SHEng
SMART HEALTHCARE ENGINEERING
2023-1-RO01-KA220-HED-000159985

Co-funded by
the European Union

# INGENIERO HOSPITALARIO EN EL HOSPITAL MODERNO

# ES

**Class content material**

This document is part of a training materials collection developed within the Erasmus+ project “Smart healthcare engineering”, SHEng, project No. 2023-1-RO01-KA220-HED-000159985.

The collection is intended for engineering students and professionals working in the healthcare sector. It covers technical subjects relevant to hospital infrastructure, equipment, materials and support services, helping readers understand how engineering contributes to safe patient care and the reliable operation of healthcare facilities.

These materials support classroom teaching and independent study. They should be used alongside the project handbook and the presentations, courses and other learning resources available on the project website. Each document addresses a specific subject, while the collection provides a broader understanding of the responsibilities and practical challenges of healthcare engineering.

The content is educational. Its application in practice requires consideration of the conditions of each healthcare facility, the applicable standards and the instructions provided by equipment manufacturers.

Project website: www.smarthealtheng.com

SHEng
SMART HEALTHCARE ENGINEERING

Transilvania University of Brasov
ULPGC Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
MANISA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Servicio Canario de Salud
SPITALUL MUNICIPAL SĂCELE
Co-funded by the European Union

# Ingeniero hospitalario en el hospital moderno

La siguiente clase introduce ¨Healthcare engineer¨ cómo profesionales que conectan los conocimientos de los ingenieros con el día a día en un hospital y esta creado para los estudiantes que necesitan entender por qué los hospitales dependen de los sistemas tecnológicos, mantenimiento, los procedimientos de seguridad y una buena comunicación entre ingenieros y el personal del hospital.

## 1. ¿Qué es un hospital?

Un hospital es una institución de cuidado de salud que provee diagnósticos, tratamientos, cuidados de enfermería y tratamientos especiales para gente que está enferma, lesionada o necesita supervisión médica. En una clasificación administrativa y estadística, los hospitales se describen como proveedores de servicios que brindan atención hospitalaria y utilizan instalaciones especializadas, equipos y profesionales sanitarios para este fin.

Esta definición es correcta, pero por desgracia no muestra con totalidad la realidad de los hospitales. Para un ingeniero, un hospital también es un sistema técnico que debe trabajar continuamente. Un hospital necesita edificios seguros, electricidad estable, agua limpia, gases medicales, sistema de aire controlado, zonas esterilizadas, equipamiento medical, sistemas de comunicación, información tecnológica, manejo de residuos y procedimientos de emergencia.

Por lo tanto, los edificios construidos para los hospitales son diferentes a otros edificios públicos. No se pueden cerrar simplemente por un problema de instalación. Los pacientes dependen del oxígeno, la ventilación, la monitorización, las cirugías, diálisis o servicios del laboratorio.

También tienen un rol social, Reciben personas en situaciones de vulnerabilidad. El paciente no deber ver los sistemas técnicos que están detrás del acto médico, pero estos sistemas influyen en la calidad y la protección de su salud. La sala de operación debe estar limpia, tiene que tener una temperatura estable, un esterilizador en funcionamiento o un mantenimiento del sistema de imágenes son condiciones técnicas que dan soporte al trabajo clínico.

El hospital también se debe entender como una parte del sistema sanitario, no funciona de forma aislada, sino que recibe pacientes procedentes de la atención primaria, servicios de emergencia y otras instituciones. Envía información, pacientes y responsabilidades de nuevo a la comunidad. La organización mundial de salud describe los sistemas de salud como la prestación de servicios,

fuerza laboral sanitaria, productos medicales y tecnologías, financiación, liderazgo y gobernación. Todos estos componentes los contiene en in hospital dentro de una organización.

**La idea principal es simple:** Un hospital es un lugar de salud y un medio técnico al mismo tiempo. Las actividades medicales y las actividades de ingeniería no son de diferentes mundos. Ellos se encuentran cada día en la habitación de un paciente, en la sala de operaciones, en la habitación técnica y en el taller de mantenimiento.

**Funciones Hospitalarias:**

- Atención clínica: diagnósticos, tratamientos, operaciones, rehabilitaciones, emergencia y tratamientos a largo plazo
- Servicios de soporte: farmacias, laboratorios, esterilizaciones, servicios de catering, lavandería y limpieza.
- Servicios técnicos: Edificios, instalaciones, energía, agua, gases medicales, HVAC, equipamiento y servicios informáticos.
- Educación e investigación, sobre todo en hospitales universitarios.
- Apoyo a la salud pública, incluida la preparación ante desastres y brotes.

## 2. Los sistemas técnicos de un hospital:

El edificio de un hospital contiene muchos sistemas que normalmente son invisibles para los pacientes. Estos sistemas deben operar juntos. Cualquier sistema débil, afecta la calidad de todo el servicio. Por ejemplo, una habitación de operación necesita ventilación, control de presión, control de temperatura, luz, gases medicales, sistemas de seguridad eléctrica, instrumentos estériles, flujo de residuos correcto y un personal capacitado. Ninguno de estos elementos es opcional.

La infraestructura de un hospital este conectada con riesgo. El índice de Seguridad Hospitalaria desarrollado por WHO y PAHO evalúa la seguridad estructural, la capacidad de gestión de emergencias y desastres y de seguridad no estructural [3]. Este enfoque demuestra que la seguridad de un hospital no se limita a las decisiones médicas. El edificio, las instalaciones, el equipamiento y los procedimientos de emergencia también deben ser seguros.

El hospital debe seguir funcionando durante las actividades normales y durante las situaciones excepcionales. Fallas en el sistema eléctrico, la escasez de agua, incendios, una epidemia, un incidente cibernético o el fallo de un dispositivo pueden tener consecuencias directas en los pacientes. Debido a esto el ingeniero hospitalario debe pensar en términos de continuidad, redundancia y respuesta rápida.

Los sistemas técnicos en un hospital se deben agrupar en varias categorías. Cada categoría tiene sus riesgos y necesita sus propios sistemas de mantenimiento. Al mismo tiempo, estas categorías están conectadas. Cualquier cambio puede afectar a cualquier otro sistema. Por ejemplo, ahorrar energía reduciendo la ventilación puede crear problemas en el control de las infecciones. Reemplazar equipamientos sin un control de la capacidad de corriente puede crear problemas en el sistema de seguridad o rehabilitación.

**Principales sistemas técnicos en un hospital.**

| Sistema | Ejemplos | Importancia |
|---|---|---|
| Energía | Suministro principal, generadores, sistemas de alimentación ininterrumpida, iluminación | Mantiene el equipamiento y áreas críticas operacionales |
| Agua y saneamiento | Agua caliente, agua fría, aguas residuales | Favorece la higiene, la esterilización y la atención al paciente |
| HVAC | Ventilación, filtración, presión, humedad | Controla la comodidad, la calidad del aire y los riesgos de infección |
| Gases medicales | Oxígeno, el vacío, aire comprimido | Soporte a la cirugía, cuidados intensivos y las urgencias |
| Dispositivos medicales | Monitores, equipos de diagnóstico por imagen, bombas de infusión, esterilizadores | Apoya el diagnostico, el tratamiento y el seguimiento |
| Informática y comunicación | Red, HIS, PACS, alarmas, ciberseguridad | Facilita el flujo de datos, toma de decisiones y coordinación |
| Residuos y logística | Residuos peligrosos, suministros, rutas de transporte | Protege al personal, a los pacientes y al medio ambiente |

La tabla anterior muestra por qué los ingenieros deben estar organizados en el hospital. El hospital no se puede confiar solamente en reparaciones de emergencia. Necesitan planificación, previene el mantenimiento, documentos técnicos, récords, piezas de repuesto, entrenamientos y una clara comunicación con los departamentos clínicos.

## 3. Gestión del hospital

La gestión de un hospital significa la organización de las personas, recursos, edificios, tecnologías y los procedimientos para que se pueda brindar una atención segura todos los días. Todas estas partes tuenen que trabajar juntas. Una decisión tomada por el equipo directivo suele tener consecuencias técnicas, y una decisión técnica puede influenciar en el trabajo clínico.

La gestión empieza con una misión y con responsabilidad. El hospital debe definir que servicios presta, a quienes, con qué nivel de complejidad y con que recursos. Después de esto, tiene que tener un personal, el presupuesto, infraestructura y el sistema de información que soporta estos servicios. El sistema de salud WHO resulta útil porque muestra la prestación de servicios depende de la fuerza laboral, la información, la tecnología, la financiación y la gobernanza [2]. Los gestores hospitalarios trabajan con limitaciones. Ellos deben respetar las necesidades médicas, los requisitos legales, limites financiaros, la disponibilidad del personal y los estándares de seguridad de los

pacientes. También tienen que tener un plan de emergencia. Un hospital que funciona bien en condiciones normales no es suficiente. Es obligatorio tener la capacidad de continuar con los servicios esenciales en el momento que ocurren cosas inesperadas.

Para los ingenieros sanitarios, la gestión del hospital es importante debido a los servicios técnicos no pueden gestionarse solamente desde el taller. Las prioridades de mantenimiento deben estar conectadas con las prioridades clínicas. Una unidad de ventilación averiada en un quirófano tiene un riesgo muy diferente distinto a un aire acondicionado roto en una tienda. El fallo de esterilización, el suplemento de oxígeno, el escáner CT puede cambiar el trabajo de diferentes departamentos.

**Principales áreas de gestión**

- Gobernanza clínica: la calidad de los servicios médicos, protocolos, seguridad del paciente y el riesgo clínico
- Recursos humanos: personal, entrenamiento, organización de los turnos y las responsabilidades profesionales
- Gestión financiaría: presupuesto, adquisición, inversiones y el control del costo.
- Gestoría técnica: récords edificios, instalaciones, equipamientos, energía, agua y mantenimiento
- Gestión de información: récords medicales, datos del sistema, ciberseguridad y elaboración de informes
- Gestión de emergencia: preparación, planes de continuidad y procedimientos de respuesta
- Gestión ambiental: residuos, emisiones, uso del agua, consumo de energía y sostenibilidad

Tener una buena gestión del hospital no significa que todos los problemas se resuelven solamente del director. Significa que todas las responsabilidades son claras y que todos los departamentos trabajan compartiendo información. El ingeniero tiene que formar parte del sistema, porque muchas decisiones sobre el control de seguridad, los costos y la calidad dependen del punto de vista técnico.

## 4. Gestión de riesgos, seguridad y mantenimiento

La seguridad del paciente es el objetivo principal en la gestión del hospital. EL WHO Global Patient Safety Plan 2021-2030 exige medidas para reducir los daños evitables en la atención sanitaria. Muchos problemas de seguridad son clínicas, pero también son por problemas técnicos o consecuencias técnicas.

Por lo tanto, el mantenimiento forma parte de la seguridad del paciente. El mismo nivel de atención no puede ser para todos los activos. Los equipamientos y las áreas críticas requieren de inspecciones más frecuentes y mejor documentación. Un ventilador, una máquina para la anestesia, un esterilizador, un gas medical o un sistema de alimentación interrumpida que da servicio a una unidad de cuidados intensivos, no puede gestionarse de la misma manera que el mobiliario o equipamientos que no son críticos.

El mantenimiento basado en el riesgo requiere información. El hospital necesita un inventario, un historial del servicio, información sobre piezas de repuesto, archivos de calibración, reportes de usuarios y archivos de incidentes, documentos WHO sobre el inventario de equipos y sistemas de gestión de mantenimiento informatizados muestran que un inventario de equipos médicos y un CMMS respaldan la planificación, la presupuestación, el mantenimiento y los contratos de servicio. [8.10]

La misma lógica se aplica en la infraestructura. Las unidades de tratamiento de aire, calderas, enfriadoras, bombonas, cuadros eléctricos, sistemas de tratamiento de agua, colectores de gases medicinales e instalaciones de seguridad contra incendios requieren mantenimiento planificado y llevas un registro de los mismos. Estos sistemas no están separados del cuidado clínico. Ellos crean las condiciones para que el cuidado medical sea posible.

## 5. ¿Qué es un ingeniero sanitario?

El ingeniero medico es aquel que trabaja como ingeniero para un funcionamiento seguro, fiable y eficiente de las instalaciones y tecnologías sanitarias. El termino puede incluir diferentes perfiles: ingeniero biomédico, ingeniero clínico, ingeniero de hospital, ingeniero de mantenimiento, ingeniero de instalaciones, ingeniero de seguridad, ingeniero eléctrico e ingeniero de sistemas digitales. El mismo nombre puede diferir dependiendo del país, pero el objetivo es el mismo.

El ingeniero sanitario usa conocimientos de ingeniero en un entorno clínico. Este entorno es diferente de una fábrica o edificios públicos normales debido a que el objetivo es el cuidado del paciente. Por lo tanto, el ingeniero tiene que comprender el rendimiento técnico como las consecuencias de las decisiones técnicas para los pacientes, el personal médico y las salas de operación.

WHO describe a los ingenieros biomédicas como profesionales que se involucra en el ciclo de los dispositivos medicales, desde la investigación, la regulación, la evaluación y la adquisición hasta la gestión, la formación y el uso seguro en centros sanitarios [11]. En la práctica, la ingeniería sanitaria es más amplia. Incluye dispositivos medicales, pero también la infraestructura del hospital, la energía, el agua, la ventilación, los gases medicales, sistemas digítales, residuos y la preparación para emergencias.

El ingeniero sanitario no es médico y no sustituye su criterio. El ingeniero respalda la atención al garantizar que el entorno técnico es seguro, este disponible y que recibe un mantenimiento adecuado. El ingeniero también ayuda a traducir las necesidades clínicas en soluciones técnicas, Por ello, la comunicación es la competencia más importante de la profesión.

**Identidad central del ingeniero sanitario.**

- Entender el sistema del hospital y su relación con la seguridad del paciente
- Utilizar métodos de ingeniería para el mantenimiento, el diseño, la puesta a prueba y mejorar
- Trabajar con el personal médico, con la gestión, proveedores y las autoridades publicas
- Utilizar evidencias técnicas para el apoyo de decisiones.
- Respetar los requisitos legales, éticos y de seguridad.

- Aprender continuamente debido a que la tecnología de los hospitales cambia muy rápido.

El ingeniero sanitario tiene que ser práctico. Su valor como profesional no está solamente en cálculos o informes, pero también en la habilidad de resolver problemas reales sin crear nuevos riesgos. Una solución técnica correcta tiene que ser segura, realizable, documentada y aceptada por los usuarios clínicos.

## 6. ¿Cuál es el rol de un ingeniero sanitario?

El papel de un ingeniero sanitario comienza antes de que se utilice el equipo y continúa hasta el final de su vida útil. El ingeniero puede participar en la evaluación de necesidades, las especificaciones técnicas, la adquisición, la instalación, las pruebas de aceptación, la capacitación de los usuarios, el mantenimiento, el análisis de los incidentes y la planificación de reemplazos. Esta perspectiva de ciclo de vida es fundamental para los dispositivos médicos y para la infraestructura hospitalaria [7,9].

Un error común es ver solamente a los ingenieros como personas que reparan el equipamiento. Reparar es necesario, pero eso es solamente una parte de su trabajo. El ingeniero también tiene que prevenir fallos, mejorar los sistemas, controlar los riesgos y dar soporte a las decisiones de gestión. En este sentido, el ingeniero sanitario traba con herramientas y con los informes.

El ingeniero sanitario también tiene el rol de adiestrar. Muchos fallos son debido al uso incorrecto, falta de entendimiento o una comunicación pobre entre técnicos y el personal médico. Entrenamientos cortos, instrucciones simples y unos medios de notificación pueden reducir errores. El ingeniero debe explicar las cuestiones técnicas en un lenguaje que los usuarios puedan comprender, sin perder precisión.

**Tareas principales**

- Preparar o verificar las especificaciones técnicas de los equipamientos e instalaciones
- Apoyar el proceso de adquisición mediante la comparación de necesidades técnicas, la seguridad, los costos y los requisitos de mantenimiento
- Verificar instalaciones, hacer control de aceptación y poner en marcha
- Mantener actualizados los inventarios, los registros de servicio y las clasificaciones de riesgo
- Analizar incidentes, fallos y repetir los problemas técnicos
- Fomentar la eficiencia energética, la sostenibilidad y la optimización de recursos.
- Comunicar con los departamentos clínicos y los gestores del hospital.
- Planificar la sustitución de tecnologías obsoletas o inseguras
- Estar preparado y ofrecer soporte en caso de emergencia o servicios críticos.

El trabajo del ingeniero también incluye límites. Él no debe aprobar los atajos que sean inseguros solo porque sean más baratos o más rápidos. Ellos deben comunicar los riesgos técnicos con el personal clínico y con los gestores, Cuando hay varias soluciones posibles, el ingeniero tiene que

explicar las ventas, las limitaciones, los costos, el mantenimiento que necesita y las consecuencias de seguridad de cada opción.

## 7. El rol del ingeniero en un hospital moderno

Los hospitales dependen cade vez mas de tecnología. Sistemas robóticos, cuidados intensivos, soporte de imágenes, automatización del laboratorio, esterilización, archivos digitales, telemedicina, monitorizar y sistemas de construcciones inteligentes requieren del soporte de un ingeniero. Al mismo tiempo, los hospitales deben reducir la energía que consumen, controlar los costos, tener control del clima y las emergencias. Esto hace que el trabajo de un ingeniero necesite más estrategia.

Las normativas de WHO sobre centros sanitarios resilientes al clima y ambientalmente sostenibles vinculan la atención segura con el agua, la energía, los residuos, la infraestructura y la gestión ambiental [5]. Contar con una energía fiables es también fundamental para los servicios sanitarios, especialmente en centros donde el suministro eléctrico es inestable [6]. Estos temas no son distantes del cuidado medical. Ellos influyen en si en el hospital porque se puede operar seguro y continuo.

Por lo tanto, los ingenieros en el hospital trabajan en diferentes niveles. En el área operacional, ellos resuelven problemas a diario. En la planificación, ellos preparan la planificación del mantenimiento, en las investigaciones y en las estrategias de reemplazo. En la planificación estratégica, ellos ayudan al hospital a ser un lugar más seguro, más eficiente, más resiliente y sostenible.

**Ejemplos de la contribución del ingeniero.**

- Prevenir infecciones: ventilación, diferencias de presión, filtraciones, seguridad del agua y la superficie de los materiales.
- Seguridad clínica: comprobar el equipamiento, calibrarlos, alarmas, energía sostenible y personal entrenado.
- La continuidad del cuidado: generadores, los sistemas UPS, reservas de gases medicales, redundancia y planes de emergencia.
- Eficiencia de los recursos: controlar la energía, recuperación de calor, detección de fugas de agua y equipos eficientes
- Seguridad digital: Infraestructura de datos, control de acceso, ciberseguridad y sistemas disponibles
- Protección del ambiente: gestión del agua, seguridad química, la utilización de agua y reducir las emisiones
- Adquisición: especificaciones técnicas, costes del ciclo de vida y requisitos de mantenimiento.

El ingeniero también ayuda al hospital a evitar decisiones basadas únicamente en el precio de compra. Un dispositivo puede ser barato, pero muy caro su mantenimiento. Puede que necesite consumibles especiales, calibraciones frecuentes, piezas de cambio que son difíciles de encontrar

o una infraestructura adicional. El ciclo de la vida, su validez y las necesidades adaptivas clínicamente.

Los hospitales modernos no son un servicio secundario. Forman parte de una misión de cuidados de la salud. Los hospitales pueden ofrecer buenas condiciones medicas si los sistemas técnicos son seguros, validos y adaptativos a las necesidades clínicas.

**Caso breve para debate**

Los hospitales buscan reducir el consumo de energía en las salas de operaciones. Una de las propuestas en reducir las tasas de ventilación durante periodos de menor actividad. Antes de aceptar este tipo de medida, el ingeniero debe verificar los requisitos clínicos, controlar las infecciones, los límites de temperatura y humedad, controlar la capacidad y el riesgo de los errores humanos,

La decisión final debe tener un balance de energía eficiente para la seguridad del paciente.

**Preguntas:**

1. ¿Qué sistema del hospital es el más influyente en la seguridad del paciente?
2. ¿Por qué el mantenimiento preventivo es diferente en el hospital comparado con un edifico normal público?
3. ¿Qué información debe estar incluida en el inventario de un equipo médico?
4. ¿Como puede un ingeniero comunicar sobre los riesgos técnicos con el personal médico en una manera clara?
5. ¿Por qué deberíamos tener en cuenta los costes del ciclo de vida en la contratación, y no solo en el precio de compra?

**Acknowledgments**

The content was supported by the project "Smart Healthcare Engineering (SHEng)", Grant Agreement No. 2023-1-RO01-KA220-HED-000159985, co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union. Results, views and opinions expressed are however those of the project team and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.