sistemas de radiofrecuencia.

En el ámbito sanitario, estos dispositivos se han utilizado básicamente para temas logísticos, control de stocks y reposiciones, caducidades o ubicaciones de materiales y maquinaria.

La banda ancha

Todas estas tecnologías de comunicación se basan en una creciente disponibilidad de ancho de banda para la conexión de terminales a internet. Este crecimiento de ancho de banda incrementa la provisión de servicios en remoto, ya que permite la transmisión de datos pesados como la imagen digital en pocos segundos. Los usuarios del sistema sanitario pueden enviar y recibir información en pocos segundos con el impacto que tiene sobre el sistema su aplicación.

No obstante, en este aspecto debe asegurarse a la población sin recursos un acceso a un mínimo de ancho de banda, lo que no genera una nueva brecha en los sectores más desfavorecidos de la sociedad, la brecha digital. Disponer de estos anchos de banda permite realizar servicios como la telemedicina.

La geolocalización

Existen diferentes vías de geoposicionamiento. Los sistemas se basan en satélites que ubican la frecuencia emitida por un dispositivo móvil. Entre estos dispositivos actualmente los que más se utilizan en el sistema sanitario son los dispositivos móviles que utilizan las redes 3G o 4G o los dispositivos móviles que utilizan la red Tetra. Esta última es una red de mayor seguridad y, por tanto, es la que se utiliza normalmente en los servicios de emergencia, en los que se incluyen los servicios de emergencias médicas.

Normalmente se disponen de dos satélites que geoposicionan estos equipos, el GPS operado por el departamento de Estados Unidos, con una serie de satélites que orbitan alrededor de la Tierra y van enviando unas señales que los dispositivos que operan en esta red interpretan permitiendo calcular su posición respecto de estos satélites y, por tanto, su posición en la Tierra. Existe a su vez un sistema de satélites europeo, Galileo, con las mismas funcionalidades y se proyecta un acuerdo entre ambos que permita mejoras en los servicios de geoposicionamiento.

Junto con estos sistemas de geoposicionamiento, existen sistemas de información geográfica (GIS) que permiten ubicar, analizar y gestionar esta información en mapas y, por tanto, nos permiten una serie de funcionalidades vinculadas a un área o espacio concreto, como son el cálculo de rutas con alta precisión basada en la cartografía digital.

Todos estos sistemas tienen una especial aplicación en la gestión de servicios de emergencias médicas y transporte sanitario. También permiten al usuario tener una completa información sobre la ubicación exacta de centros y estructuras de salud, y el cálculo de rutas más óptimas para su acceso ya sea en transporte público o privado.

3.2.2. Mejoras en las formas de comunicación

Digitalización de contenidos

Cuando hablamos de digitalización de contenidos nos referimos a la capacidad de convertir la información en un formato digital, de manera que este pueda ser procesado con un ordenador o equipo móvil y comunicarlos entre ellos mediante las diferentes tecnologías inalámbricas comentadas.

La digitalización de contenidos permite manejar la información en un único modo con la eficiencia que supone para el sistema, y supone la posibilidad de transmitirla a cualquier equipo que la pueda interpretar, lo que dota al sistema de una mayor flexibilidad y movilidad.

Igual que en la banda ancha, se tiende a incrementar la velocidad, lo que permite el tránsito cada vez más rápido de archivos (digitalización de contenidos) más pesados; en el caso de la digitalización de contenidos el camino observado es el inverso, cada vez se almacena una mayor información en un espacio menor. Estas dos tendencias observadas conjuntamente dan mayor estabilidad y futuro a este tipo de comunicación.

Claros ejemplos de estas mejoras en salud son todos aquellos que tienen que ver con la imagen digital, la historia electrónica y lo que se ha denominado como el hospital sin papeles, tal como hemos mencionado en el apartado segundo.

Aspectos de seguridad digital

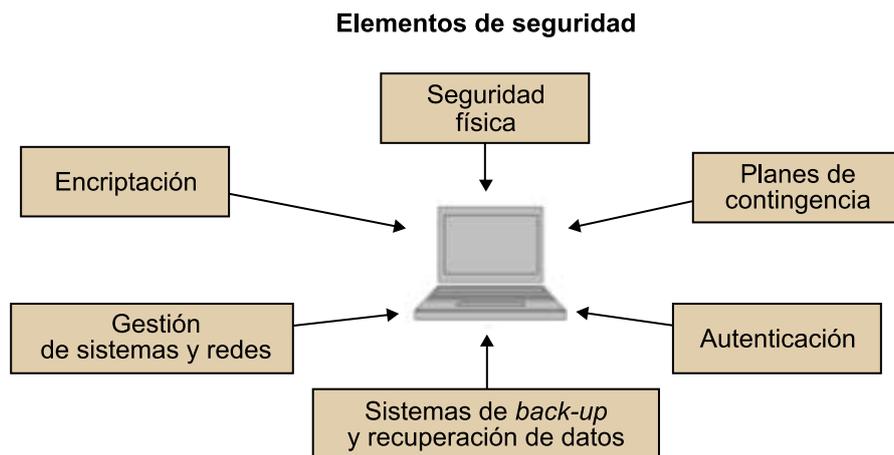
Uno de los aspectos clave en el incremento del uso de las nuevas vías de comunicación, ha sido el aumento de la seguridad de estas. Este incremento de la seguridad viene dado por dos ámbitos paralelos. Por un lado, el marco jurídico y legal que respalda el uso de estas nuevas tecnologías y, por otro, desarrollos tecnológicos que incrementan la seguridad en la transmisión de los datos.

Todos los países están desarrollando marcos legales y jurídicos que incrementen la seguridad y establezcan la normativa aplicable en estos nuevos ámbitos de relación. Los principales que afectan al ámbito sanitario son:

- 1) La firma digital, que permite el reconocimiento del personal facultativo para la prescripción y la firma digital de informes, y, por otra parte, la identificación de usuarios para trámites administrativos así como para dispensar tratamientos.
- 2) Las leyes de protección de datos que establecen cómo y con qué permisos se pueden transmitir los datos necesarios por las vías de comunicación inalámbrica.

3) Las leyes de acceso a datos que permiten a los usuarios disponer de sus datos médicos digitalizados o no.

En el ámbito tecnológico, se han desarrollado nuevos sistemas que incrementan la seguridad en la transmisión de datos, como son los sistemas de encriptación o los sistemas físicos de seguridad que protegen el acceso a las redes internas y las bases de datos y los sistemas de *back-up* y redundancias de datos que, junto con planes de contingencia, aseguran la robustez de los sistemas.



Se han desarrollado otras mejoras tecnológicas en relación con la identificación de los usuarios o profesionales y que permiten además la firma digital de documentos, como son los elementos como las tarjetas inteligentes con chip de datos personal, o los elementos que permiten la lectura de rasgos biométricos, como pueden ser las huellas digitales o el iris de las personas.

Interoperabilidad y la estandarización de protocolos de comunicación

Otro de los elementos clave en el incremento de la comunicación por estas nuevas vías es la mejora en la interoperabilidad y los diferentes medios de estandarización mediante protocolos de comunicación.

La interoperabilidad permite a dos o más sistemas intercambiarse información. Este es un aspecto clave en sistemas de información heterogéneos como los que observamos en el sector salud. La interoperabilidad actúa tanto a nivel de redes y elementos de seguridad como en el acceso de datos o migraciones de aplicaciones y acceso a estas.

La universalización del uso de internet generó el uso de un protocolo simple de interoperabilidad como es el HTTP, para identificar las URL, y el lenguaje HTML, para enlazar los documentos. El posterior desarrollo del XML ha permitido una mayor interoperabilidad, tanto en aspectos técnicos para la con-

ción de sistemas de información como en aspectos semánticos que identifican unívocamente contenidos y datos de intercambio, y facilitan su búsqueda, agregación y explotación por aplicaciones externas.

Estos sistemas aplican igualmente en el sector salud, permitiendo la clasificación y tratamiento de información, datos e imágenes entre los distintos niveles de atención sanitaria y los centros que proveen los servicios en cada uno de estos niveles.

Otro aspecto clave en la interconexión de niveles asistenciales y sus centros es el uso de protocolos de estandarización. Estos protocolos están orientados a unificar un lenguaje que permita, en el campo de la medicina, la interconexión de sistemas de información entre sí. Los principales protocolos son el HL7, IHE y DICOM.

HL7

(Health Level Seven) es una organización sin ánimo de lucro que desarrolla estándares para minimizar las incompatibilidades entre sistemas de información en salud, y permiten la interacción y el intercambio productivo de datos entre aplicaciones heterogéneas, independientemente de su plataforma tecnológica o de su lenguaje de desarrollo. Estos estándares ofrecen un marco que permite a los diferentes sistemas de información comunicarse a través de mensajes estandarizados que viajan por una única interfaz.

Se trata de una iniciativa que comenzó en 1987, que se basaban en la necesidad de normalizar las interfaces entre los múltiples sistemas heterogéneos de información, y rápidamente se convirtió en el estándar de facto para el intercambio electrónico de datos clínicos y administrativos en los servicios de salud de los Estados Unidos.

HL7 permite el intercambio y la integración de los datos que provienen del proceso de la atención médica a través del desarrollo de guías, metodologías y servicios en general, ofreciendo interoperabilidad entre sistemas de información en salud, de manera eficiente y flexible en cuanto a costes ya que:

- Permite el intercambio de información entre aplicaciones desarrolladas por diferentes proveedores de software.
- Reduce el trabajo en papel, mejorando el soporte a las decisiones y permitiendo la integración de la información de salud, a través del tiempo, entre diferentes servicios.
- Reduce los recursos invertidos en la negociación de las interfaces entre aplicaciones.

IHE

Integrating the Healthcare Enterprise, que abreviamos como IHE, es una iniciativa de profesionales de la sanidad (que incluyen a los colegios profesionales de médicos) y empresas proveedoras cuyo objetivo es mejorar la comunicación entre los sistemas de información que se utilizan en la atención al paciente. IHE define unos perfiles de integración que utilizan estándares ya existentes para la integración de sistemas, de manera que proporcionen una interoperabilidad efectiva y un flujo de trabajo eficiente.

Cada perfil de integración IHE describe una necesidad clínica de integración de sistemas y la solución para llevarla a cabo. Define también los componentes funcionales, a los que llamaremos Actores IHE, y especifica con el mayor grado de detalle posible las transacciones que cada Actor deberá llevar a cabo, basadas siempre en estándares como el de Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) y Health Level 7 (HL7).

DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) es un estándar para el manejo, almacenamiento, la impresión y transmisión de imágenes médicas que incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de comunicación en red basado en TCP/IP. Los ficheros DICOM pueden ser intercambiados entre aquellas entidades que sean capaces de procesarlos. El estándar permite integrar escáneres, servidores, estaciones de trabajo, impresoras, etcétera, siempre que cumplan una declaración de conformidad DICOM que establece las clases que soportan, quedando integradas en el sistema de almacenamiento y gestión de imágenes. DICOM está gestionado por la Medical Imaging & Technology Alliance de NEMA (Association of Electrical and Medical Imaging Equipment Manufacturers) y ha supuesto el primer gran éxito de implantación en el mundo de los estándares TIC en salud, con una amplia aceptación mundial².

⁽²⁾Fuente: <http://ehealthwars.wordpress.com>.

Equipos

Los equipos han ido acompañando la evolución en los sistemas de comunicación que observamos. Por un lado, son equipos cada vez más portátiles, ligeros e intuitivos con sistemas táctiles que facilitan su uso. Por otra parte, tecnológicamente cada vez necesitan menos memoria local y trabajan sobre programas ubicados y soportados en red, lo que permite su reducción en peso y tamaño, y a su vez disponen de cada vez una mayor resolución gráfica. Por último, y no menos relevante, son cada vez más económicos y, por tanto, permiten una mayor accesibilidad a la población reduciendo el riesgo de brecha tecnológica en este aspecto.

3.2.3. Mejoras en la automatización de las decisiones (inteligencia artificial)

Robótica y automatización

La robótica permite la sustitución progresiva del recurso humano en diferentes tareas. Esto permite una automatización de las tareas, desvincularlas de horarios y una mayor eficiencia y seguridad en sus resultados al reducir el error humano.

Son ampliamente conocidas las aplicaciones de la robótica y la automatización en las industrias de producción de consumo como la industria del automóvil. No obstante, cada vez se está avanzando más en la robotización y automatización de tareas en el sector salud.

Un ejemplo claro son las cadenas de automatización de producción de laboratorio, en las que las muestras van siguiendo una cadena en la que diferentes máquinas las someten a los estudios predefinidos, y se envían los resultados de manera automatizada sin intervención humana.

Otros ámbitos en los que se está avanzando en la robotización y automatización de tareas es en el ámbito logístico para la preparación de pedidos e incluso su distribución, utilizando robots guiados por geoposicionamiento.

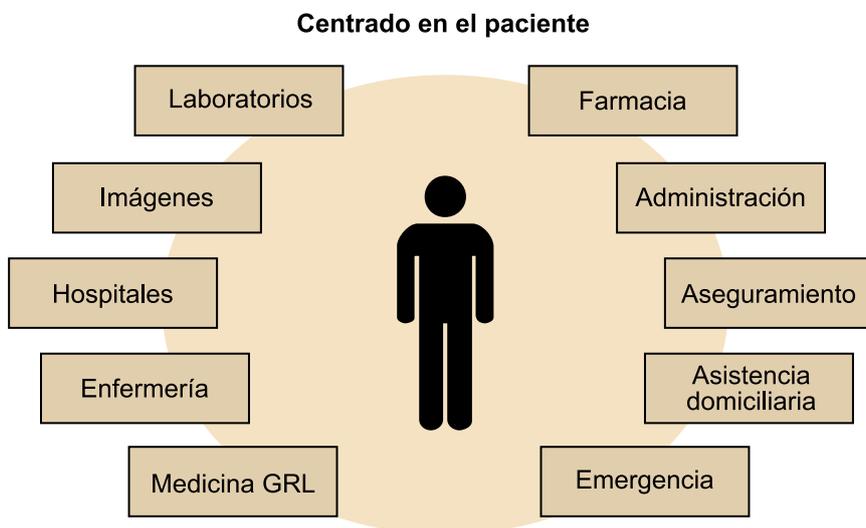
3.3. Aplicaciones en el sector salud

La salud es uno de los sectores más intensivos en el uso de información, de modo que podría presentarse como un sector prototipo “basado en el conocimiento”. Otros factores que cabe tener en cuenta y que impactan en la relevancia de la aplicación de las TIC son:

- Es un sector con un alto grado de regulación.
- De gestión fundamentalmente pública.
- Altamente fragmentado.
- Y está muy influido por la información.

Este sector tiene un empuje añadido, ya que al ser mayoritariamente de provisión pública son los gobiernos los que introducen, mediante grandes iniciativas políticas, los cambios más importantes en el uso de las TIC. La incorporación de las TIC en el mundo sanitario está cambiando paradigmas clásicos en los que se basaban los sistemas de atención sanitaria, y se orientan a una mejora de servicio que impacta plenamente en la calidad de vida de los ciudadanos. Se están implementando acciones que mejoran la respuesta en áreas como la planificación, la información, la investigación, la gestión, prevención, promoción, el diagnóstico o tratamiento.

Las TIC son un facilitador del desarrollo del sector de la salud que permiten la implementación de nuevos modelos de gestión y asistencia, apoyando al desarrollo de servicios avanzados centrados en el paciente y, en general, proporcionando todos los medios precisos para agilizar la comunicación y la colaboración entre los profesionales y los agentes del sistema.



Para estudiar en esta parte del documento las aplicaciones de las TIC en el sector salud, nos centraremos en dos clasificaciones básicas con las que dividimos los procesos de atención sanitaria, la parte que impacta más en el proceso asistencial y aquella que lo acompaña.

Dentro de la parte del proceso asistencial, tendremos todas aquellas herramientas que se aplican en la mejora de los procesos de atención primaria, especializada y atención prehospitalaria.

Los procesos de atención primaria y atención especializada comparten algunas de las mejoras que les suponen las TIC, como pueden ser los sistemas de gestión de pacientes (identificación mediante tarjeta, sistemas de cita previa, historia clínica electrónica o la receta electrónica) y los sistemas de diagnóstico (sistemas de imagen médica, automatización de laboratorios, telemedicina, seguimiento y monitorización de pacientes o, en menor medida, la cirugía robótica).

Los procesos de atención urgente prehospitalaria sí merecen un capítulo aparte, ya que en estos las TIC tienen un impacto diferenciado basado principalmente en el uso de los sistemas de geoposicionamiento, y los GIS, en la gestión y automatización de los recursos móviles y la aparición de equipos médicos *selfuse*, en los que no se requiere conocimiento médico para su manipulación.

En la parte de los procesos que acompañan y facilitan el proceso asistencial, encontramos dos áreas principales de aplicación, la parte que se refiere a toda la mejora y automatización de los procesos logísticos, y la parte administrativa en la que impactan los diferentes softwares diseñados.

3.4. Apoyo a los procesos asistenciales

El empleo de las TIC en los procesos que intervienen en la asistencia médica al paciente, tanto en la atención primaria como en la especializada, repercuten en una mejora considerable no ya solo de la calidad de esta asistencia, sino también de la comodidad y flexibilidad con la que es prestada.

Un cambio en el paradigma del sistema sanitario, como en muchos otros procesos de negocio actuales, que supone la aplicación de las TIC tiene que ver con la movilidad, lo que implica que la colaboración de profesionales o la relación con agentes que no se encuentran en un mismo entorno u oficina ya no es un factor limitante a la hora de proveer un servicio de salud.

El otro sector en el que impacta la aplicación de las Tic es en los propios centros asistenciales, dado que es el lugar donde las necesidades de información son más grandes por la gran cantidad de recursos que se manejan y por las propias características de la actividad que se realiza.

En este sentido, las comunicaciones son un elemento fundamental, ya que, por ejemplo, a través de una plataforma *wireless*, el equipo médico puede acceder a toda la información clínica de los pacientes que alberga el sistema informático. La hospitalización a domicilio, que utiliza los principios de la movilidad mediante la aplicación de tecnologías 3G y soluciones de seguridad complementarias, es otro ejemplo del impacto de las TIC en la gestión de los propios centros, como la posibilidad que implica que los facultativos pasen consulta en el domicilio sirviéndose de tabletas conectadas en tiempo real a la red del hospital a través de una conexión segura de acceso a internet.

Vamos a hacer un pequeño desarrollo de las principales herramientas que han desarrollado las TIC y que impactan en el proceso asistencial, diferenciándolas sobre las que inciden en la gestión del paciente y las que lo hacen en el proceso de diagnóstico.

3.4.1. Gestión de pacientes

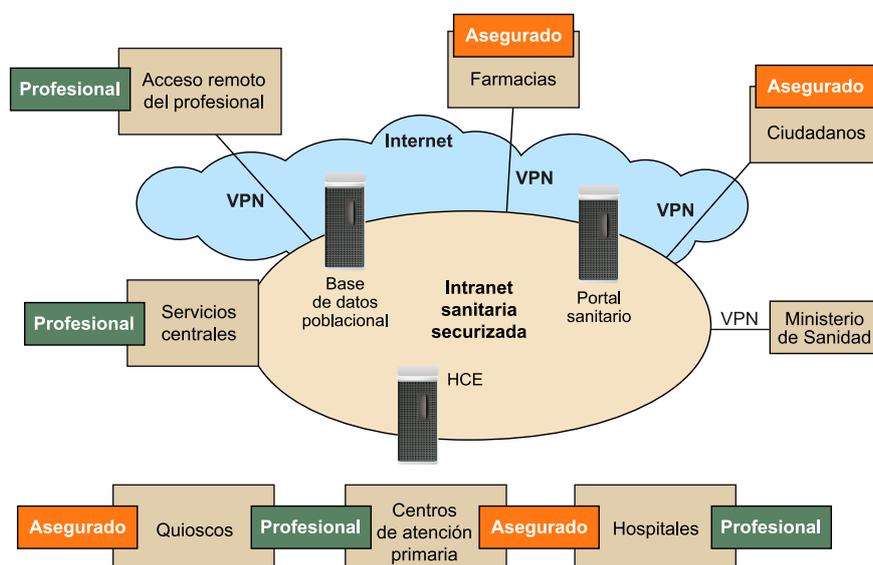
Tarjetas de identificación

La tarjeta de identificación electrónica es un dispositivo que proporciona un acceso rápido, sencillo, confidencial y seguro a los datos relativos a la salud. El uso de tarjetas de identificación electrónica integra la firma electrónica e identifica de manera unívoca a un paciente o profesional, lo que aumenta la

seguridad del sistema. Esta seguridad nos permite incrementar la información relativa al proceso asistencial que se transmite por vía digital y flexibiliza los procesos asistenciales.

La tarjeta sanitaria electrónica permite que los pacientes sean identificados en cualquier territorio, siempre que exista interoperabilidad entre sistemas y, por tanto, que se pueda acceder a sus datos clínicos, lo que elimina duplicidades en pruebas e incrementa la seguridad y la calidad de la asistencia al tener acceso a su historial clínico.

La tarjeta sanitaria electrónica tiene una gran influencia en el desarrollo de otras innovaciones que se aplican al sector salud, como son la receta electrónica y la historia clínica electrónica. Facilita también procesos de programación asistencial y administrativos.



Un elemento clave en la implementación de la tarjeta electrónica es intentar disponer de un diseño único para territorios en los que haya libre movimiento de personas con el objeto de facilitar la interoperabilidad entre sistemas que permitan la identificación del usuario allá donde se encuentre. Un ejemplo de esto lo encontramos en España, donde la delegación de las comunidades autónomas de la gestión de los servicios sanitarios propuso implementar 19 tarjetas diferentes que dificultaban la interoperabilidad y, por tanto, impedían beneficiarse de su aplicación en todo el territorio, ya que los usuarios solo eran identificados correctamente en su lugar de origen. Un real decreto fijó los criterios de la tarjeta sanitaria única y permitió la identificación del usuario independientemente de su lugar de residencia, lo que habilitó todas las funcionalidades de la tarjeta electrónica.

Modelo de tarjeta sanitaria unificado en España



Fuente: Ministerio de Sanidad y Consumo. España.

Sistemas de cita previa

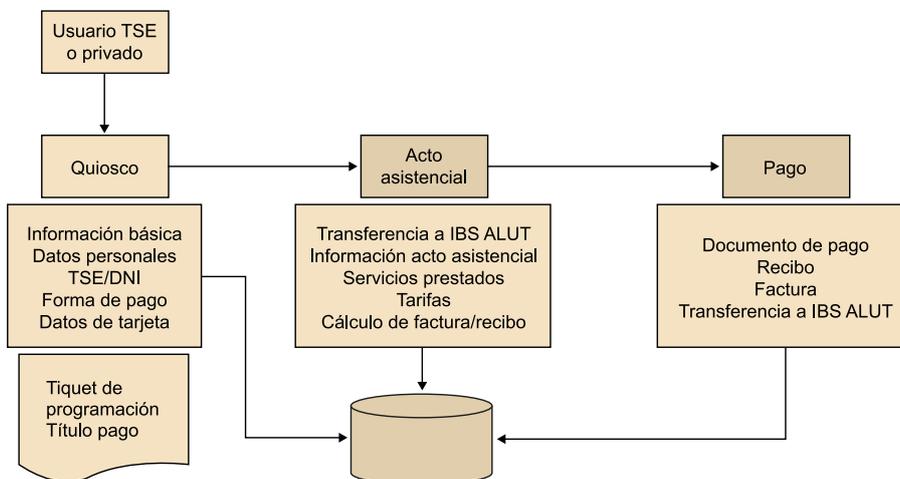
La gestión de citas es una de las tareas que más recursos consume en el ámbito de la salud. Esta es una de las razones por las que se ha desarrollado un gran número de sistemas de cita previa automatizados que permiten planificar citas automáticamente sin que sea necesaria la intervención humana.

Estos sistemas permiten programar citas adecuándose a la carga de cada facultativo, sus horarios y las preferencias del usuario. Estos sistemas están dotados de reconocimiento de voz y funcionan durante las 24 horas del día, y son capaces de resolver un alto porcentaje de gestiones.

Estos sistemas alcanzan sus mayores cuotas de eficiencia si se implantan sistemas automáticos de cita previa con agenda centralizada de los centros de referencia de un territorio, ya que permiten aprovechar al máximo la capacidad productiva de los centros asignando el paciente a aquel centro que disponga de la atención con el menor tiempo de espera.

Estos sistemas pueden implementarse con herramientas que no necesitan gran inversión para producir grandes efectos en la eficiencia de la gestión de citas, como puede ser el uso del correo electrónico o del SMS.

Proceso de gestión automatizada



La mejora en la gestión de citas es especialmente importante en territorios donde los pacientes no disponen de muchos medios y para recibir la asistencia requieren la realización de un viaje que supone una planificación previa y mucho tiempo de transporte.

Otra posibilidad que permiten estos sistemas de gestión de citas y programación es la utilización de quioscos a través de los cuales los usuarios programen directamente sus citas en los centros, o su implementación a través de páginas web que permiten la modificación de las citas previamente programadas.

Quioscos de gestión de citas



Todas estas facilidades y la flexibilidad que supone junto con sistemas automáticos de recordatorio vía al usuario reducen los niveles de absentismo a las programaciones, lo que incrementa la productividad y la eficiencia de las estructuras de salud.

3.4.2. Historia clínica electrónica

Existen muchos términos relacionados con el concepto de historia clínica electrónica, entre los que figuran *registro médico electrónico*, *registro médico computarizado* y *ficha clínica electrónica* (Hayrinen, Saranto y Nykanen, 2008). Si bien todos ellos son utilizados indistintamente, se pueden encontrar algunos reportes que diferencian al registro médico: el primero es el que está circunscrito a una sola institución, y el segundo integra toda la información de un paciente más allá de una sola institución (Marietti, 1998).

La HCE se definía en 1991³ como: "... aquella que reside en un sistema electrónico específicamente diseñado para recolectar, almacenar, manipular y dar soporte a los usuarios en cuanto a proveer accesibilidad a datos seguros y completos, alertas, recordatorios y sistemas clínicos de soporte para la toma de decisiones, brindando información clínica importante para el cuidado de los pacientes (...)".

Las principales funciones de una HCE son⁴:

⁽³⁾Dick y Steen (1991). Institute of Medicine.

⁽⁴⁾J. Carnicero (2003) (coord.). *Informe SEIS. De la historia clínica a la historia de salud electrónica*. Madrid, España: SEIS.

- **Asistencial:** la historia clínica es el repositorio en el que se almacena la información del paciente (se registra todo lo actuado por el equipo de salud) con el fin de asegurar la continuidad en su proceso de atención.
- **Docente:** sirve como fuente de información para el aprendizaje de casos clínicos cuando refleja adecuadamente el proceso asistencial.
- **Investigación:** tanto clínica como epidemiológica, ya que es una importante fuente de datos para la elaboración de análisis y estudios retrospectivos tanto a nivel individual como poblacional.
- **Gestión:** tanto clínica como administrativa, pues sirve de soporte para la facturación de actos médicos y su manejo administrativo. También es útil en la evaluación y administración de los recursos sanitarios y la calidad de servicios brindados.
- **Legal:** como constancia de la conducta y diligencia de la asistencia prestada.

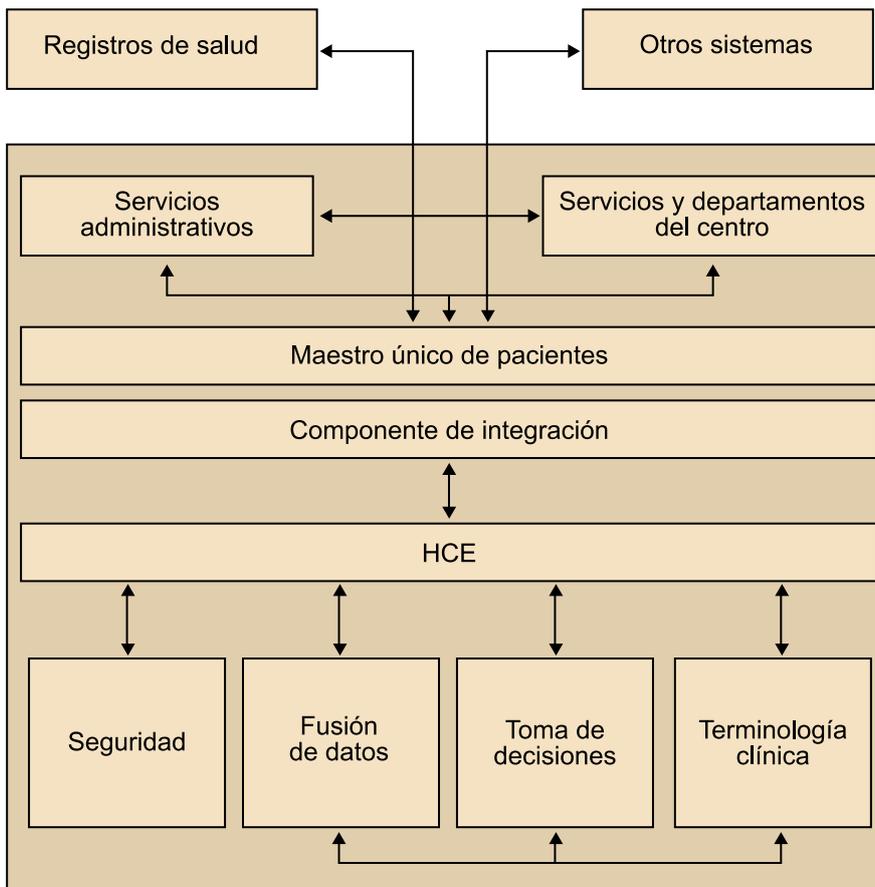
Según estas principales funciones, una HCE debe⁵:

- **Gestionar la información de salud:** que contenga información sobre los problemas actuales del paciente y sus antecedentes, sus medicaciones, alergias y gestión de los contactos que tuvo con el centro asistencial. Esto incluye las evoluciones clínicas en texto narrativo (del médico, enfermero, técnico) o a través de plantillas estructuradas. Para que los miembros del equipo de salud puedan tomar decisiones basadas en la mejor evidencia, se necesita una gran cantidad de datos exactos.
- **Manejar los resultados:** especialmente de los resultados de laboratorio y otros exámenes complementarios como imágenes, anatomía patológica y otros. En el nivel de atención de internación, en general los reportes y resultados son enviados directamente desde los diferentes servicios y/o departamentos. En el nivel ambulatorio, datos similares son enviados desde proveedores internos y externos al propio centro asistencial. Un acceso rápido a la información sobre exámenes complementarios ahorra tiempo y dinero, evita la redundancia y mejora la coordinación del cuidado de la salud.
- **Gestionar las órdenes médicas:** referidas a todo tipo de órdenes médicas, ya sean pedidos de estudios de laboratorio u otros servicios auxiliares, o el ingreso de medicación. Esta funcionalidad es el primer eslabón para que una HCE deje de ser un sistema pasivo y pase a tener un rol activo en la salud del paciente. El sistema puede contener una base de conocimiento que permita gestionar más eficientemente la información e interactuar con el profesional para colaborar con sus decisiones.

⁽⁵⁾Institute of Medicine (2001). *Crossing the Quality Chasm: a New Health System for the 21st Century*. Washington, D. C.: National Academy Press.

- Ayuda en la toma de decisiones: los sistemas de soporte tienen relación directa con los sistemas de manejo de órdenes, apoyo al diagnóstico con gestión clínica y medicina basada en la evidencia o el tratamiento a través de alertas o recordatorios sobre potenciales interacciones o problemas.
- Sistema de comunicación: los sistemas de HCE deben permitir la comunicación con otros colegas y con aplicaciones utilizadas por el paciente.
- Soporte al paciente: la mayoría de las HCE tienen medios de salida para enviar información al paciente sobre condiciones de salud, estudios diagnósticos o tratamientos. Esta información mejora la relación médico-paciente y la educación de este último.
- Procesos administrativos: la HCE puede estar íntimamente ligada a los procesos administrativos mediante la programación electrónica de visitas, el envío electrónico de cobro de prestaciones, la verificación de la elegibilidad, los mensajes automatizados de renovación de recetas de fármacos, el empadronamiento automático de pacientes para la investigación y la inteligencia artificial.

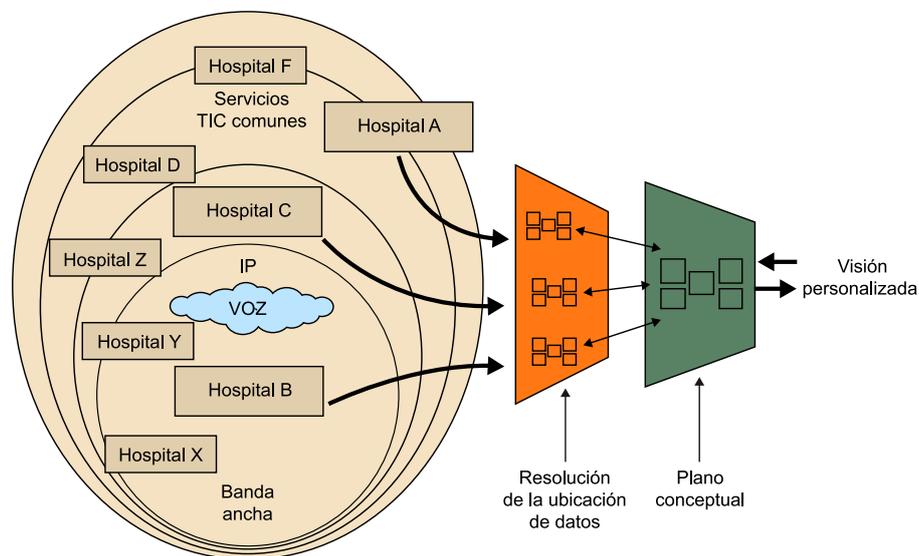
HCE y relaciones con los componentes de información clínica



La HCE permite disponer de la historia de salud compartida. El objetivo es el acceso a la información de la historia de salud desde cualquier lugar. Para ello es preciso disponer de un servicio de transferencia de información que per-

mita compartir la historia de salud entre los niveles asistenciales de primaria, especializada, salud mental y asistencia social. Un modelo de historia clínica compartida trata de proporcionar un servicio de datos virtual que permita la accesibilidad a la información referenciada como si se encontrara en el Centro de Proceso de Datos (CPD) local del nivel asistencial correspondiente.

Funcionamiento del historial personal de salud



3.4.3. Receta electrónica

Tal como hemos mencionado anteriormente, la receta médica electrónica es un procedimiento tecnológico que permite desarrollar las funciones profesionales sobre las que se produce la prescripción de medicamentos de manera automatizada, de modo que las órdenes de tratamiento se almacenan en un repositorio de datos al que se accede desde el punto de dispensación para su entrega al paciente.

Objetivos generales son:

- Garantizar a los ciudadanos poder retirar los medicamentos que tienen prescritos desde cualquier farmacia del país sin necesidad de presentar una receta en papel.
- Desligar al médico de la función económico-administrativa de la receta médica.
- Favorecer el desarrollo de los programas de uso racional del medicamento.
- Avanzar en la implantación de sistemas de información que permitan a los centros y profesionales conocer su prescripción farmacológica y gestionarla.

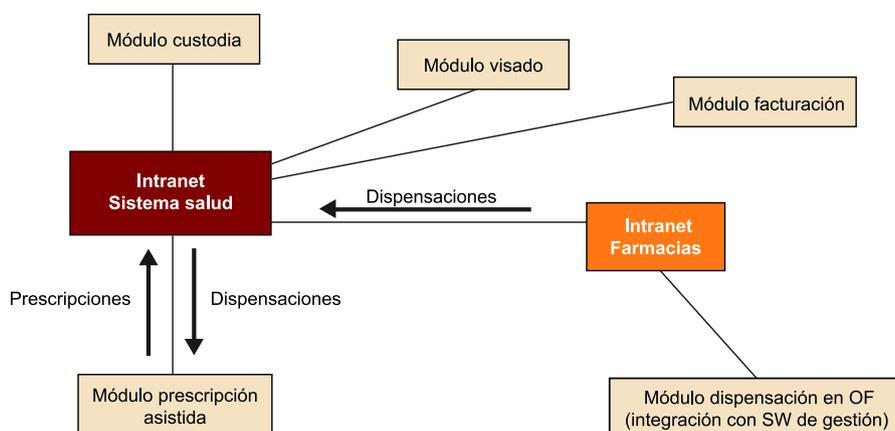
- Evitar errores, duplicidades y poder conocer el historial de recetas de un paciente así como sus fármacos de consumo habitual en caso de dolencias crónicas.

¿Cómo funciona la receta electrónica? Cuando el médico realiza la prescripción de un medicamento o producto sanitario a un paciente a través de la aplicación informática de Historia de Salud Digital, determinados datos de esta prescripción son grabados en un Módulo Central de Dispensación (MCD). En este módulo, para ese paciente, identificado previamente en la base de datos de usuarios del sistema sanitario, se creará un crédito farmacéutico con el tratamiento completo prescrito por su médico de familia o por el médico de asistencia hospitalaria que intervenga en un determinado episodio clínico. El conjunto de los productos prescritos se imprimirá en una hoja informativa para el paciente, en la que el médico, además de los datos obligados de posología y duración del tratamiento, podrá incluir las instrucciones que considere necesarias.

Para la dispensación de los productos prescritos por el médico, el paciente se dirigirá a una oficina de farmacia. En este establecimiento deberá presentar su tarjeta sanitaria como medio de autenticación y como dispositivo que servirá al farmacéutico, debidamente acreditado por el sistema sanitario para acceder, vía web, al Módulo Central de Dispensación (MCD), en el que consta la medicación prescrita y las características del tipo de financiación que corresponda al paciente (público, privado, copagos). El farmacéutico realizará la dispensación siguiendo la pauta establecida para las recetas tradicionales.

El médico, en cualquier momento, podrá modificar o anular los registros del MCD que estime necesarios, informando de ello a su paciente. Asimismo, podrá consultar las dispensaciones que se vayan realizando a sus pacientes. Cuando causas asistenciales lo aconsejen, el farmacéutico podrá bloquear, de manera cautelar, la dispensación de una prescripción concreta, e informará de ello al médico a través de la cumplimentación del informe previsto en el sistema.

Funcionamiento de la receta electrónica



El sistema requiere los siguientes aspectos:

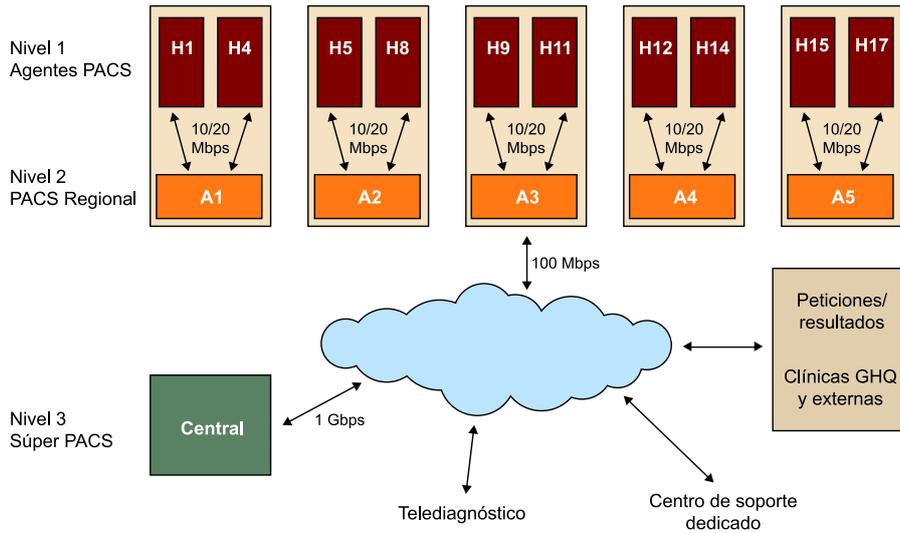
- El médico debe poseer una tarjeta criptográfica o certificado digital para la firma electrónica de las prescripciones y/o visados.
- Teclado dual con lector de banda de TSI y lector de tarjeta chip de firma electrónica.
- Navegador y *drivers* de la tarjeta criptográfica elegida.
- Aplicación de firma digital proporcionada por la dirección de seguridad estatal pertinente.
- Net-Lan de Telefónica para la intranet de las oficinas de farmacia, con un soporte para incidencias.
- Conexión ADSL de las oficinas de farmacia a la intranet.
- Ordenador personal o tableta en el punto de venta con java 1.5.0 y navegador internet.
- Lector de tarjeta sanitaria electrónica.
- El titular de la farmacia debe poseer una tarjeta de firma electrónica de las dispensaciones.
- Lector de tarjetas de firma con *drivers* instalados.
- Aplicación de firma digital proporcionada por la dirección de seguridad estatal pertinente.

3.4.4. Diagnóstico

Imagen médica

Como se comentó en el apartado introductorio, existen grandes ventajas en el tratamiento de las imágenes en formato digital. Hoy en día la tecnología permite proponer un servicio de gestión de imágenes médicas basado en un PACS (sistema de gestión de imágenes digitales), en combinación con un sistema de información de la especialidad médica (radiología, dermatología, oftalmología, anatomía patológica, cardiología, etcétera), que sea accesible mediante una red de comunicaciones de banda ancha y complementado con capacidades básicas en los hospitales.

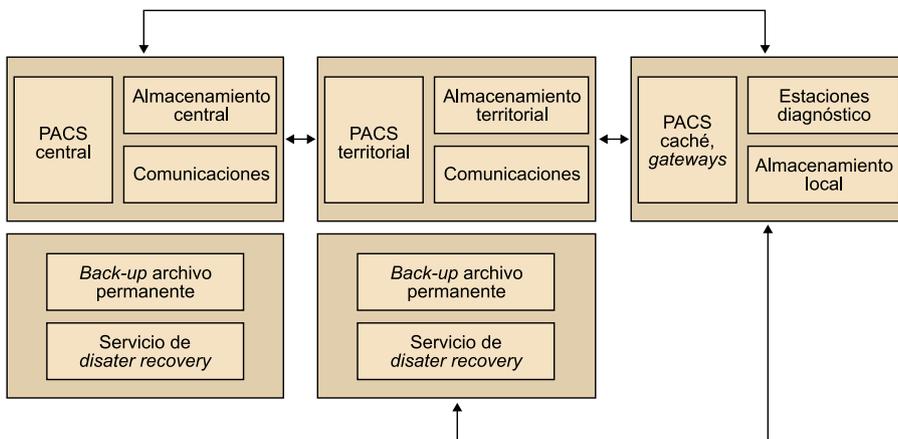
Arquitectura de imagen digital



La adquisición de las imágenes puede realizarse desde las distintas modalidades radiológicas (TAC, telemando, radiología convencional, ortopantomógrafo), ecógrafos, resonancias magnéticas, equipos de dermatología (cámaras digitales), equipos de oftalmología (retinógrafos, lámparas de hendidura), etcétera, y, gracias a una infraestructura de intranet/internet, estas son almacenadas de manera centralizada por lo que se puede acceder a ellas desde un hospital, un centro de salud, etcétera.

Una de las ventajas de este tipo de aplicaciones reside en que permite independizar el lugar de captura de las imágenes del lugar donde se realiza el diagnóstico o la consulta. Así, la captura podría realizarse en un centro de salud o en un centro hospitalario o en un entorno ambulatorio, el informado de la imagen podría realizarse en un centro de diagnóstico especializado, incluso de otra ciudad o país, y los datos podrían consultarse desde cualquier otro centro.

Funcionamiento de PCS con diferentes niveles



Para incrementar la eficiencia de estos sistemas, también se debe optar por centros de datos gestionados en los que se gestionen cantidades ingentes de información con la consiguiente reducción de costes debida a las economías de escala.

Automatización del laboratorio

La gestión de la analítica de los laboratorios engloba todas las tareas que se realizan desde que se toman las muestras hasta el tratamiento de los datos obtenidos.

Se pueden distinguir varias fases: la primera es la fase de recogida, en ella se recogen las muestras, se etiquetan los tubos, se envían al laboratorio. A continuación, se realiza la fase preanalítica en el laboratorio, en la que se consume entre un 55-60% del tiempo y origina alrededor del 80% de los errores del laboratorio; las tareas que incluye son:

- Se registran y clasifican todas las muestras que se reciben en el laboratorio.
- Se organiza la preanalítica dependiendo de la llegada de muestras, número de pacientes y de tubos/día, diseño de los tubos, etcétera.
- Se realiza el control y la trazabilidad de las muestras.
- Se registran las muestras en un archivo informatizado.

La tercera fase o realización del análisis conlleva la preparación de muestras, de reactivos, análisis propiamente dichos, verificación de datos, repetición de análisis si es necesario y registro de resultados.

La automatización de toda la actividad realizada en el laboratorio permitiría reducir los costes y errores. Cabe destacar que el 65% del coste de un laboratorio se debe a la mano de obra.

Una vez que se obtienen los resultados, estos son enviados al médico en una cuarta fase que es susceptible de digitalización, lo que tiene las ventajas que se expusieron en el caso de digitalización de imágenes (mejora de seguridad, disminución de errores, accesibilidad 7X24, etcétera).

Algunos de los beneficios que ofrece son:



a) Alta productividad en un espacio reducido

- Productividad de 1.100 muestras por hora.
- Numerosas opciones de consolidación y conectividad con las soluciones preanalíticas, analíticas y postanalíticas, orientadas a la máxima eficiencia con el menor impacto de espacio.
- Flujo de trabajo inteligente.
- Sistema de transporte bidireccional e inteligente que permite gestionar la muestra de modo eficaz y asegurar los tiempos de respuesta.
- Flujo específico para muestra urgente STAT.
- Trazabilidad avanzada de la muestra a través de sistemas de transporte individual identificados por radiofrecuencia (RFID) y la gestión de nuestras soluciones cobas IT.

b) Máxima consolidación

- Área de suero y el archivo de largo plazo.
- Amplio panel de reactivos que consolidan más del 98% de la rutina en el área de suero.
- Opciones de conectividad con hematología, coagulación y con otras empresas.
- Sistema postanalítico integrado dentro del sistema con un *buffer* dedicado a gestionar las muestras con test adicionales de la manera más rápida y eficaz.

c) Flujo de trabajo flexible

- Flujo de trabajo con tubo primario –con los beneficios de reducción de los consumibles y menos residuos generados.
- Flujo de trabajo con alícuota –focalizado en la máxima integridad de la muestra, flujo paralelo y tiempo de respuesta optimizado.
- Flujo de trabajo mixto –que combina los beneficios de ambos flujos de trabajo.

Telemedicina

La telemedicina no debe entenderse simplemente como una tecnología, sino como un nuevo sistema organizativo de la profesión médica.

En este sentido, la aplicación de la telemedicina representa una nueva manera de hacer y organizar la provisión de servicios sanitarios en beneficio de los pacientes, de los profesionales médicos y del sistema sanitario en general.

La utilización de la telemedicina hace que las distancias y los tiempos entre la atención primaria y la hospitalaria se acorten. Como ejemplos se pueden citar diferentes especialidades médicas como teleictus, teleoftalmología, teledermatología y telerradiología, las que se perfilan en la actualidad como los grandes campos en los que más se ha avanzado en el trabajo conjunto entre atención primaria y atención especializada.

Tradicionalmente, y dada la gran carga de información e imágenes posibles de ser transmitidas desde un punto a otro, determinadas áreas clínicas han utilizado la telemedicina más que otras, es el caso de la telerradiología, teledermatología, telepatología y la teleoftalmología. Otra especialidad destacada ha sido la psiquiatría con la telesalud mental, ya no por las imágenes diagnósticas sino por la sencillez de llevar a cabo una sesión terapéutica vía remota.

En la actualidad casi todas las especialidades médico-quirúrgicas han incorporado las TIC a sus escenarios habituales. Es más, han surgido nuevas aplicaciones basadas en determinadas enfermedades o según los sitios en donde se llevan a cabo, como por ejemplo teleictus o todas las herramientas de neurorehabilitación domiciliaria.

Podemos diferenciar la telemedicina según el tiempo en que se presta el servicio, ya sea diferido o en línea.

Aplicaciones en tiempo diferido

Tal como las definió Della Mea en el 2011, las aplicaciones de telemedicina en tiempo diferido son “aquellas aplicaciones que implican transferencia de contenidos desde un punto a otro, con su procesamiento e interpretación en un tiempo y su devolución en otro, son considerados aplicaciones en tiempo diferido o asincrónicas⁶”.

Esto supone la transmisión de audio, texto, imágenes y/o vídeo desde un centro a otro por medio de redes inalámbricas o redes fijas para su posterior análisis. Los ejemplos más clásicos son los de teleasesoramiento, teledermatología o telerradiología, en los que las imágenes diagnósticas se envían y se almacenan para su posterior lectura.

⁽⁶⁾V. Della Mea (2011). “Prerecorded telemedicine”. *Introduction to Telemedicine* (2.ª ed). Londres: Royal Society of Medicine Press.

Uno de los principales beneficios de esta tecnología es poder prescindir de las guardias de presencia física de aquellos facultativos que deben interpretar las imágenes, es más, también se puede prescindir de su presencia física en el centro en horario laboral normal centralizando en una ubicación a los profesionales que interpretan las imágenes y elaboran los informes.

Aplicaciones en tiempo real

La factibilidad de compartir información en tiempo real, gracias a la utilización de distintas técnicas como la videoconferencia o a la transmisión de imágenes a alta velocidad, ha permitido que muchas especialidades avancen a paso acelerado en la implementación de las distintas iniciativas telemédicas.

Un informe destacó ya en el 2011 que especialidades como tele-enfermería, telerrehabilitación y telepediatría han experimentado un crecimiento progresivo.

La aplicación de esta tecnología nos es especialmente útil en aquellas especialidades en las que existe mayor carencia de facultativos y permiten que desde su centro habitual pasen consulta a pacientes situados en otra ubicación física. La mejora de la transmisión en tiempo real de imágenes de gran tamaño y resolución, vídeos y audio, permite que cada vez más especialidades puedan aplicar la telemedicina.



Otro de los ámbitos en los que tiene una mayor aplicación es en el control de poblaciones especialmente frágiles como son los mayores y los pacientes crónicos. Mediante la telemedicina y el apoyo de aparatos de control médico ubicados en el domicilio del paciente y conectados a la red del centro vía

inalámbrica, se puede monitorizar a un paciente y controlar su evolución. Esto permite que el paciente solo se desplace cuando es absolutamente necesario y reduce la frecuentación de urgencias.

En el caso de países con poblaciones dispersas y malas comunicaciones, esta tecnología permite pasar visita en lugares remotos siempre que dispongan de una conexión de red fija o inalámbrica que permita enlazar al centro sanitario con una ubicación determinada en el pueblo o aldea. Esto evita desplazamientos de días, y es especialmente útil cuando se trata de patologías comunes con tratamiento farmacéutico.

La experiencia demuestra que la implementación de la telemedicina plantea las siguientes ventajas:

- Acceso más equitativo a los servicios sanitarios.
- Acceso a prestaciones y servicios que no estarían disponibles.
- Reducción de traslados innecesarios.
- Mejora de la accesibilidad a servicios terciarios de pacientes con problemas de transporte y comunicación.
- Posibilita una organización de la atención primaria, de los consultorios, más entrelazada con las especialidades. Incrementa por tanto la resolución de este nivel de acceso.
- Manejo y monitorización de pacientes complejos o crónicos que de otra manera suponen una hiperfrecuentación de los servicios de urgencias.
- Mejora en la eficiencia de los recursos que dispone el sistema sanitario.

Procesos de atención de urgencias prehospitalaria

En los procesos de atención de las emergencias médicas, se observan básicamente dos impactos en la aplicación de las TIC. El primero tiene que ver con una mejora tecnológica del geoposicionamiento que permite una gestión más eficiente de los recursos móviles. El segundo tiene que ver más con la simplificación y reducción de los equipos de recuperación cardiopulmonar (RCP), lo que afecta al planteamiento de una de las principales actividades de la atención *in situ* de los equipos de emergencias médicas.

El desarrollo de la red Tetra es la que mejora la gestión de los recursos móviles de emergencias. La red Tetra es hoy por hoy la tecnología más avanzada para aplicaciones de radiocomunicaciones privadas terrestres, y proviene en parte de la evolución de tecnologías relativamente antiguas como el Trunking antes mencionado y las más actuales como el DMR y la telefonía móvil. El Tetra

está basado en una estructura celular de cobertura limitada, aunque más extensa que en el caso de la telefonía móvil. En Tetra cada una de las celdas que proporcionan la cobertura se denomina BTS, siglas que en inglés equivalen a estación base Tetra.

Para proporcionar cobertura a un territorio extenso, se conectan entre sí varias BTS formando una red, mediante enlaces que pueden ser de diferentes tecnologías como, por ejemplo, radioenlaces digitales de microondas o mediante VPN (*virtual private network*), es decir, redes privadas virtuales bajo protocolo IP.

El sistema de transmisión es totalmente digital con un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, ya que permite hasta cuatro canales de comunicación sobre una misma portadora.

Las principales funciones de la red Tetra son:

- **Autenticación**
Una clave exclusiva o código de seguridad que garantiza la autenticidad de sus terminales y su pertenencia a la red a la que se conecta.
- **Encriptación**
Dispone de tres sistemas de cifrado que garantizan la privacidad de las comunicaciones.
- **Transmisión de datos**
Permite recibir y enviar información, formularios, archivos o fotografías, a un ordenador embarcado en un vehículo, PC portátil, tableta, e incluso un PLC, en este último caso la función podría ser el control de cualquier proceso industrial, sistema de gestión del tráfico, etcétera.
- **Mensajes SDS**
Envío y recepción de mensajes cortos, estados previamente definidos y alarmas.
- **Repetidor**
La funcionalidad *repeater mode* permite extender el área de cobertura de los terminales cuando funcionan en modo directo más allá de la que podrían obtener por sí mismos.
- **Pasarela**
O *gateway*, es de gran utilidad cuando hay que comunicar desde el interior de edificios, sótanos o lugares donde no hay cobertura de la red Tetra. El terminal que actúa como pasarela se sitúa en un punto estratégico donde tenga cobertura de la red para enlazar la red con los terminales a su alcance y que se encuentran fuera de cobertura.
- **GPS**

Permite al usuario conocer en todo momento su posición exacta y transmitir la ubicación de los terminales a sistemas de posicionamiento y aplicaciones de cartografía digital.

- **Bluetooth**

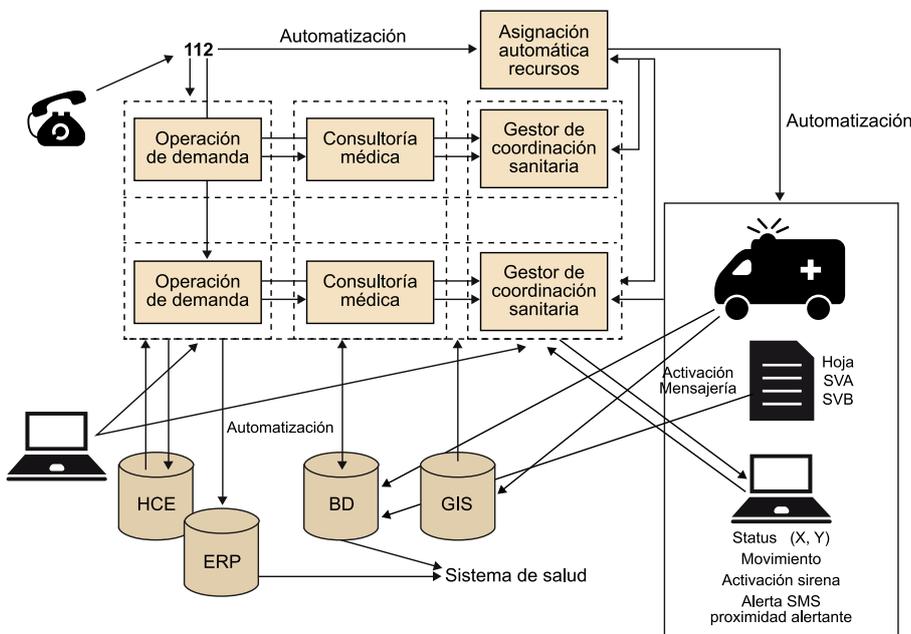
Facilita la utilización de determinados accesorios sin necesidad de conectar cables.

- **Hombre caído**

En caso de que el usuario permanezca inmóvil durante cierto tiempo o caiga al suelo, el terminal envía automáticamente una alarma específica dirigida al centro de control y simultáneamente emite una señal acústica e ilumina la pantalla del terminal, a fin de facilitar su localización a los equipos de rescate.

La red Tetra mejora las posibilidades de comunicación de los recursos móviles, los ubica con precisión y permite la conexión inalámbrica de aparatos electro-médicos, PC y tabletas y el envío de archivos, imágenes y datos, lo que mejora su comunicación con el centro hospitalario al que se dirigen y con la central que los coordina. También simplifica la recolección y transmisión de datos necesarios para el proceso administrativo.

Un ejemplo de cómo se montan los sistemas de gestión de los recursos móviles basados en la red Tetra es el del siguiente esquema:



La segunda aplicación que está impactando en el mundo de la emergencia médica es la mejora de los equipos de recuperación cardiopulmonar. Los equipos de recuperación cardiopulmonar están evolucionando de manera que cada vez son más pequeños, más ligeros y más fáciles de manejar. Esto afecta a la atención de las emergencias por dos vías paralelas.

Formación del personal de atención a la emergencia

Los diferentes equipos de RCP son cada vez más sencillos de utilizar, casi intuitivos y se dirigen a un público sin formación médica. Esta tendencia observada en los equipos de RCP se está extendiendo a otros equipos electromédicos, con lo que la formación necesaria para su uso es cada vez menos y pone en duda la necesidad de disponer de titulación médica para poder atender la mayor parte de emergencias médicas.

Esto afecta especialmente a los países con el modelo franco-alemán de atención a las emergencias médicas, ya que se basa en la presencia de facultativos y en atender *in situ* más que en los modelos anglosajones, en los que se forma específicamente a personal en los principales procesos de atención a la emergencia basándose en el concepto de *carry and load*, es decir llegar y transportar lo más rápidamente posible a un centro hospitalario.

Parece que los avances tecnológicos van más en la línea de los modelos anglosajones apoyados por médicos en vehículos de intervención rápida pero no en ambulancias.

Dispositivos de RCP *in situ* o “columnas de la vida”

La misma tendencia a reducir y simplificar el uso de los equipos de RCP y la voluntad de aproximarlos a los ciudadanos para incrementar las posibilidades de éxito, ya que se concentran en los primeros sesenta minutos, ha llevado a la generación de las llamadas “columnas de la vida”.

Las columnas de la vida son elementos en los que se ubica un equipo de RCP de fácil uso, autodirigido, que permite a una persona sin formación o con muy poca información iniciar las maniobras de RCP. Estos equipos están conectados inalámbricamente con los sistemas de emergencias médicas, con lo que emiten un aviso automático en el caso de activarse, e incluso son capaces de enviar información de las constantes de la persona sobre la que se está actuando.

Estos equipos se han diseñado para ubicarlos en lugares de grandes concentraciones de personas en los que no existen ambulancias de soporte o tienen difícil acceso, como son los centros comerciales, los aeropuertos y grandes edificios de oficinas. Normalmente los equipos de emergencias médicas realizan una formación básica en RCP y el uso de estos aparatos a los trabajadores de

estos centros, de manera que puedan actuar en caso de necesidad. Se ha constatado que la formación mínima del personal incrementa los resultados positivos de este tipo de aparataje.

4. Equipamiento tecnológico

El equipamiento tecnológico de los centros se divide en equipamiento auxiliar hospitalario, tal como se menciona en el último apartado del capítulo, y equipamiento específico hospitalario. El equipamiento hospitalario específico lo dividiremos según el lugar de implantación de este.

4.1. Equipamiento hospitalario en el diagnóstico por la imagen

En esta parte de la exposición, explicaremos un descriptivo del diferente aparataje que debe tener un servicio de diagnóstico por la imagen. Debemos remarcar que no mencionaremos los diferentes elementos de seguridad física que deberán tener los servicios, ya que, como veremos a continuación, estaremos hablando de radiaciones ionizantes así como de medicina nuclear. Estos servicios se encuentran extremadamente regulados, por lo que se deberá seguir la legislación correspondiente a fin de que se prevengan y/o eviten accidentes por radiación. Debemos tener presente el peso de los equipos, que pueden alcanzar las 10 toneladas en equipos RM de imán permanente.

El proceso radiológico, con rayos X, debe diferenciarse con tres etapas básicas:

- 1) La adquisición de la imagen.
- 2) El proceso de esta.
- 3) Su almacenamiento.

Todas ellas muy ligadas al avance de las tecnologías de la información, las conocidas como TIC.

1) Adquisición

Proceso en el que se obtienen imágenes después de que el cuerpo sea atravesado por esta radiación. Todavía hoy sigue realizándose sobre una placa radiográfica, posteriormente procesada y revelada. Este proceso, analógico, está siendo substituido por el método digital mediante el que se estimula una material fotosensible como el europio o fosforuro de cesio, posteriormente leído por lectores específicos y transformada su información en datos binarios que corresponden a una escala de grises.

Este proceso de digitalización directa puede realizarse con CR, que son chasis o cassetes, similar a la radiología analógica, o con detectores, que transforman los datos directamente en numéricos. Estos últimos se conocen como detectores planos (*flat panel*). Actualmente existen con envío de datos mediante conexión eléctrica de cable o bien por Wi-Fi.

2) Proceso de la imagen

La imagen analógica era interpretada por los profesionales en unas cajas iluminadas o negatoscopios. La imagen digital, aunque puede ser impresa, es evaluada en ordenadores o monitores. Estos son equipos formados por ordenadores (PC) con monitores que presentan resoluciones espaciales entre 3 y 5 megapíxeles, especialmente dedicados para la mamografía. La información digital es almacenada con unos parámetros definidos conocidos como DICOM (*digital imaging and communication in medicine*). Permite tener un estándar para todas las imágenes generadas en medicina, no solo las radiológicas sino también de otras especialidades, y es muy importante el intercambio de esta información entre ordenadores del mismo centro o de otras instituciones.

3) Almacenamiento de la imagen

Esta información digitalizada en formato DICOM es transferida a servidores centrales en los que es archivada. Estos equipos son los denominados PACS (Picture & Archive & Communications System), los que a su vez, mediante lenguaje HL7, intercomunica con los sistemas HIS (Historic Information System) del hospital o con la historia clínica digital. La gestión de los datos demográficos de los pacientes con el sistema digital la realizamos con lo que denominamos RIS (Radiological Information System), software que intercomunica todos los equipos y gestiona su uso.

Este almacenamiento puede realizarse en clústeres dentro o fuera del centro médico, de modo que a corto plazo toda la información pueda encontrarse en la nube digital.

Cabe recordar que toda la imagen médica obtenida mediante sistemas radiológicos, u otra tecnología como la ecografía, medicina nuclear o la resonancia magnética, son almacenados en este formato DICOM.

Explicado el proceso de obtención de la imagen, veremos cómo está formado un servicio de diagnóstico por la imagen con variaciones importantes en relación con su localización, función, especialidades de las que dispone, etcétera.

Todo servicio de diagnóstico por la imagen deberá tener:

a) Equipos de radiología simple

Los equipos de rayos X están compuestos por un tubo de rayos X, una camilla o mesa de examen y una columna vertical para la realización de exámenes ortostáticos; la consola de control o mesa de comando; un generador de alto voltaje con autotransformador, y un convertidor de alta frecuencia con rectificación de la corriente.

En estos equipos se pueden hacer todas las radiografías simples de cualquier parte del cuerpo, tal como se ve en la siguiente imagen.



Existen asimismo aparatos de radiología diseñados para exploraciones específicas, como pueden ser los mamógrafos, para el examen de la mama, y los ortopantomógrafos, dedicados a la exploración dentaria.

b) Equipos opcionales en función del uso hospitalario. Equipos con fluoroscopia (equipos de radiología complejos)

Permiten obtener información en tiempo real empleando también un sistema de captación de la imagen, mediante un sistema de videocámara con adquisición en tiempo real. Almacenan los procedimientos diagnósticos como imágenes videográficas. Son equipos de gran utilidad para el examen de vísceras en movimiento como el estómago, los intestinos, etcétera.

Dentro de este grupo, y con mayor sofisticación, tenemos los equipos intervencionistas angiográficos y/o de hemodinámica para el estudio de las arterias del cuerpo o del cerebro y/o vasos del corazón. Son maquinaria con alta sofisticación y gran complejidad que permiten incluso adquirir 24 imágenes por segundo.

Su gran versatilidad es la realización de estudios no solo diagnósticos sino terapéuticos (angioplastia, recambios valvulares, prótesis arteriales, *stents*, y un largo etcétera).

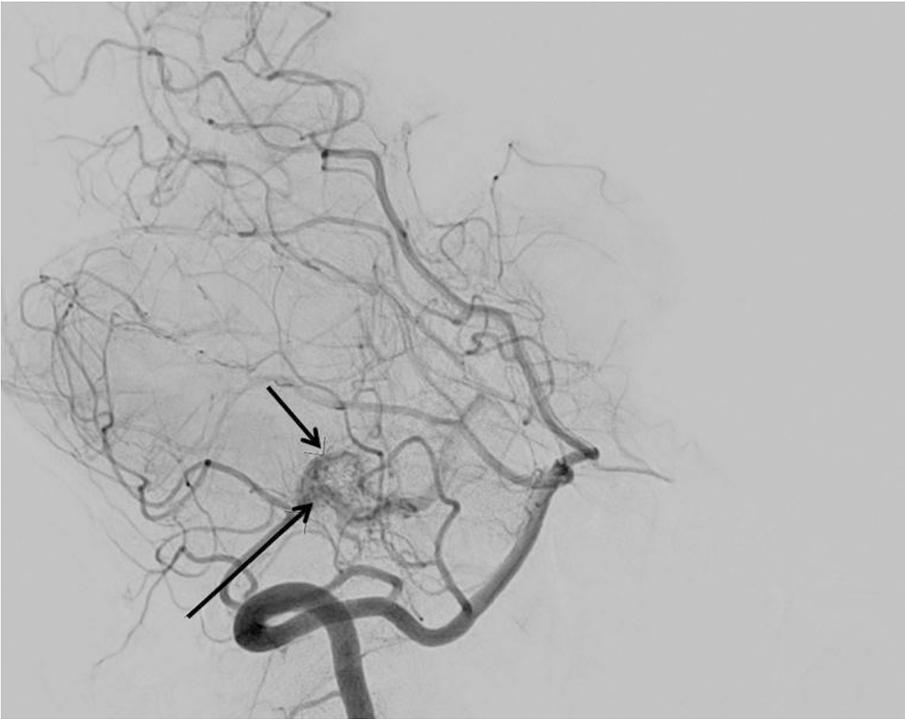
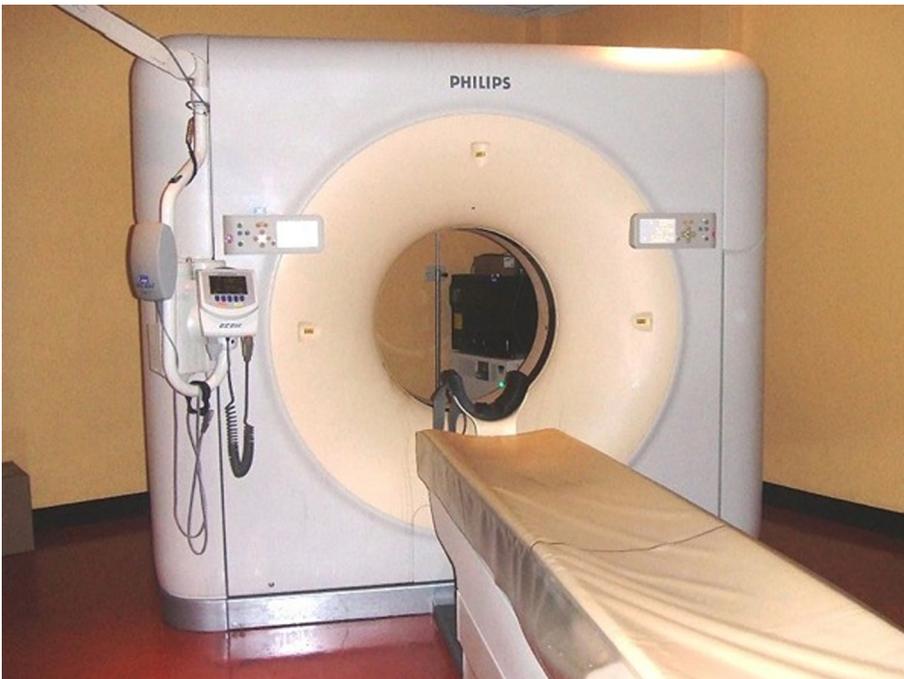


Imagen angiográfica de una malformación vascular de cerebelo (flechas). Angiografía de la arteria vertebral derecha.

c) TAC

El siguiente aparataje radiológico que deberá tener todo servicio de diagnóstico por la imagen es la tomografía axial computarizada (TAC). El TAC es una técnica de imagen médica que utiliza radiación X para obtener cortes o secciones de objetos anatómicos con fines diagnósticos.



Tomografía viene del griego *τομον*, que significa 'corte' o 'sección', y de *γραφίς*, que significa 'imagen' o 'gráfico'. Por tanto la tomografía es la obtención de imágenes de cortes o secciones de algún objeto. La posibilidad de obtener imágenes de cortes tomográficos reconstruidas en planos no transversales ha hecho que en la actualidad se prefiera denominar a esta técnica tomografía computarizada o TC en lugar de TAC.

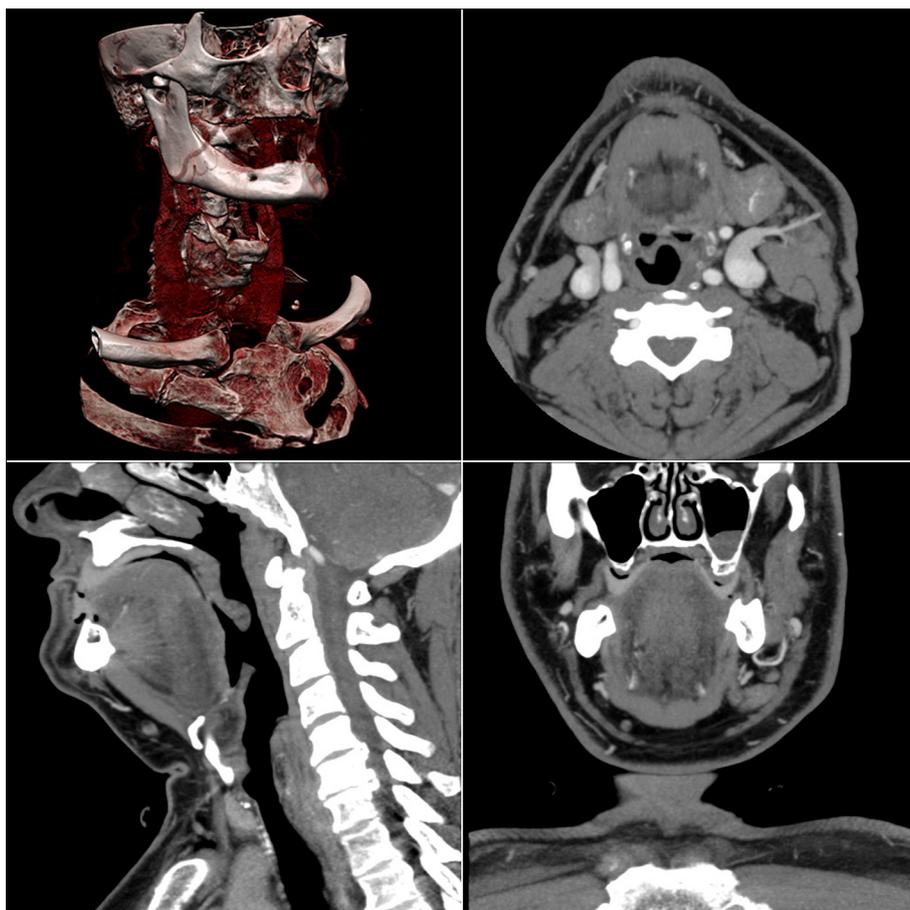
En lugar de obtener una imagen de proyección, como la radiografía convencional, la TC obtiene múltiples imágenes al efectuar la fuente de rayos X, y los detectores de radiación, movimientos de rotación alrededor del cuerpo. La representación final de la imagen tomográfica se obtiene mediante la captura de las señales por los detectores y su posterior proceso mediante algoritmos de reconstrucción.

La TC es una exploración o prueba radiológica muy útil, morfológica, para el estudio de los cambios anatómicos que condiciona la enfermedad. Su inicio en la década de los setenta para el examen cerebral rápidamente fue ampliando su estudio en las exploraciones de tórax, abdomen y extremidades. Es de amplio uso en el seguimiento de la patología oncológica, en su localización y extensión, como el cáncer de mama, cáncer de pulmón y cáncer de próstata o de cualquier localización. Aun así tiene grandes aplicaciones en el examen de la patología intersticial pulmonar, en las lesiones inflamatorias del abdomen, e incluso como confirmación en la patología abdominal aguda.

Actualmente es una exploración de rutina de cualquier hospital, y se han abaratado mucho los costes. Las nuevas TC multicorte, que incorporan varios anillos de detectores (entre 2 y 320), aumentan aún más la rapidez, obteniéndose imágenes volumétricas casi en tiempo real. Este aumento en la velocidad de adquisición y del proceso de reconstrucción amplía el campo de examen en la patología cardíaca y coronaria. En todos ellos se realiza la adquisición en lo que se conoce como adquisición helicoidal. En esta se obtienen los datos, y mientras el tubo de rayos X y los detectores giran, la camilla del paciente se mueve a una velocidad constante.

Para mejorar el contraste es necesario el uso de contraste intravenoso, contraste con yodo por su alto peso molecular. Pueden usarse otros contrastes como el aire o el CO₂ para aumentar el contraste tisular. Su mayor desventaja es la radiación ionizante, condicionada por el uso de rayos X, la dosis de radiación, que a veces no es despreciable. Por ejemplo, con una TC abdominal, se puede recibir la radiación de más de 500 radiografías de tórax, el equivalente de radiación natural de más de cinco años.

La siguiente imagen es un ejemplo de la nitidez que puede proporcionar la TC:



Otro uso es la simulación virtual y planificación del tratamiento del cáncer mediante radioterapia, en la que es imprescindible el uso de imágenes tridimensionales para la aplicación adecuada y el diseño de los campos de dosimetría.

Es esta capacidad tridimensional de gran utilidad en ortopedia para el diseño de prótesis, la adecuación preoperatoria en la cirugía de la columna, etcétera.

d) Resonancia magnética nuclear

La resonancia magnética nuclear (RM), técnica que ha perdido la *N* de nuclear, es una técnica no invasiva que utiliza el fenómeno de la resonancia magnética nuclear. Utiliza potentes campos magnéticos en los que la carga eléctrica de los protones de hidrógeno, muy abundantes en el agua y por ello en la composición de los humanos, con más del 80%, inician un movimiento de precesión al ser introducidos en el campo magnético. Mediante un pulso de radiofrecuencia, el vector de magnetización es desplazado reemitiendo energía. Mediante unas antenas especialmente diseñadas, esta información es recogida y procesada para obtener información sobre la estructura y composición del cuerpo. Esta información es procesada por ordenadores y transformada en imágenes de la zona estudiada. Una de sus mayores ventajas es la ausencia de radiación y su alto contraste tisular.

Es utilizada principalmente en medicina para observar alteraciones en el sistema nervioso central, el cerebro y la columna, así como tejidos blandos. Es una técnica multiplanar que permite obtener imágenes en cualquier plano del espacio.

El equipo de resonancia magnética está formado por un gran imán, entre 0,3 y hasta 3 T (tesla: unidad de medida del campo magnético). Existen equipos en periodo de investigación de 7 T, y en bioquímica se utilizan imanes de hasta 17 T para exámenes de espectroscopia. En la obtención de estos intensos campos magnéticos, se utilizan las propiedades de la superconductividad, siendo la mayoría de imanes superconductivos. Los imanes pequeños permiten hacer equipos abiertos con menor resolución señal/ruido y, como inconveniente, al ser imanes permanentes presentan pesos superiores a las 10 toneladas. Un imán superconductor pesa alrededor de 5-6 toneladas.

Tiene forma de anillo con un túnel en el centro. Los pacientes se ubican en una camilla que se desliza hacia el interior de esta. En algunos centros, las máquinas de resonancia son abiertas, con túneles más grandes y útiles para los pacientes que sufren de claustrofobia. Aunque se parece estructuralmente a un aparato de TAC, la gran diferencia entre las dos pruebas diagnósticas es evidente, ya que en el caso de la RMN las salas de exploración y los pacientes deberán ser preparadas para evitar campos magnéticos que puedan interferir en la prueba, especialmente masas metálicas móviles como ascensores, trenes o vehículos a motor. Al utilizar pulsos de radiofrecuencia, los equipos deben estar asimismo encerrados dentro de una jaula de Faraday, que evita la entrada de artefactos por radiofrecuencias externas.



La RM es una técnica multiparamétrica, lo que permite obtener alto contraste entre los tejidos y según su composición. No es solo una técnica morfológica, sino que permite analizar su composición y determinar información histoquímica.

Su principal aplicación se realiza en el examen del cerebro en cualquiera de sus patologías, desde las enfermedades desmielinizantes hasta los accidentes vasculares o enfermedades isquémicas. Se obtienen excelentes imágenes de las articulaciones y de su contenido, como la rodilla con los meniscos y sus ligamentos.

Por su capacidad multiparamétrica, es posible realizar angiografías sin necesidad de contraste, determinar el edema citotóxico en la enfermedad isquémica, o ver la composición de ciertos tejidos mediante la espectroscopia. En el estudio de la anatomía torácica o del abdomen, sus indicaciones aumentan a diario, y existe la posibilidad de obtener imágenes hidrográficas que muestran las características de la vía biliar o urinaria.

A continuación mostramos unas imágenes sagitales de la columna vertebral que identifican los espacios intrarraquídeos, la médula, la columna y los tejidos paravertebrales.



e) Ecografía

El siguiente elemento fundamental en toda unidad de diagnóstico por la imagen es la ecografía. La ecografía es un procedimiento diagnóstico que emplea el ultrasonido para crear imágenes bidimensionales o tridimensionales. Un

pequeño instrumento muy similar a un micrófono denominado transductor emite ondas ultrasónicas entre 1 y 20 MHz. Estas ondas sonoras de alta frecuencia se transmiten hacia el área del cuerpo bajo estudio y se recibe su eco. El transductor recoge el eco de las ondas sonoras y una computadora convierte este eco en una imagen que aparece en la pantalla.

La ecografía es un procedimiento sencillo, no invasivo, cuya característica más importante es que no emplea ningún tipo de radiación, por lo que puede considerarse una exploración totalmente inocua, y por eso se usa con frecuencia para visualizar fetos que se están formando. Al someterse a un examen de ecografía, el paciente sencillamente se acuesta sobre una mesa y el médico mueve el transductor sobre la piel que se encuentra sobre la parte del cuerpo que se va a examinar. Existen diversos tipos de ecografías dependiendo de la estructura anatómica que se desee explorar y el tipo de sofisticación de la imagen que se desea. Existen pues ecografías abdominales, transrectales, renales, de mama, obstétricas, que utilizan diferentes tipos de transductores según cuál sea el órgano que se explora. Para exploraciones profundas utilizamos transductores de entre 2 y 5 MHz; para exámenes superficiales de 10-15 MHz, y de 18-20 MHz para estudios de la piel.

Su gran versatilidad hace que pueda ser empleada en muchas especialidades médicas, desde la ginecología, obstetricia, cardiología, dermatología, reumatología, etcétera.

Otra de las ventajas es que puede realizar estudios doppler, dedicados a la valoración de los flujos vasculares arterial o venoso.

La gran potencia de los ordenadores permite hacer la reconstrucción 3D, usada en obstetricia e incluso 4D con resolución temporal.

4.2. Medicina nuclear

Los departamentos de diagnóstico por la imagen tienen en su haber una serie de departamentos anexos que son fundamentales en el diagnóstico de patologías concretas; para ello, los centros de alta tecnología cuentan con servicios de medicina nuclear. En medicina nuclear se utilizan radiotrazadores o radiofármacos, que están formados por un fármaco transportador y un isótopo radioactivo. Estos radiofármacos se aplican dentro del organismo humano por diversas vías (la más utilizada es la vía endovenosa).

4.2.1. Gammacámara

Una vez que el radiofármaco está dentro del organismo, se distribuye por diversos órganos dependiendo del tipo de radiofármaco empleado. La distribución del radiofármaco es detectado por un aparato detector de radiación, un fotomultiplicador, que oscila sobre la zona de estudio en lo que denominamos gammacámara.



La información se procesa digitalmente obteniendo imágenes de todo el cuerpo o del órgano en estudio. Estas imágenes, a diferencia de la mayoría de las obtenidas en radiología, son imágenes funcionales y moleculares, es decir, muestran cómo están funcionando órganos y tejidos explorados o revelan alteraciones de estos a un nivel molecular.

Por lo general, las exploraciones de medicina nuclear no son invasivas y carecen de efectos adversos.

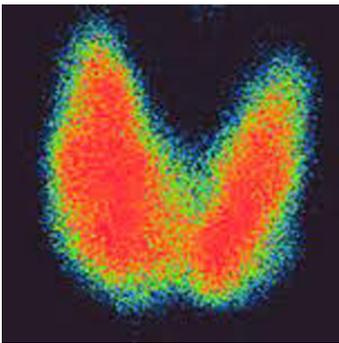
Las exploraciones de medicina nuclear se utilizan para diagnosticar y determinar la gravedad de varias enfermedades, especialmente en la diferenciación de las lesiones óseas benignas o malignas, en la diferenciación de la patología

tiroidea, y especialmente en estudios funcionales cardíacos. También en ciertas patologías tumorales con gran especificidad, como neoplasias endocrinas y desórdenes neurológicos.

El uso de los isótopos puede ser utilizado en el tratamiento de ciertos cánceres como el de tiroides.

Los procedimientos de medicina nuclear pueden ser lentos y llevar mucho tiempo de adquisición, debido a que los radiofármacos pueden tardar desde horas hasta días en acumularse en el área del cuerpo. El desarrollo de fotomultiplicadores más sensibles implica nuevos equipos que pueden reducir considerablemente el tiempo de adquisición.

Las exploraciones más frecuentes en medicina nuclear son las gammagrafías de tiroides y óseas para diferenciar lesiones benignas o neoplásicas, degenerativas. Su alta resolución temporal es de gran ayuda en estudios funcionales, como la gammagrafía renal. Un ejemplo de ello es la siguiente imagen, que corresponde a una gammagrafía tiroidea:



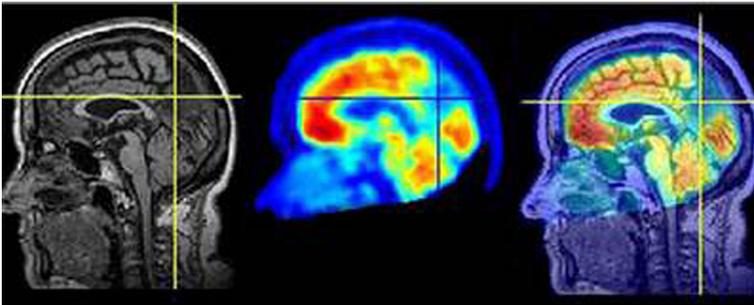
4.2.2. Tomografía por emisión de positrones (PET)

La última tecnología de uso clínico habitual en los departamentos de medicina nuclear es la tomografía por emisión de positrones o PET. PET es acrónimo de *positron emission tomography*. La tomografía por emisión de positrones es una técnica no invasiva de diagnóstico e investigación in vivo por imagen capaz de medir la actividad metabólica del cuerpo humano. Al igual que el resto de técnicas diagnósticas en medicina nuclear, la PET se basa en detectar y analizar la distribución tridimensional que adopta en el interior del cuerpo un radiofármaco de vida media ultracorta administrado a través de una inyección endovenosa. Según qué se desee estudiar, se usan diferentes radiofármacos. La sustancia trazadora más empleada es la glucosa marcada con un radioisótopo, el Fluor18. Esta unión es llamada Fluor-Deoxi-Glucosa o FDG.

La imagen se obtiene gracias a que los tomógrafos son capaces de detectar los fotones gamma emitidos por el paciente. Estos son detectados a través de un anillo de fotomultiplicadores alrededor del paciente tras la conversión de las

emisiones en imágenes eléctricas. Esta información posteriormente se somete a procesos de filtrado y reconstrucción, gracias a los cuales se obtiene la imagen.

Aun así, el gran avance se ha conseguido con el uso conjunto de la TC con el PET, que conocemos como PET-CT. Obtenemos equipos más rápidos en los que la información morfológica del TC se añade a la funcional del PET.



Podemos localizar y cuantificar el consumo de glucosa, lo cual resulta de gran importancia ya que permite mostrar qué áreas del cuerpo tienen un metabolismo glucídico elevado, característica primordial de los tejidos neoplásicos.

La PET nos permite estimar los focos de crecimiento celular anormal en todo el organismo en un solo estudio, y al ser un estudio de cuerpo entero, nos permitirá conocer la extensión de la enfermedad. Sirve además, entre otras cosas, para evaluar y controlar la respuesta al tratamiento, quimioterápico o radioterápico, según la actividad celular y del metabolismo de la glucosa.

Además de la oncología, en la que la PET se ha implantado con mucha fuerza como técnica diagnóstica desplazando al TAC como primera opción diagnóstica en algunas indicaciones, otras áreas que se benefician de este tipo de exploraciones son la neurología y la cardiología. Es la técnica con mayor aplicación en estudios de experimentación clínica. Su gran indicación es en oncología, en la evaluación de la extensión tumoral, representando más del 80% de los estudios. Tenemos grandes esperanzas en el desarrollo de nuevos marcadores o transportadores para un mejor conocimiento de la patología degenerativa, como pueden ser las demencias.

Su mayor dificultad viene condicionada por la obtención de la FDG al ser necesario un ciclotrón, de instalación compleja y de elevado coste. La vida media de la FDG es de 6 horas, siendo posible obtener esta en instalaciones externas al hospital.

Como segunda dificultad se encuentra la elevada dosis de radiación, que condiciona a los pacientes. En ocasiones es superior a 10 TC abdominales, y limita su uso repetitivo en pediatría. Es siempre necesario valorar la relación entre su eficiencia y la radiación.

Finalmente, cabe recordar que la radioprotección de este equipo es superior a cualquier equipo de radiología, generalmente con ladrillos baritados, por la alta energía de la molécula de Fluor¹⁸.

4.3. Equipamiento en oncología

4.3.1. Radioterapia

La radioterapia (RT) consiste en utilizar la radiación ionizante con finalidad terapéutica. La RT se convierte en una práctica habitual en el tratamiento de enfermedades oncológicas a partir de la segunda mitad del siglo pasado, cuando se comercializaron de manera generalizada los equipos de cobalto.

El tratamiento del cáncer se aborda en general desde tres vertientes médicas: la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia. La radioterapia utiliza la capacidad que tiene la radiación para dañar el DNA de las células, destruyéndolas o anulando su capacidad de reproducción. Las células cancerígenas, debido a su alta capacidad de división y su bajo poder de reparación, son más vulnerables a la radiación que las células sanas. El tratamiento con RT se administra de forma fraccionada. La duración de los tratamientos es de 4 a 8 semanas en función de la patología. Para que el resultado de la RT sea efectivo, se debe conseguir irradiar el volumen tumoral a una dosis suficientemente alta que permita erradicar el tumor, administrando una dosis lo más baja posible al tejido sano colindante para evitar toxicidades no deseadas.

La RT convencional, la más extendida, utiliza haces de fotones y de electrones; sin embargo, en los últimos años aparecen nuevas técnicas de tratamiento que utilizan partículas más pesadas como protones e iones.

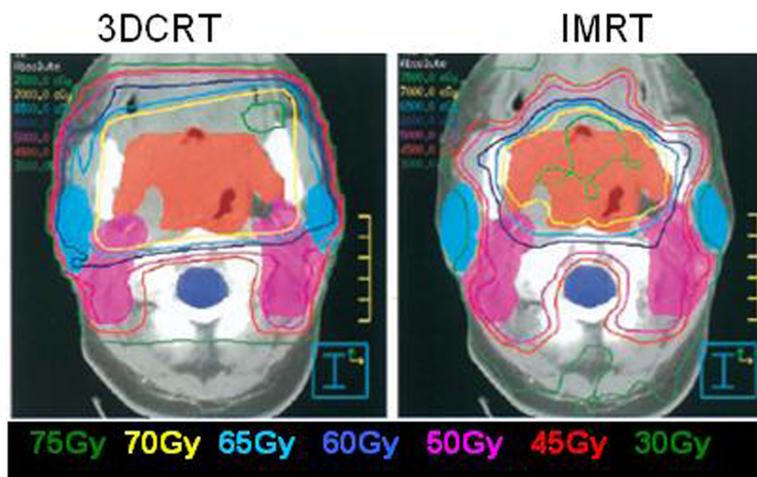
La RT es una especialidad médica altamente tecnológica y que se ha beneficiado de los avances tecnológicos implementados en otros campos como el diagnóstico por la imagen, la física de partículas y la informática.

La incorporación a la RT de nuevas modalidades de diagnóstico como la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética nuclear (RMN), la tomografía computarizada por emisión de fotón único (*single photon emission computed tomography*, SPECT), y la tomografía por emisión de positrones (*positron emission tomography*, PET) permiten identificar los volúmenes de tratamiento de modo muy preciso, teniendo en cuenta su morfología y su actividad fisiológica, discriminando los tejidos con riesgo de enfermedades del resto de tejidos sanos, abriendo la posibilidad de plantear estrategias terapéuticas con escaladas de dosis en aquellos tumores para los que no se consigue un control tumoral.

La tecnología actual ha desarrollado algoritmos de cálculo que permiten planificar tratamientos individualizados adaptados a las necesidades clínicas específicas de cada paciente. A su vez, los equipos de tratamiento han evolucionado para poder administrar los tratamientos planificados. Uno de los avances más importantes en el tratamiento con RT de los últimos años ha sido la incorporación de la RT con haces de intensidad modulada (IMRT), con la que además de modular la forma del haz, se modula la fluencia, consiguiendo distribuciones de dosis que se adaptan prácticamente a cualquier volumen que se desee tratar. A continuación, se presenta un resumen de las soluciones técnicas más relevantes:

- **Tomoterapia:** la primera máquina, Peacock TM, fue desarrollada en el año 1992 por NOMOS Corporation (North American Scientific, Chatsworth, CA, USA, www.nomos.com). El tratamiento se administra mediante un haz estrecho de fotones de 6MV colimado con un sistema multihoja binario (MIMic) montado en un acelerador lineal. Durante la irradiación, el brazo de la unidad describe una vuelta entera, entonces, la mesa se mueve y se trata el siguiente corte. Más tarde, en 1993, se incorpora la tomoterapia helicoidal en la que la mesa se mueve durante la irradiación. Este sistema se desarrolló en la Universidad de Wisconsin-Madison y se comercializó en el año 2002 con el equipo Hi-Art™ Tomo-Therapy INC (Madison, WI, USA, www.tomotherapy.com). Esta modalidad de tratamiento permite combinar la técnica de IMRT con la imagen de la tomografía computarizada con megavoltaje (MVTC) (Mackie y otros, 1993; 1999).
- **IMRT:** el tratamiento se administra en posiciones estáticas del brazo de la unidad. Básicamente hay dos soluciones para administrar la fluencia: MLC-estático, con la técnica llamada *step-and-shoot* (Bortfeld y otros, 1994), en la que el campo final se obtiene como resultado de la irradiación de múltiples subhaces o segmentos, definidos por la posición de las láminas del colimador (CML). Se caracteriza porque no hay radiación mientras las láminas del CML están en movimiento. La otra solución es el modo dinámico o también llamado *sliding window* (Spirou y Chui, 1994); en este caso las láminas del CML se mueven durante la irradiación. Actualmente todas las casas comerciales han implementado la IMRT en sus equipos.
- **Arcterapia** (*intensity modulated arc therapy*, IMAT): utiliza múltiples arcos con haces de intensidad modulada con acelerador lineal (Yu, 1995). Se irradia mientras la unidad de tratamiento va rotando y las láminas del CML se mueven de forma que ajustan la fluencia según la orientación del brazo. Para conseguir diferentes niveles de intensidad se han de utilizar múltiples arcos.
- **AMRT** (*arc modulated radiation therapy*): consiste en modular el haz de radiación mediante variaciones de la tasa de dosis, de la velocidad del brazo y el movimiento de las láminas. Tiene la ventaja de que el tratamiento se administra muy rápido, reduciendo el impacto de los movimientos del pa-

ciente durante la sesión de tratamiento (Otto, 2008; Wang y otros, 2008). La implementación comercial de la AMRT se produce en el año 2008 con los nombres comerciales de RapidArc™ por parte de Varian Medical Systems (Palo Alto, California, EE. UU., www.varian.com) y VMAT que corresponde a las siglas de Volumetric Modulated Arc Therapy por parte de Elekta (Estocolmo, Suecia, www.elekta.com).



Vista axial de la distribución de dosis correspondiente a un tratamiento de cáncer de cabeza y cuello, izquierda técnica convencional y derecha con IMRT. Los volúmenes en rojo y rosa corresponden al tumor primario y ganglios linfáticos bilaterales, las glándulas parótidas en azul claro y, en azul oscuro, el canal medular.

4.3.2. Radioterapia guiada por la imagen (IGRT) y radioterapia adaptativa (RTA)

La implementación clínica de las últimas técnicas con eficacia plantea la necesidad de reducir las imprecisiones en el momento de administrar el tratamiento, esto ha comportado el desarrollo de sistemas de imagen integrados en las unidades de tratamiento. Primero, se introdujeron los dispositivos de dosimetría portal solidarios al brazo de la unidad de tratamiento. Estos equipos proporcionan, a partir del haz de radiación, una imagen planar del campo de tratamiento en relación con el paciente. Más tarde se incorporaron equipos con superior calidad de imagen como tubos de rayos X o de ultrasonidos externos o solidarios al brazo. Finalmente se introdujeron sofisticados equipos de tomografía helicoidal basados en sistemas CT con kilovoltaje, o sistemas de CT con MV que utilizan el propio haz de tratamiento combinado con el sistema de dosimetría portal que proporcionan imágenes volumétricas.

La técnica que se basa en la utilización de las imágenes del paciente para corregir las imprecisiones en el posicionamiento durante la administración del tratamiento se llama radioterapia guiada por la imagen (IGRT, *image guided radiation therapy*). Un ejemplo de esa modalidad son las técnicas de sincronización del tratamiento con la respiración del paciente. La implementación clínica de los sistemas de imagen que proporcionan una imagen durante el tratamiento ha puesto de manifiesto los cambios anatómicos que presentan algunos pacientes.

La modalidad que introduce la corrección del tratamiento, para adaptarlo a los cambios que experimentan los volúmenes de tratamiento y los tejidos sanos, es la radioterapia adaptativa (RTA). La aplicación de la RTA comporta el desarrollo de equipos y metodologías que permitan detectar y medir las variaciones, y también el desarrollo de los procedimientos para poder realizar una planificación del tratamiento que corrija estos cambios. Los avances en las técnicas de planificación automática, basadas en el registro de la imagen deformable, ayudarán en gran parte a la futura implantación clínica de la RTA. Estas soluciones tecnológicas están en fase de desarrollo y no se aplican clínicamente de manera generalizada.

4.3.3. Radioterapia intraoperatoria (RIO)

La radioterapia intraoperatoria (RIO) consiste en administrar una dosis única alta de radiación al lecho quirúrgico inmediatamente después de que se realice la cirugía que extirpa el tumor. La RIO ofrece la ventaja de poder administrar altas dosis directamente sobre al lecho tumoral, que es la zona de más alto riesgo de recidiva, ya que en el acto quirúrgico se apartan las estructuras sanas que no se deben irradiar. El hecho de administrarse una dosis en una sola sesión incrementa el daño biológico que la radiación produce. Generalmente esta técnica se combina con la radioterapia externa con la que se abarca un volumen de irradiación mayor que incluye las áreas adyacentes al tumor, en las que también se pueden presentar recidivas.

La RIO requiere una tecnología muy específica, mini aceleradores portátiles que se pueden trasladar al quirófano. La mayoría de centros no disponen de esta tecnología y utilizan aceleradores convencionales de RT externa en las que insertan unos aplicadores que limitan el tamaño del haz de radiación y focalizan la dosis sobre la zona que se va a irradiar. Es una técnica que requiere una completa coordinación de todos los especialistas implicados, cirujanos, oncólogo radioterápico, físicos, anestesistas, enfermeras y técnicos de RT. El uso de la RIO es minoritario, pero en el futuro se puede incrementar con la implementación comercial de los mini aceleradores.

Adicionalmente, es necesario que el haz de radiación pueda acceder a la zona que se va a irradiar. En los tumores en los que se utiliza con más frecuencia son los tumores de recto y de páncreas, en los que el cirujano a veces no puede llevar a cabo una resección completa, y también en los tumores de mama en los que puede reducir la toxicidad cardíaca producida al irradiar el corazón.

4.3.4. Radioterapia estereotáxica

La palabra *estereotáxico* hace referencia a la localización de un punto en un sistema de coordenadas de tres dimensiones. Esta técnica de irradiación consiste en un marco estereotáxico fijado al paciente que permite correlacionar

la imagen del tumor con la anatomía de este. La irradiación con esta técnica permite tratar tumores pequeños, generalmente craneales, con altos gradientes de dosis evitando depositar dosis altas en los tejidos sanos colindantes.

Si la dosis prescrita se administra en una sola sesión, la técnica se denomina radiocirugía o radiocirugía estereotáxica (RC). Si la dosis total se administra en diferentes fracciones, generalmente oscilan entre 3 y 30, hablaremos de radioterapia estereotáxica fraccionada (RTEF).

Actualmente se pueden realizar tratamientos estereotáxicos sin marco, utilizando los sistemas denominados *frameless*. Como sistema de referencia, se utilizan marcas sobre el paciente que posteriormente se localizan mediante los dispositivos de imagen acoplados a los aceleradores.

La radioterapia estereotáxica inicialmente se implementó en los tumores cerebrales de pequeño volumen en los que, por su localización, no se podía realizar una cirugía. Hoy en día la estereotaxia se ha implementado clínicamente a otras localizaciones como el pulmón, el hígado, o las metástasis vertebrales; en estos casos se denomina radioterapia extracraneal (SBRT). En ambos casos este tipo de tratamiento presenta la ventaja de no someter al paciente a una cirugía invasiva.

Las soluciones tecnológicas para realizar estos tratamientos son variadas; a continuación se explican brevemente las más utilizadas.

1) **GAMMA-KNIFE**: diseñada expresamente para realizar tratamientos de RC. Consiste en una especie de casco con distintos orificios donde se encuentran ubicadas fuentes de Co-60. El primer equipo se instaló en 1968 en el instituto; los equipos actuales disponen de más de 200 fuentes que se colocan de manera robotizada en función de la lesión que se desee tratar.

2) **CYBER-KNIFE**: es un ejemplo de acelerador dedicado a radiocirugía. Consiste en un pequeño acelerador montado sobre un brazo robótico que se mueve alrededor del paciente irradiando el tumor desde diferentes posiciones.

3) **Colimadores externos tipo conos o micromultiláminas**: utilizan un sistema de estereotaxia que se acopla de manera temporal al acelerador. El equipamiento consta de un dispositivo de conformación del haz y de un sistema de fijación del paciente a la mesa de tratamiento y de localización de coordenadas. Para la conformación del haz, pueden usarse colimadores circulares o colimadores micromultiláminas, que se insertan en la cabeza del acelerador.

4) **Aceleradores lineales con sistema de IGRT:** consiste en utilizar los aceleradores de última generación con mesas robóticas a las que se acoplan sistemas de inmovilización, y de sistemas de localización mediante sistemas infrarrojos o de kilovoltaje que permiten realizar tratamientos guiados por imagen sin utilizar guías fijas.

4.3.5. Protonterapia

Es un tipo de RT en la que se utilizan haces de protones. Esta modalidad aprovecha la capacidad que tienen los protones de atravesar una cierta cantidad de tejido antes de depositar su energía a una profundidad máxima, denominada pico de Bragg. Esta profundidad máxima depende de la energía inicial del haz de protones; variando la energía del haz, se consigue irradiar el tumor entero. Esta característica presenta la ventaja de que la dosis se deposita en el lugar seleccionado, el tumor, irradiando a muy bajas dosis el tejido sano de alrededor. Adicionalmente los protones tienen una capacidad superior de dañar a las células que los fotones y electrones.

Para producir un haz de protones, se necesita un acelerador de partículas circular de grandes dimensiones, sincrotrón o ciclotrón, que, aparte de tener un alto coste económico, necesita disponer de gran espacio. Por eso es una técnica que, a pesar de que aporta altas ventajas clínicas, no se ha implantado de manera generalizada y solamente se encuentra en centros altamente especializados.

La técnica se utiliza para tratar el cáncer de todas las localizaciones, pero destacan los tratamientos de tumores cerebrales, pediátricos y próstata.

Las técnicas con haces de protones actuales, al igual que para haces fotones, han incorporado también las técnicas de intensidad modulada y de IGRT.

4.3.6. Braquiterapia

A diferencia de las técnicas de RT externa descritas anteriormente, la braquiterapia es una técnica de RT interna. La palabra *braquiterapia* procede del griego *brachys*, que significa 'cerca'. La técnica consiste en la colocación de fuentes radiactivas encapsuladas dentro o en la proximidad de un tumor. La radiación es muy localizada sobre la zona donde se han colocado las fuentes, con lo que se pueden administrar dosis muy altas sin irradiar el tejido sano colindante.

Según el lugar donde se apliquen las fuentes, se denominan distintos tipos de braquiterapia; en la braquiterapia **intersticial**, las fuentes se colocan directamente en el tejido diana de la zona afectada, como el de la próstata o de la mama; en la braquiterapia **endocavitaria**, se utilizan en las cavidades corpo-

rales como el cérvix, el útero o la vagina; en la braquiterapia **endoluminal** se aplican en la tráquea o el esófago, o la braquiterapia **de contacto superficial**, que se aplican directamente sobre la piel.

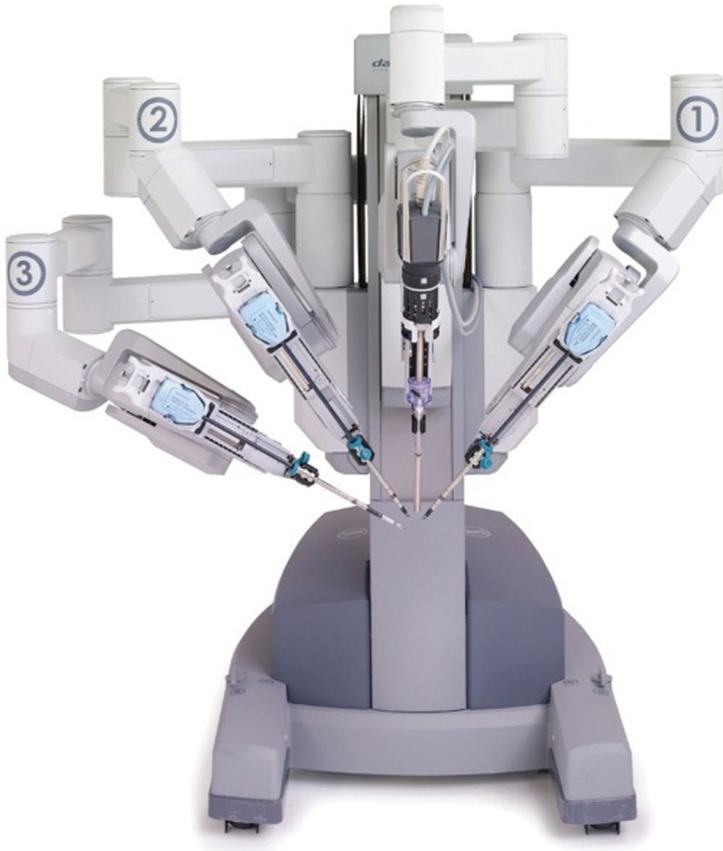
4.4. Cirugía robótica

La robotización tiene importantes áreas de aplicación:

- Realización de cirugías a distancia mediante técnicas de telerrobótica.
- Realización de operaciones de máxima precisión y de impacto mínimo con técnicas de *augmented reality*, lo que redundaría en unos menores tiempos de recuperación del paciente.
- Realización de endoscopias virtuales que realizan una reconstrucción de imágenes tomadas por un TAC y simula la endoscopia sin realmente efectuarla. La combinación con las técnicas de realidad virtual permite practicar la técnica en modelos.
- Utilización del concepto de quirófano inteligente.

En este tipo de quirófano, el cirujano tiene acceso a herramientas de gran utilidad para realizar las operaciones, como monitores móviles de alta resolución que controlan todas las herramientas disponibles en el quirófano mediante el uso de una pantalla táctil estéril de ordenador; comunicación con el exterior y realización de videoconferencias o llamadas telefónicas; control de todos los parámetros de la operación, pudiendo cambiar con una simple pulsación la luz, la posición de la mesa de operaciones, los bisturíes, el insuflador y los monitores; consulta de datos en internet o en la intranet del centro (por ejemplo, pueden consultarse pruebas radiológicas mientras se realiza la intervención).

La utilización de robots en el quirófano (cirugía robótica) va ampliando el rango de intervenciones posibles en el arsenal quirúrgico y aumentando la precisión de las intervenciones: oftalmología y neurología son dos de las especialidades más atractivas para el empleo de esta tecnología dado que la precisión es fundamental en ellas.



La mayor ventaja de los equipos robóticos de cirugía es básicamente de dos tipos:

- Asistencial, ya que permite realizar cirugías en lugares en los que no se dispone de los especialistas necesarios sin movilizar al médico, pues estos equipos funcionan perfectamente ubicados en lugares diferentes (robot quirúrgico y equipo de control y operación por el personal facultativo). Además incrementa la calidad, ya que permite la concentración necesaria para alcanzar la masa crítica que permite a un facultativo alcanzar sus mejores resultados.
- Económica, ya que permite la máxima eficiencia de recursos escasos como son los especialistas quirúrgicos de determinadas especialidades y, a su vez, la utilización de robots quirúrgicos permite una mayor eficiencia en la programación quirúrgica, ya que pasan a jugar diferentes salas de operaciones ubicadas en el territorio.

A pesar de esto, debemos señalar que hoy en día la aplicación de esta tecnología se realiza sin desvincular al facultativo y al robot, es decir operan ubicados en el mismo espacio físico, con lo que no se están obteniendo los resultados esperados en esta aplicación tecnológica.



4.5. Procesos de soporte hospitalarios

4.5.1. Unidad de logística

La unidad de logística de un hospital es la unidad orgánica encargada de lograr los recursos materiales y servicios en la cantidad, calidad y oportunidad requerida por los usuarios internos para realizar la actividad asistencial. Los principales eslabones son el fabricante, el distribuidor, el almacén o almacenes hospitalarios (farmacia), los servicios o unidades hospitalarias y el paciente.

El fabricante genera los productos en lotes con las dimensiones que para él le resulten más rentables, y realiza su transporte a través de cargas que le aseguren la eficiencia. Por su parte, el distribuidor de bienes efectúa una clasificación previa de los envíos que trasladará hasta los almacenes, combinando diferentes transportes buscando siempre un punto de equilibrio. Por su parte, los almacenes hospitalarios, dentro de los cuales se incluyen las farmacias, con sus propias particularidades, se encargan del almacenaje de los productos médicos y quirúrgicos mediante almacenes interiores o exteriores, se responsabiliza de la distribución de los materiales, atiende los diferentes usos médicos y facilita la división en pequeños lotes que favorezcan la posibilidad de realizar un reparto eficiente, pudiendo establecer puntos de almacenaje en las diferentes unidades clínicas.

La tendencia en el sector salud es a reducir los recursos destinados a la logística, por lo que se llevan a cabo acciones como:

- Reducir la dimensión de los almacenes.
- Introducir dispositivos automáticos de distribución y reposición.
- Sistemas de codificación.
- Estandarización identificativa de artículos.

Por otro lado, internet obliga a los vendedores a ofrecer a los compradores información en tiempo real.

Una tecnología de gran importancia en este ámbito es la **RFID**. El seguimiento mediante radiofrecuencia de cualquier producto a lo largo del ciclo de utilización ha de contribuir a garantizar la seguridad para los pacientes, y ha de provocar una anticipación en la toma de decisiones, ya que la trazabilidad nos permite no solo reponer el producto, sino facilitar su localización y retirada, si procede, en cualquier punto de la cadena.

Otras tecnologías que impactan en la logística hospitalaria son los que tienen que ver con la automatización de la preparación de los pedidos y la robotización de su distribución por los distintos puntos del hospital o centros sanitarios.

4.5.2. La preparación automática de pedidos o *picking*

Es el proceso de selección y recogida de las mercancías de sus lugares de almacenamiento y su transporte posterior a zonas de consolidación, con el fin de realizar la entrega del pedido efectuado por el cliente. Consta, por tanto, de dos actividades básicas: la recogida de cada una de las mercancías solicitadas por el cliente, y la consolidación o agrupación de todas ellas en uno o varios embalajes para su envío.



Tradicionalmente el *picking* se ha realizado de modo manual, y era el operario (preparador de pedidos) el que se desplazaba hasta el almacén para recoger el producto. Sin embargo, en la actualidad se tiende hacia la automatización total de este proceso mediante sistemas mecánicos que permiten que sean los productos los que se desplacen desde su ubicación en el almacén hasta la zona donde trabaje el preparador de pedidos.



Entre otros mecanismos, destacan los paternóster (o sistemas verticales rotativos de extracción de artículos), los transelevadores o los carruseles (raíles anclados en el techo por el que se mueven bandejas que contienen los productos solicitados). La actividad de preparación de pedidos juega un papel importante en la correcta gestión de inventarios, por cuanto es el momento en el que se debe dar de baja una mercancía en el almacén. Para agilizar la gestión de stock, reducir el número de errores y, en definitiva, reducir los costes logísticos, se tiende a sustituir los papeles por sistemas informáticos que permiten que en el mismo momento de retirar una mercancía del almacén (o en la zona de consolidación) se descuenta automáticamente del stock.

Dentro de los elementos que facilitan esta automatización de pedidos están los lectores de códigos de barras, los terminales de radiofrecuencia (generalmente llamados pistolas), los sistemas de reconocimiento de voz, o los más modernos visores incorporados a las gafas del operario.



Esta tecnología tiene un especial desarrollo en el área de farmacia del hospital donde existen diversas empresas que comercializan paternóster y transelevadores, que facilitan la preparación de la prescripción farmacológica y unidades de control en planta que informan de los consumos y automatizan reposiciones.

4.5.3. La distribución automática de pedidos

Existen en la actualidad sistemas robotizados de dispensación de pedidos que permiten sustituir al personal en estas tareas. Estos robots tienen sistemas de geoposicionamiento y *tracking* que permiten la configuración de rutas de distribución y, por tanto, automatizan la distribución de pedidos.



Es necesario, para ello, establecer circuitos específicos en el hospital que permitan a los robots circular con seguridad por espacios en los que circulan profesionales y pacientes.

Bibliografía

Abad, I. y otros (2009). "Algunas consideraciones sobre seguridad de la información en el proyecto europeo de historia clínica digital (proyecto epSOS)". *Derecho y salud* (vol. 18, enero-junio, págs. 87-99).

Andérez, A. (2003). "Aspectos legales de la historia clínica informatizada". En: J. Carnicero (coordinador). *Informe SEIS. De la historia clínica a la historia de salud electrónica*. Madrid, España: SEIS.

Arnold, S.; Wagner, J.; Hyatt, S. (2008). *Electronic Health Records: A Global Perspective*. HIMSSentation.

Carnicero, J.; Rojas, D. (2010). *Aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los sistemas de salud de Bélgica, Dinamarca, España, Reino Unido y Suecia*. Serie Políticas Sociales. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.

CEPAL (2010a). *Documento de Síntesis El progreso de América Latina y el Caribe hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Desafíos para lograrlo con igualdad*. Publicación de las Naciones Unidas.

Coiera, E. (1997). *Guide to Health Informatics*. Londres, Inglaterra: Ed. Hodder Arnold.

Della Mea, V. (2011). "Prerecorded telemedicine". *Introduction to Telemedicine* (2.ª ed.). Londres: Royal Society of Medicine Press.

Fernández, A.; Oviedo, E. (septiembre 2010). *Tecnologías de la información y la comunicación en el sector salud: oportunidades y desafíos para reducir inequidades en América Latina y el Caribe*. División de Desarrollo Social Santiago de Chile. <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/40953/sps165-tics-salud.pdf>

Formigós, J. (2009). *El papel de las nuevas tecnologías en la obtención y explotación de información sobre salud, medicamentos y sus consecuencias en la relación médico-paciente*. Tesis doctoral. España: Universidad de Alcalá.

Garbayo, J. A.; Carnicero, J.; Sanz, J. (2003). "La seguridad, confidencialidad y disponibilidad de la información clínica". En: J. Carnicero (coordinador). *Informe SEIS. De la historia clínica a la historia de salud electrónica*. Madrid, España: SEIS.

Gobierno de La Rioja, España (2012). *Tecnologías de la comunicación, jóvenes y promoción de la salud*.

Hesse B. W.; Moser, R. P.; Rutten L. J. (2010). "Surveys of physicians and electronic health information". *N Engl J Med*. (núm. 362(9), págs. 859-860).

IMIA (2000). *Yearbook of Medical Informatics. Patient-centered Systems*. J. Bemmell, A. T. McCray (editores), Stuttgart, Alemania: Schattauer Verlagsgesellschaft mbH.

Institute of Medicine (2001). *Crossing the Quality Chasm: a New Health System for the 21st Century*. Washington, D. C.: National Academy Press.

King, D.; Ramírez-Cano, D.; Greaves, F.; Vlaev, I.; Beales, S.; Darzi, A. (mayo 2013). "Twitter and the health reforms in the English National Health Service". *Health Policy* (núm. 110(2-3), págs. 291-297).

Naciones Unidas. *Informe del 2013. Objetivos de Desarrollo del Milenio*.

Oh, H.; Rizo, C.; Enkin, M.; Jadad, A. J. (2005). "What Is eHealth (3): A Systematic Review of Published Definitions". *Med Internet Res* (núm. 7(1): e1). <http://www.jmir.org/2005/1/e1>

Orduz, R.; Valenzuela, J. I.; Mejía Medina, F.; Andrés García, C. *Las TIC en algunos de los retos del sector salud: panoramas, experiencias y perspectivas*. Disponible en <http://www.saludpublica.ucr.ac.cr/libro-tic.pdf>.

Perry, G. E. y otros (2006). *Poverty Reduction and Growth: Virtuos and Vicious Circles*. Washington DC: The international bank for Reconstruction and Development/The World Bank.

Pham, T. P. (2011). *The Impact of Patient Empowerment on HIV Medication Adherence among a Nationally-Representative Sample of HIV-Infected Veterans*. Tesis de máster. Paper 150. http://digitalcommons.uconn.edu/gs_theses/150.

Protti, D. J. (1982). *A New Undergraduate Program in Health/Medical Informatics*. AMIA Proceedings. Ed. Masson Publishing, Estados Unidos.

Recihertz, P. (1973). *Protokoll der Klausurtagung Ausbildungsziele, Inhalte und Methoden in der Medizinischen Informatik*. Hamburgo: Ulm Reisenberg/b.

Roberts, J. (2001). *Medinfo. Proceedings of the 10th World Congress on Medical informatics*. Ámsterdam, Holanda: IOS Press.

The Economist (2009). "Medicine goes digital: a special report on healthcare and technology". April 18.

II Seminario Internacional: Nuevos Desafíos del Desarrollo en América Latina. La perspectiva de jóvenes académicos y profesionales (2007).

"Los desafíos de las nuevas políticas de desarrollo social en América Latina". Seminario Internacional Desenvolvimento e Integração Regional na América Latina: revisões críticas e alternativas (2012, junio). Brasília: CEPPAC.

V Congreso de Economía de la Salud de América Latina y el Caribe. Salud, protección social y desarrollo económico: el desafío de la sustentabilidad de los sistemas sanitarios (2012).