Diseño para un hospital resiliente*

Dra. Arq. Sonia Cedrés de Bello
https://orcid.org/0000-0003-2225-6317
Correo-e: bello.sonia@gmail.com

Documento publicado en el Anuario 2026 de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria: *Anuario AADAIH* 2026 (julio).
https://aadaih.org.ar/anuario2026/2026/06/07/diseno-para-un-hospital-resiliente/

La infraestructura hospitalaria funciona como una pequeña ciudad que exige operatividad ininterrumpida y un control riguroso de infecciones. Su diseño arquitectónico y de ingeniería debe intervenir estratégicamente para mitigar riesgos intrínsecos como focos de contaminación, peligros radiológicos y factores psicológicos que aumentan la vulnerabilidad de pacientes y personal.

La seguridad ambiental depende de una estricta zonificación por niveles de riesgo, la segregación de circulaciones y la gestión avanzada de la calidad del aire mediante presiones diferenciales y filtración HEPA. Asimismo, la arquitectura contemporánea prioriza la humanización de los espacios a través de luz natural y jardines sanadores para reducir el estrés.

Ante el incremento de catástrofes globales, la OMS promueve el concepto de Hospital Seguro, garantizando que el edificio mantenga su capacidad operativa tras un evento adverso. No obstante, gran parte de la red asistencial regional supera su vida útil teórica, presentando una brecha tecnológica frente a la medicina moderna. Por ello, la repotenciación estructural y funcional es una necesidad de supervivencia institucional.

Basada en la flexibilidad espacial, actualización de sistemas vitales y criterios de resiliencia, esta transformación consolida al diseño como la primera línea de defensa contra la vulnerabilidad.



Hospital Clínico de la Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria de Caracas.

*El pasado 24 de junio sucedió un gran terremoto doble en las ciudades de Caracas y La Guaira, el cual afectó una gran cantidad de edificaciones incluyendo los hospitales y Centros de salud. Su impacto evidenció no solo la presencia de las amenazas sísmicas y climáticas, sino una infraestructura con altos niveles de vulnerabilidad. Este artículo aparece en el momento preciso para enfatizar los riesgos a los que están sometidas las edificaciones hospitalarias y las recomendaciones para construir infraestructuras conforme a estándares internacionales de seguridad, resiliencia y sostenibilidad.

Introducción

Los hospitales no son meras estructuras físicas; funcionan como "pequeñas ciudades" con sistemas de comunicación propios, redes complejas de instalaciones y un flujo constante de personas que habitan el espacio en situaciones críticas, abarcando desde el nacimiento hasta el final de la vida. Su naturaleza exige un funcionamiento ininterrumpido y un control riguroso de infecciones, lo que los convierte en una de las tipologías arquitectónicas más complejas de gestionar.

Son edificaciones multifacéticas donde la experiencia humana se manifiesta en todas sus dimensiones: allí se come, se duerme, se estudia, se trabaja, se visita, se espera, se transita por el dolor y la alegría, se nace, se vive y se muere. Al igual que un tejido urbano, contienen avenidas, calles y callejones, respaldados por un potente sistema de comunicaciones y una intrincada red de infraestructura técnica.

Esta complejidad radica en la convergencia de múltiples factores: un funcionamiento clínico altamente especializado; la necesidad de circulaciones estrictamente diferenciadas para el público, el personal y los materiales (limpios y sucios); y sistemas de ingeniería con una fuerte presencia que deben garantizar el soporte de la vida y operaciones continuas las 24 horas del día, los siete días de la semana.

Asimismo, las instituciones de salud se encuentran en un proceso constante de cambio a diferentes niveles. Esto requiere una estructura y organización espacial flexible, capaz de adaptarse a las transformaciones en el flujo de pacientes, la evolución del equipamiento tecnológico y la actualización de las rutinas de trabajo.

Es imperativo que estas modificaciones se ejecuten sin sacrificar la seguridad del paciente ni la del ambiente laboral, un desafío que exige un abordaje interdisciplinario y especializado. El conjunto de estos aspectos e interrelaciones es lo que define, conceptualmente, la vulnerabilidad funcional de un establecimiento hospitalario.

Los riesgos hospitalarios

Retomando el precepto fundamental de Florence Nightingale, el requisito primario de un hospital es no causar daño al paciente; no obstante, el ambiente asistencial presenta múltiples riesgos intrínsecos. Los ejes fundamentales de estos riesgos y sus causas principales se estructuran de la siguiente manera:

- ***Fuentes de infección:*** Agentes biológicos provenientes de humanos y animales, siendo el aire la principal vía de diseminación aérea.
- ***Focos de contaminación:*** Ambientes descontrolados, objetos físicos y gestión de desechos hospitalarios.
- ***Riesgos del ambiente físico:*** Factores del entorno como temperaturas extremas, niveles elevados de ruido, deficiencias lumínicas, en-



Unidad de Terapia Intensiva de Neonatos-UTIN. Hospital Domingo Luciani,
Instituto Venezolano de los Seguros Sociales-IVSS, Caracas.



Galería de visitantes. Unidad de Trasplante de Médula. Centro de Oncología. Hospital Domingo Luciani, Caracas.

candilamiento, pavimentos resbaladizos y la presencia de barreras arquitectónicas.

- ***Peligros tecnológicos y procedimentales:*** Riesgos derivados del uso de equipos y procedimientos médicos, tales como la manipulación de químicos tóxicos, exposición a radiaciones ionizantes y electromagnéticas, y riesgos microbiológicos. A esto se suman los peligros asociados a la operación del equipamiento industrial del edificio.
- ***Factores psicológicos:*** Entornos con una alta carga emocional (como las unidades de cuidados intensivos o los servicios de emergencia) que incrementan los niveles de estrés y la vulnerabilidad de todos los actores implicados:

  – Los pacientes, quienes experimentan un estado de extrema vulnerabilidad debido al miedo, la ansiedad, el aislamiento de su entorno familiar y la debilidad propia de su condición de salud o de los tratamientos administrados.

  – El personal, expuesto a extensas jornadas laborales en ambientes confinados, bajo condiciones de alta tensión psicológica en procesos que demandan máxima precisión y respuestas inmediatas.

  – Los familiares, quienes enfrentan situaciones de incertidumbre y estrés prolongado durante la espera de resultados diagnósticos, intervenciones quirúrgicas o la resolución de emergencias médicas.

Para mitigar la vulnerabilidad provocada por estos factores, el diseño arquitectónico debe intervenir estratégicamente sobre cada uno de estos ejes conceptuales.

Control de contaminaciones

Las infecciones intrahospitalarias representan una de las mayores causas de complicaciones en pacientes internados y postoperados, derivando en muchas ocasiones en desenlaces fatales. Por lo tanto, la seguridad ambiental del establecimiento depende de una estricta zonificación según el nivel de riesgo (bajo, medio y alto).

Para la mitigación efectiva de estos riesgos, se deben aplicar las siguientes directrices de diseño:

- ***Circulación***: Es imperativa la segregación de flujos viales para el control de la contaminación. Se debe contar con ascensores y montacargas diferenciados para el personal, pacientes en camilla y el servicio de alimentación. Asimismo, es necesario ubicar corredores periféricos para visitantes en áreas de hospitalización de pacientes inmunodeprimidos, pasillos independientes para el transporte de material sucio y estéril, y una clara división entre la circulación pública y la técnica.
- ***Descontaminación***: Disposición de espacios específicos para la descontaminación de personas antes de permitir su acceso a las salas de emergencia.

Tabla 1. Ambientes hospitalarios según el riesgo de contaminación

Riesgo alto		Riesgo medio		Riesgo bajo
Para el paciente	**Para el personal**	**Para el paciente**	**Para el personal**	
Quirófanos (Intervenciones mayores)	División de enfermedades infecciosas	Hospitalización de Pediatría y Neonatología	Servicio de análisis clínico y microbiológico	Sala de curas y tratamientos
Sala de recuperación	Servicio de Diálisis	Endoscopia	Servicio de transfusiones	Hospitalización general
Unidad de prematuros	División de neumonología	Quirófano (Intervenciones normales)	Anatomía patológica	Cocina
Hospitalización de inmunodeficientes	Lavandería	Endoscopia		Consulta externa / ambulatorio
División de enfermedades infecciosas	Servicio de desinfección	Hospitalización de pacientes muy debilitados		
Unidad de neumonología				
Servicio de: -implantes de marcapasos -cateterismo cardíaco				
Servicio de Diálisis				
Unidad de Quemados				

Fuente: García Serven, J.R. (1993).

- ***Materiales y acabados***: Selección de revestimientos que garanticen una fácil limpieza y presenten resistencia intrínseca al crecimiento bacteriano, tales como el uso de aleaciones de cobre y acero inoxidable en manijas, barras de soporte, encimeras y fregaderos. Los revestimientos de pisos deben ser continuos (sin juntas), resistentes, antideslizantes, uniformes y contar con zócalos sanitarios de media caña (esquinas redondeadas) para evitar la acumulación de polvo y facilitar la asepsia.

Control de infecciones y calidad del aire

En el entorno hospitalario, la proliferación de microorganismos patógenos transmitidos por vía aérea constituye el principal vector de infecciones cruzadas, lo que obliga a implementar medidas de control ingenieriles y arquitectónicas estrictas:

- ***Circulaciones diferenciadas:*** Planificación de rutas independientes para separar flujos públicos, privados y semiprivados, delimitando con claridad las áreas limpias y estériles de las zonas técnicas exclusivas del personal médico y de servicios.

- ***Higiene de manos:*** Bajo la premisa de que "manos limpias salvan vidas", se deben proyectar lavamanos accesibles y visibles en todos los recintos destinados a la atención asistencial y la ejecución de procedimientos médicos.
- ***Presiones diferenciales***: Implementación de sistemas de presión negativa para el aislamiento de enfermedades infectocontagiosas de alta transmisión aérea (como el COVID-19 o la tuberculosis), evitando la fuga de patógenos hacia los pasillos de circulación general. Inversamente, se requiere presión positiva en áreas estériles (quirófanos, unidades de trasplante) y habitaciones de aislamiento inverso para proteger a pacientes inmunodeprimidos o quemados. En el caso específico de las Unidades de Grandes Quemados, cada habitación debe contar con un control individualizado de temperatura y humedad relativa.
- ***Filtración avanzada***: Incorporar filtros HEPA (alta eficiencia) combinados con sistemas de irradiación germicida ultravioleta (UV-C) en el interior de los ductos de inyección de aire para eliminar hasta el 90% de los aerosoles contaminantes.
- ***Renovación del aire***: Garantizar tasas de renovación volumétrica de un mínimo de 12 a 20 cambios de aire por hora en las zonas críticas, con el fin de diluir y reducir eficazmente la carga bacteriana ambiental.

Equipamiento de alta complejidad y protección radiológica

La incorporación de tecnologías modernas de diagnóstico y tratamiento compromete áreas de alto riesgo, requiriendo espacios altamente especializados y dotados de infraestructura técnica sofisticada. Estos equipos se caracterizan por sus grandes dimensiones, requerimientos especiales de implantación y un elevado peso muerto.

La integración de tecnologías de punta, tales como los sistemas PET-CT, angiógrafos o el CyberKnife, introduce severos desafíos estructurales y arquitectónicos:

- ***Blindaje radiológico***: Las salas destinadas a equipos que emiten radiaciones ionizantes demandan recintos blindados (búnkeres) con muros y losas de concreto armado de alta densidad, cuyos espesores pueden alcanzar hasta los 2,30 m.
- ***Quirófanos híbridos:*** Representan la vanguardia en el diseño de bloques quirúrgicos, integrando de manera simultánea equipos de tomografía, resonancia y sistemas de navegación tridimensional para intervenciones de alta precisión.
- ***Aislamiento electromagnético***: Las salas de resonancia magnética exigen un diseño constructivo que incorpore jaulas de Faraday y soluciones de aislamiento específicas para contener y proteger el entorno de campos magnéticos de gran intensidad.



Centro de Radiocirugía IVSS, Hospital Domingo Luciani, Caracas-CYBER KNIFE, Bunker.

Equipamiento industrial

La continuidad operativa del hospital depende directamente de las áreas de servicios técnicos y plantas electromecánicas centralizadas. Esto abarca la ubicación estratégica de calderas, sistemas hidroneumáticos, centrales de aire acondicionado, condensadores y plantas eléctricas de emergencia en salas de máquinas adecuadamente aisladas.

Asimismo, los tanques de almacenamiento de oxígeno líquido y los cilindros de gases medicinales deben localizarse en el exterior de la edificación, protegidos por techos de estructura ligera, anclados firmemente al piso o paredes y confinados por cerramientos perimetrales flexibles.

Desde el punto de vista de la ingeniería ambiental interna, se debe asegurar la correcta extracción del aire caliente generado por los motores, así como el diseño técnico de los servicios de apoyo: en cocinas, mediante campanas de extracción industrial, marmitas y hornos; y en lavanderías, dimensionando adecuadamente los espacios para lavadoras industriales y secadoras de alta capacidad.

Como síntesis operativa para la reducción de vulnerabilidades, el diseño arquitectónico debe actuar sobre los siguientes componentes de mitigación:

- ***Control de contaminaciones y control de infecciones:***
  – Separación estricta de circulaciones en áreas limpias, públicas y privadas.
  – Disposición de corredores perimetrales de visitas en unidades de hospitalización para pacientes inmunosuprimidos.
  – Habilitación de pasillos exclusivos para el retiro de materiales sucios y la correcta gestión y disposición de desechos peligrosos y biocontaminados.
  – Garantía de higiene a través de lavamanos accesibles basados en el protocolo “manos limpias”.
  – Uso de materiales con propiedades bactericidas como el acero inoxidable y el cobre (en manijas y herrajes), junto con acabados continuos y esquinas redondeadas en pisos para optimizar las labores de higienización.
  – Gestión avanzada del aire mediante el uso estratégico de presiones digitales (negativas para confinamiento de patógenos y positivas para la protección de pacientes susceptibles).
- ***Protección radiológica***: Diseño de blindajes estructurales en las seis superficies del recinto (muros, piso y techo) para albergar tecnologías como aceleradores lineales o PET-CT, con espesores que pueden alcanzar los 2.30 m de concreto.
- ***Equipamiento industrial:*** Ubicación racional y segura de las centrales de servicios (calderas, gases medicinales y plantas de cogeneración). Se debe aplicar un diseño resiliente que contemple la elevación de



Centro Médico Docente La Trinidad, Caracas.
Área de máquinas, calderas, gases, tanques, etc.



Hospital de Heredia, Costa Rica.



Tema “Elementos de la naturaleza”, Seattle Children’s Hospital.

los equipos críticos por encima del nivel máximo de inundación registrado en la zona.

- ***Estrategias de mitigación del estrés y humanización de los ambientes:***

  – Luz natural: Integrar de manera sistemática el aporte de iluminación natural y las vistas hacia el exterior. Estas variables son fundamentales para regular el ritmo circadiano de los usuarios y se ha demostrado que mejoran la concentración y precisión del personal médico durante la práctica clínica y a crear un ambiente sanador para los pacientes.

  – Accesibilidad universal y orientación: Facilitar el recorrido del edificio mediante pasillos jerarquizados y dotados de ventanas que sirvan como referencias visuales externas.

Se recomienda la implementación de zonas temáticas y la diferenciación cromática por áreas para simplificar la orientación.

El diseño debe eliminar las barreras arquitectónicas mediante pasillos anchos (con dimensiones iguales o mayores a 2,40 m), barras de apoyo continuas, rampas reglamentarias y señalética clara en pisos para personas con discapacidad visual, complementada con mobiliario adaptado.

– Espacios de bienestar: La humanización de los proyectos hospitalarios y clínicos constituye un eje central en la agenda sanitaria contemporánea que trasciende la mera búsqueda estética del edificio.

Es indispensable proyectar entornos acogedores que promuevan el bienestar psicosocial de los pacientes, sus familias y el personal de salud, reconociendo el papel terapéutico de la arquitectura en situaciones de crisis.

Dentro de esta estrategia, la incorporación de elementos de distracción positiva, tales como fuentes de agua, peceras, obras de arte, murales decorativos y, fundamentalmente, la inserción de la naturaleza resulta prioritaria.

– Jardines sanadores: Definidos como espacios naturales planificados dentro del área del hospital, están específicamente diseñados para promover el bienestar de la comunidad hospitalaria. Estos entornos reducen el estrés al ofrecer una sensación de control, espacios de privacidad, soporte social y la posibilidad de realizar actividad física moderada, disminuyendo las tensiones propias de las actividades clínicas, de servicios y los tiempos de espera prolongados.

La evidencia demuestra que la simple observación contemplativa de un jardín puede acelerar los procesos de recuperación postquirúrgica, disminuir la incidencia de infecciones y aliviar diversos malestares clínicos.



Jardines del Hospital Clínico. Ciudad Universitaria de Caracas.

Hospital seguro

Ante la ocurrencia de un evento catastrófico de origen natural o antrópico, la infraestructura hospitalaria no puede fallar: debe mantener ininterrumpidamente el tratamiento de los pacientes internados y poseer la capacidad de absorber la demanda de las personas lesionadas a causa del desastre.

En respuesta al incremento global de emergencias climáticas, sismos y pandemias, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) impulsa el concepto de Hospital Seguro, una estrategia integral orientada a garantizar tres niveles de protección: la vida de los ocupantes, la inversión económica de la obra y los equipos, y la función operativa del establecimiento.

Para alcanzar este estándar, el análisis debe evaluar y mitigar las tres principales vulnerabilidades de una edificación de salud:

- ***Vulnerabilidades estructurales***: Elementos que soportan las cargas del edificio (columnas, vigas, losas y fundaciones).
- ***Vulnerabilidades no estructurales***: Componentes que permiten el funcionamiento del edificio sin formar parte del esqueleto resistente, tales como las líneas vitales (redes de agua, electricidad, gases), el equipamiento médico, los elementos arquitectónicos (fachadas, tabiquería, cielorrasos), las vías de acceso y las circulaciones internas y externas.
- ***Vulnerabilidades funcionales***: Corresponden a la organización interna de la institución, la solvencia de sus planes y programas de contingencia para la respuesta ante situaciones adversas, y la resiliencia de los servicios prioritarios para la subsistencia de la actividad médica.

Bajo este enfoque, la vulnerabilidad de un edificio de salud no se limita a su capacidad para resistir un sismo o un incendio sin colapsar; se mide críticamente a través de su vulnerabilidad funcional, definida como la probabilidad de que el hospital pierda su capacidad operativa debido a fallas en su concepción espacial, flujos de circulación o sistemas técnicos internos.

En términos de diseño, la vulnerabilidad funcional arquitectónica viene determinada por variables que comprometen directamente la accesibilidad (tanto externa como interna, fluidez de escapes y señalización), la higiene (control de la asepsia general y barreras físicas), las relaciones funcionales (interacción eficiente entre usuarios, materiales y espacios) y la seguridad global (previsión de servicios críticos, flexibilidad arquitectónica y control pasivo de riesgos) (León, K., 2013).

Repotenciación de estructuras

Uno de los desafíos más críticos que enfrenta la infraestructura hospitalaria en nuestra región es el envejecimiento obsolescente de su planta física, la cual, en gran medida, ha superado con creces su vida útil teórica. Una porción sustancial de la red asistencial actual fue construida hace 40, 60 o incluso 70 años. Estas estructuras, aunque demuestran una gran robustez desde el punto de vista del concreto y el acero, resultan funcionalmente obsoletas para responder a las exigencias de la práctica médica contemporánea.

Existe una profunda brecha tecnológica y estructural. El diseño original de estos hospitales de larga data no contempló las cargas muertas que impone un resonador magnético moderno, los requerimientos de blindaje de alta densidad para un acelerador lineal, ni los volúmenes espaciales necesarios para alojar la densidad de bandejas de cables, sistemas de climatización especializada y ductos de gases medicinales que demanda un quirófano híbrido actual. Por ende, la repotenciación estructural y funcional ya no debe interpretarse como una opción de actualización estética, sino como una necesidad de supervivencia institucional.

Esta propuesta de repotenciación edilicia debe fundamentarse en tres pilares esenciales:

- ***Flexibilidad espacial***: Implementación de plantas libres y estructuralmente modulares que admitan rápidas reconfiguraciones espaciales en respuesta a picos de demanda estacionales o situaciones de emergencia sanitaria, tal como quedó en evidencia durante la pandemia de COVID-19.
- ***Actualización de sistemas vitales***: Sustitución integral de las redes de infraestructura (agua, saneamiento y electricidad) que, tras décadas de servicio continuo, presentan procesos avanzados de corrosión y fugas, elevando el riesgo de incendios por cortocircuitos o contaminación biológica por fallas hídricas.

- ***Refuerzo y seguridad sostenible:*** Intervención estructural de las edificaciones existentes para adecuarlas a las normativas de diseño sismorresistente vigentes, combinada con la mejora de la envolvente térmica del edificio para optimizar el consumo energético, alineando la infraestructura con los objetivos de desarrollo sostenible.

Criterios de resiliencia

Ante el incremento y la severidad de catástrofes naturales recientes (sismos, tormentas severas, inundaciones y deslaves), la ingeniería hospitalaria ha incorporado acciones específicas de mitigación. Un ejemplo de referencia internacional post-Katrina fue la estrategia aplicada en el hospital St. Bernard Parish, en Nueva Orleans, consistente en elevar todas las plantas eléctricas y equipos mecánicos críticos por encima de la cota máxima de inundación.

Del mismo modo, el nuevo complejo hospitalario de Stanford, en California, incorpora criterios de resiliencia avanzada: su estacionamiento subterráneo de 900 plazas fue diseñado con la capacidad de transformarse en pocas horas en un centro masivo de triaje ante catástrofes, equipado con conexiones para servicios médicos, duchas de descontaminación de emergencia y estaciones de lavado ocular. Los nuevos establecimientos de salud deben ser planificados, diseñados y construidos bajo esta visión unificada de sustentabilidad y resiliencia adaptativa.

Reflexión final: hacia un hospital seguro y resiliente

La infraestructura hospitalaria constituye un activo estratégico con un papel determinante en el desarrollo y la seguridad de un país. Bajo esta premisa, se establece que el diseño del siglo XXI debe responder indefectiblemente a los estándares de Hospital Seguro promovidos por la OMS/OPS.

Esto implica una evolución conceptual: el edificio no solo debe permanecer estructuralmente en pie tras un evento adverso, sino que debe mantener la capacidad de operar al 100% de su rendimiento en el momento en que la comunidad más lo necesita. El futuro inmediato plantea desafíos complejos e ineludibles: el cambio demográfico caracterizado por el envejecimiento de la población, la emergencia de nuevas patologías globales y la integración de la inteligencia artificial en los procesos de diagnóstico y gestión.

Estas variables incrementan la vulnerabilidad de los usuarios y hacen que los entornos hospitalarios sean más propensos a incidentes operativos si no se cuenta con un diseño basado en la evidencia. Por lo tanto, la repotenciación, la actualización tecnológica y el mantenimiento preventivo de nuestros establecimientos de salud no deben ser considerados un gasto presupuestario, sino una inversión directa en la preservación de la vida humana.

Garantizar un servicio médico seguro, humanizado y con altos estándares de calidad depende directamente de la capacidad técnica de nuestros arquitectos e ingenieros para transformar estructuras obsoletas en entornos de sanación verdaderamente resilientes. El diseño arquitectónico, en última instancia, se consolida como la primera línea de defensa contra la vulnerabilidad.

Referencias

García Serven, J. R. (1993). *Indicadores de gestión para establecimientos de atención médica*. Caracas: Editorial Disinlimed C.A.

Health Facilities Management Journal (2021, agosto). Nuevo Hospital Luisiana St. Bernard Parish, destruido por el huracán Katrina. Recuperado de http://mcdmag.com

León, K. (2013). La vulnerabilidad funcional de establecimientos hospitalarios. Caso de estudio: Hospital Universitario de Caracas (Tesis de maestría inédita). Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Medical Construction Design Magazine (2021, agosto). Nuevo hospital de Stanford, California. Recuperado de http://mcdmag.com

OPS-Organización Panamericana de la Salud/OMS-Organización Mundial de la Salud. (2010). Hospital Seguro. Boletín Desastres: Preparativos y Mitigación para las Américas.