



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE BIOMEDICINA

**REDISEÑO DE UN QUIRÓFANO DE GASTROENTEROLOGÍA
APLICANDO MODELADO DE INFORMACIÓN DE
CONSTRUCCIÓN (BIM) EN UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN
GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Biomédico

AUTOR: Luis Gregory Abad Correa

TUTOR: Ing. Cecilia Catalina Grunauer Espinoza, Mgs.

Guayaquil - Ecuador

2025-2026

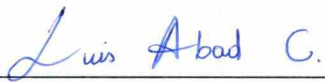
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Luis Gregory Abad Correa** con documento de identificación N° **0953523123**; manifiesto que:

Soy autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 27 de febrero del año 2026

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, reading "Luis Abad C.", is positioned above a horizontal line.

Luis Gregory Abad Correa
0953523123

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, **Luis Gregory Abad Correa** con documento de identificación N° **0953523123**, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del **Proyecto Técnico: REDISEÑO DE UN QUIRÓFANO DE GASTROENTEROLOGÍA APLICANDO MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM) EN UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN GUAYAQUIL**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Biomedico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que realizó la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 27 de febrero del año 2026

Atentamente,



Luis Gregory Abad Correa
0953523123

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Cecilia Catalina Grunauer Espinoza**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **REDISEÑO DE UN QUIRÓFANO DE GASTROENTEROLOGÍA APLICANDO MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM) EN UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN GUAYAQUIL**, realizado por **Luis Gregory Abad Correa** con documento de identificación N° **0953523123**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Proyecto técnico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 27 de febrero del año 2026

Atentamente,



Ing. Cecilia Catalina Grunauer Espinoza, Mgs.
0912439486

DEDICATORIA

Dedicó mi trabajo de titulación con todo mi amor a mi mamá Lorena Correa Aviles, por inculcarme valores tan importantes como la responsabilidad, disciplina y etica. Su cariño incondicional ha sido fundamental para mi bienestar y para superar los desafíos a lo largo de estos años de estudios.

Luis Gregory Abad Correa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la salud y fortaleza necesaria para esta importante etapa de mi formación profesional, su guía me permitió mantener la claridad mental, la constancia y la motivación necesaria para alcanzar este objetivo, haciendo posible que todo se desarrollara de la mejor manera.

Expreso también gratitud a mis padres, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y palabras de aliento han sido un apoyo fundamental durante todo este proceso. También a mi tía Mery, hermano y abuelos paternos por brindarme ánimos, comprensión y confianza en cada paso dado.

De igual manera, agradezco a mi tutora la Magíster Cecilia Grunauer por orientarme durante el desarrollo de este trabajo de investigación, contribuyendo significativamente a mi crecimiento profesional.

Finalmente a todas las personas que de una u otra forma aportaron a la realización de mi tesis y al cumplimiento de esta meta personal.

Luis Gregory Abad Correa

RESUMEN

El presente trabajo aborda la necesidad de modernizar la planificación de áreas quirúrgicas especializadas mediante metodologías contemporáneas que permitan una integración eficiente de sistemas críticos en hospitales de tercer nivel. La investigación tuvo como objetivo el rediseño de un complejo quirúrgico de gastroenterología, incorporando un enfoque integral basado en la metodología de Modelado de Información de Construcción (BIM).

El estudio incluyó la recopilación, análisis y aplicación de normativas nacionales e internacionales relacionadas con infraestructura hospitalaria, seguridad eléctrica, gases medicinales, climatización, bioseguridad y control de infecciones, con el fin de garantizar el cumplimiento de estándares técnicos vigentes. A partir de este análisis normativo, se desarrolló la reorganización funcional del área quirúrgica, implementando el sistema de doble pasillo para circulación limpia y sucia, así como la correcta integración de los sistemas arquitectónico, eléctrico hospitalario, gases medicinales, climatización y ventilación (HVAC), iluminación y telecomunicaciones.

El modelado tridimensional fue desarrollado en Autodesk Revit, permitiendo la coordinación interdisciplinaria, detección de interferencias y validación técnica del diseño antes de su ejecución. Como resultado, se obtuvo una propuesta técnicamente viable que mejora la eficiencia operativa, optimiza los flujos de trabajo y fortalece la seguridad del paciente y del personal sanitario, demostrando que la aplicación de BIM constituye una herramienta estratégica para la modernización de complejos quirúrgicos especializados.

Palabras claves: BIM, Rediseño hospitalario, Quirófano de gastroenterología, Sistemas hospitalarios, Gases medicinales, Normativa técnica, Coordinación interdisciplinaria.

ABSTRACT

This work addresses the need to modernize the planning of specialized surgical areas using contemporary methodologies that allow for the efficient integration of critical systems in tertiary hospitals. The research aimed to redesign a gastroenterology surgical complex, incorporating a comprehensive approach based on Building Information Modeling (BIM) methodology.

The study included the compilation, analysis, and application of national and international regulations related to hospital infrastructure, electrical safety, medical gases, climate control, biosafety, and infection control, in order to guarantee compliance with current technical standards. Based on this regulatory analysis, the functional reorganization of the surgical area was developed, implementing a double-aisle system for clean and dirty circulation, as well as the proper integration of the architectural, hospital electrical, medical gas, HVAC, lighting, and telecommunications systems.

The three-dimensional modeling was developed in Autodesk Revit, enabling interdisciplinary coordination, clash detection, and technical validation of the design before its implementation. As a result, a technically viable proposal was obtained that improves operational efficiency, optimizes workflows, and strengthens the safety of patients and healthcare personnel, demonstrating that the application of BIM constitutes a strategic tool for the modernization of specialized surgical complexes.

Keywords: BIM, Hospital redesign, Gastroenterology operating room, Hospital systems, Medical gases, Technical regulations, Interdisciplinary coordination.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	Problema	2
III.	Justificación	3
IV.	Objetivos	4
IV-A.	Objetivo general	4
IV-B.	Objetivos específicos	4
V.	Marco Teórico	5
V-A.	Infraestructura Hospitalaria	5
V-B.	Hospitales de Tercer Nivel	5
V-C.	Áreas quirúrgicas hospitalarias	7
V-C1.	Organización y zonificación	7
V-C2.	Flujos hospitalarios	8
V-C3.	Condiciones técnicas generales	8
V-D.	Quirófano Hospitalario	8
V-E.	Quirófano de Gastroenterología	10
V-F.	Quirófanos Especializados	11
V-F1.	Quirófano de Fluoroscopia	11
V-G.	Equipamiento Biomédico	13
V-G1.	Equipamiento General del Quirófano	13
V-G2.	Mesa quirúrgica Electrohidráulica	13
V-G3.	Lámpara quirúrgica tipo LED	14
V-G4.	Monitor Multiparámetro	15
V-G5.	Sistema de aspiración quirúrgica	16
V-G6.	Máquina de anestesia	16
V-G7.	Carro de Paro	17
V-G8.	Sistema de Gases medicinales	18
V-G9.	Torre de Endoscopia	18
V-G10.	Unidad Electroquirúrgica	19
V-G11.	Equipo de Laparoscopia	20
V-G12.	Colonoscopia	20
V-G13.	Ecoendoscopia	20
V-G14.	Equipo de fluoroscopia: Arco en C móvil	21
V-H.	Normativa y Estándares aplicado al Diseño de Quirófano	23
V-H1.	Normativas Nacionales	23
V-H2.	Estándares y parámetros técnicos de infraestructura sanitaria establecidos por el MSP y la DNIS	23
V-H3.	Acuerdos Ministeriales vigentes sobre infraestructura, tipología y mantenimiento hospitalario	24
V-H4.	Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)	24
V-H5.	ARCSA- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria	25
V-I.	Normativas Internacionales	25
V-I1.	Normativas de diseño hospitalario	25
V-I2.	Normativas de sistemas hospitalarios críticos	25
V-I3.	Normativas de equipamiento biomédico	26
V-I4.	Normativas de infraestructura tecnológica hospitalaria	26

V-J.	Modelado de Información de Construcción	27
V-J1.	Historia de BIM	27
V-J2.	Funcionamiento de BIM	28
V-J3.	Niveles de Madurez de BIM	29
V-J4.	Niveles de Desarrollo (LOD)	30
V-J5.	Herramienta BIM: Autodesk Revit	30
V-J6.	Aplicación de BIM en el Diseño Hospitalario	31
V-J7.	Importancia del Rediseño	32
VI.	Marco Metodológico	33
VI-A.	Tipo y enfoque de investigación	33
VI-B.	Levantamiento físico y espacial del área de gastroenterología	33
VI-B1.	Descripción de áreas y espacios existentes	35
VI-C.	Marco normativo y técnico-operativo aplicado al diseño del quirófano	38
VI-C1.	Guías de diseño y lineamientos generales para áreas quirúrgicas	38
VI-C2.	Zonificación funcional y control de flujos	39
VI-C3.	Criterios arquitectónicos y acabados hospitalarios	41
VI-D.	Sistemas técnicos y de servicios del quirófano	45
VI-D1.	Sistema de Iluminación	45
VI-D2.	Sistema Hidrosanitario	50
VI-D3.	Sistema de Climatización	54
VI-D4.	Sistema de Gases medicinales	62
VI-D5.	Sistema Eléctrico	73
VI-D6.	Sistema de telecomunicaciones	78
VI-D7.	Equipamiento Biomedico	81
VI-E.	Desarrollo del nuevo diseño del área quirúrgica mediante metodología BIM	83
VI-E1.	Fase de diseño	83
VI-E2.	Distribución de los espacio y áreas	83
VI-E3.	Modelado BIM arquitectónico del diseño propuesto	86
VI-E4.	Alcance del modelado BIM	86
VI-E5.	Plan de Ejecución BIM (BEP)	86
VI-F.	Fase de simulación y validación del rediseño en entorno BIM	87
VII.	Resultados	89
VII-A.	Descripción técnica de áreas	91
VII-A1.	Modelado arquitectónico de las salas quirúrgicas	91
VII-B.	Integración de sistemas técnicos en las salas de cirugía	93
VII-B1.	Sistema Eléctrico	94
VII-B2.	Sistema de Iluminación	96
VII-B3.	Sistema de Gases medicinales	98
VII-B4.	Sistema de climatización y ventilación (HVAC)	100
VII-B5.	Sistema de telecomunicaciones	102
VII-B6.	Sistema hidrosanitario	104
VII-B7.	Modelado arquitectónico de las áreas semirestringida	106
VII-B8.	Modelado del área no restringida	108
VII-C.	Sistema de pasillos y circulación	110
VII-C1.	Pasillo principal (circulación limpia)	110
VII-C2.	Pasillo de residuos y circulación sucia	110
VII-C3.	Criterios de circulación y señalización	111
VII-D.	Flujo de Ingreso	112

VII-D1.	Plano de flujo de trabajo del personal sanitario	112
VII-D2.	Plano de flujo del paciente	112
VII-E.	Diseño 3D	113
VIII.	Cronograma	117
IX.	Presupuesto	118
X.	Conclusiones	119
XI.	Recomendaciones	121
	Referencias	122
XII.	Anexos	131

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Dosis Radiación Ionizante en Gastroenterología [46].	13
2.	Mesa quirúrgica PST 300 [49].	14
3.	Lampara quirúrgica Helux Pr. [51].	14
4.	Monitor Multiparámetros [54].	15
5.	Sistema de aspiración quirúrgica ATMOS C 361 [56].	16
6.	Estación de anestesia en carro APUS x2 [58].	16
7.	Carro de paro.	17
8.	Torre de Endoscopia [66].	18
9.	Tipos de Endoscopios.	19
10.	Unidad Electroquirúrgica [69].	19
11.	Equipo de laparoscopia [72].	20
12.	Ecoendoscopio [75].	21
13.	Arco en C [78].	23
14.	Diseño propio bajo levantamiento Arquitectónico de Información	34
15.	Estructura del bloque quirúrgico [123].	39
16.	Vestimenta según circulación del personal médico	40
17.	Esquema de doble pasillo	41
18.	Diagrama de distribución de intensidad luminosa de una luminaria [128].	45
19.	Esquema de distribución y uniformidad de iluminancia sobre el plano de trabajo [128].	46
20.	Relación entre factor de utilización, factor de mantenimiento e iluminancia resultante [128].	46
21.	Flujo de aire dentro de un quirófano [134].	55
22.	Filtración de partículas de aire en quirófanos [135].	57
23.	Esquemático de funcionamiento para aislamiento positivo [137].	59
24.	Sistema de distribución de oxígeno medicinal.	69
25.	Sistema de distribución de aire medicinal	70
26.	Componentes de la fuente de aire comprimido [144]	71
27.	Sistemas eléctricos esenciales en hospitales	75
28.	Sistema de Cableado estructurado (SCE)	79
29.	Boceto de diseño y distribución espacial de áreas del quirófano [Autor propio].	84
30.	Plano de fachada y vistas del diseño [Autor propio].	90
31.	Plano del sistema eléctrico de la propuesta [Autor propio].	95
32.	Plano del sistema de iluminación de la propuesta [Autor propio].	97
33.	Plano del sistema de Gases medicinales de la propuesta [Autor propio].	99
34.	Plano del sistema de climatización y ventilación (HVAC) de la propuesta [Autor propio].	101
35.	Plano del sistema de telecomunicaciones de la propuesta [Autor propio].	103
36.	Plano del sistema hidrosanitario de la propuesta [Autor propio].	105
37.	Plano de flujo de recorrido de personal sanitario.	112
38.	Plano de flujo de pacientes.	113
39.	Plano de vista del diseño tridimensional.	113
40.	Modelo tridimensional del quirófano con integración de sistemas bajo metodología BIM.	114
41.	Vista 3D del quirófano de fluoroscopia con sistemas y equipos (sin muros).	115
42.	Modelo tridimensional con integración del sistema hidrosanitario bajo metodología BIM.	116
43.	Vistas del Modelado 3D del Levantamiento de información-Estado actual.	131
44.	Vista de corte de Salas Quirúrgicas de Propuesta.	131
45.	Ficha técnica de lámpara quirúrgica.	132
46.	Ficha técnica de Mesa quirúrgica Mesa Quirúrgica PST 300 [49]	132
47.	Ficha técnica de Mesa quirúrgica Mesa Quirúrgica PST 300 [49].	133
48.	Ficha técnica Torre de video-Colonoscopia.	134
49.	Ficha técnica Torre de video-Ecoendoscopia.	135

50.	Ficha técnica Maquina de Anestesia-Monitor Multiparámetros incluido.	136
51.	Ficha técnica de unidad electroquirúrgica.	137
52.	Ficha técnica de Negatoscopio 2 cuerpos.	138
53.	Ficha técnica, Sistema radiografico/Fluoroscopio-Movil.	139
54.	Ficha técnica, Coche de paro.	140

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Clasificación de los Hospitales según Nivel de Atención. [Autor Propio]	6
2.	Características entre hospitales primarios, secundarios y terciarios	6
3.	Zonificación funcional universal del área quirúrgica hospitalaria	7
4.	Comparación del control radiológico entre arco en C móvil y sistema de fluoroscopia fijo	12
5.	Componentes, características y funciones del arco en C	22
6.	Resumen técnico de la norma ANSI/TIA-568	27
7.	Niveles de madurez de BIM.[Autor Propio]	29
8.	Niveles de Desarrollo (LOD).[Autor Propio]	30
9.	Requisitos del sistema para Autodesk Revit [115].	31
10.	Estructura física del Bloque quirúrgico	39
11.	Recomendaciones para la circulación en la zona limpia del bloque quirúrgico	40
12.	Criterios técnicos de pisos según zonas del bloque quirúrgico	42
13.	Criterios técnicos de cielos rasos según zonas del bloque quirúrgico	43
14.	Criterios de selección de materiales para paredes en áreas quirúrgicas y administrativas	43
15.	Accesorios hospitalarios para áreas quirúrgicas y de apoyo	44
16.	Tabla de factores de utilización, proporcionada según el fabricante de la luminaria [129].	48
17.	Niveles de iluminancia recomendados en zonas del quirófano	48
18.	Recomendaciones de reflectancias para las superficies del quirófano	49
19.	Requisitos luminotécnicos por tipo de estancia en el área quirúrgica.	50
20.	Caudales, presiones y diámetros mínimos para aparatos sanitarios de uso hospitalario.	52
21.	Caudales y diámetros recomendados para aparatos sanitarios en ámbito hospitalario.	54
22.	Niveles de riesgo por tipología de ambiente controlado y clase de sala según UNE 171340:2020 [133].	56
23.	Tipos de filtros en sistemas HVAC para quirófanos [136]	57
24.	Características principales de los filtros HEPA	58
25.	Capacidad de CFM de conductos cuadrados y redondos de diferentes tamaños [140].	61
26.	Gases medicinales y sus aplicaciones en el quirófano	63
27.	Diámetros mínimos para las tuberías de gases medicos [144].	64
28.	Pérdidas de presión por cada gas [144].	65
29.	Identificación cromática de gases medicinales	65
30.	Distancia entre de soportes de tubería [144].	66
31.	Precauciones y riesgos del oxígeno medicinal.	68
32.	Relación referencial entre potencia del compresor y longitud de la red de aire medicinal	70
33.	Caudal de operación de los sistemas de vacío	72
34.	Potencia del compresor de aire comprimido	73
35.	Clasificación de áreas médicas según grupo de aplicación y tipo de utilización	75
36.	Criterios técnicos de cableado y control	80
37.	Equipamiento biomédico esencial del quirófano	82
38.	Equipamiento biomédico para procedimientos de gastroenterología	82
39.	Comparación dimensional y aumento porcentual del área del quirófano	83
40.	Áreas, superficies y volúmenes del complejo quirúrgico. [Autor propio]	91
41.	Dimensiones y acabados arquitectónicos de las salas quirúrgicas [Autor propio].	92
42.	Distribución del equipamiento biomédico del complejo quirúrgico [Autor propio].	93
43.	Superficie y configuración general del área de preparación del material	106
44.	Descripción de las 3 zonas del área de preparación de material	107
45.	Niveles de iluminancia para el área de preparación del material [160].	108
46.	Dimensiones de superficie del área de preparación del paciente	108
47.	Superficie de los bloques que conforman al área no restringida	109
48.	Ccaracterísticas del pasillo de circulación limpia	111
49.	Características del pasillo de circulación sucia	111

50. Cronograma 117

51. Costos de materiales y servicios 118

I. INTRODUCCIÓN

El diseño de áreas quirúrgicas en hospitales de tercer nivel representa uno de los mayores retos dentro de la infraestructura sanitaria, debido a la alta complejidad técnica, normativa y operativa que estos espacios demandan. Los quirófanos especializados, como los destinados a procedimientos de gastroenterología, requieren una planificación integral que garantice condiciones óptimas de bioseguridad, correcta articulación de sistemas críticos y una distribución funcional que permita eficiencia en los flujos de trabajo. En este contexto, la modernización de los espacios hospitalarios se vuelve indispensable para responder a las exigencias clínicas actuales y a la incorporación constante de nuevas tecnologías médicas.

Frente a las limitaciones que presentan los modelos tradicionales de planificación surge la necesidad de adoptar metodologías contemporáneas que permitan integrar de manera eficiente los distintos sistemas que conforman un quirófano. La correcta relación entre arquitectura, sistema eléctrico hospitalario, gases medicinales, climatización y ventilación (HVAC), iluminación y telecomunicaciones es fundamental para garantizar seguridad operativa, control de infecciones y continuidad en la atención quirúrgica.

En respuesta a esta necesidad, el presente trabajo desarrolló el rediseño integral de un complejo quirúrgico especializado en gastroenterología, aplicando la metodología de Modelado de Información de Construcción (BIM) como herramienta principal de planificación y coordinación. El proyecto no se limitó a una propuesta arquitectónica, sino que abordó de manera técnica la reorganización funcional del área, la optimización de flujos internos y la integración de los sistemas críticos bajo criterios normativos nacionales e internacionales.

Dentro de la propuesta se implementó el sistema de doble pasillo, diferenciando circulación limpia y sucia para fortalecer el control epidemiológico y mejorar la organización del bloque quirúrgico. Asimismo, se realizó la distribución estratégica del equipamiento biomédico conforme a principios de ergonomía, accesibilidad y seguridad, asegurando que el espacio responda a las necesidades específicas de la especialidad de gastroenterología.

El uso de Autodesk Revit permitió desarrollar el modelado tridimensional del complejo quirúrgico, facilitando la detección de interferencias entre sistemas, la validación dimensional y la simulación del funcionamiento integral del área antes de su ejecución. Esta metodología posibilitó una coordinación técnica precisa, reduciendo errores potenciales y mejorando la calidad del diseño propuesto.

En consecuencia, el presente estudio no solo plantea un rediseño arquitectónico, sino una propuesta metodológica orientada a optimizar la infraestructura quirúrgica especializada, garantizando cumplimiento normativo, eficiencia operativa y mayor seguridad para pacientes y personal de salud. De esta manera, se demuestra que la aplicación de herramientas digitales como BIM constituye una estrategia viable y necesaria para la modernización de complejos quirúrgicos en el contexto hospitalario actual.

II. PROBLEMA

En la actualidad, las políticas de salud pública, junto con las nuevas normativas técnicas y de bioseguridad, han impulsado el desarrollo de espacios más seguros, eficientes y adaptables. A medida que la tecnología médica avanza con rapidez y las exigencias clínicas buscan cubrir un mayor número de necesidades asistenciales, se vuelve imperativo replantear las metodologías de diseño para estructuras hospitalarias. No obstante, en países como Ecuador, todavía prevalecen modelos convencionales de planificación arquitectónica hospitalaria, lo que dificulta la modernización de los espacios quirúrgicos y limita la capacidad de respuesta del sistema de salud frente a las nuevas demandas asistenciales [1].

Esta situación conlleva a un deterioro funcional de ciertos espacios hospitalarios, como quirófanos especializados, que en consecuencia podrían convertirse en pasivos operativos y económicos, generando consecuencias como la sobrecarga de áreas, retrasos en intervenciones urgentes y costos adicionales por reprogramaciones [2]. Estas limitaciones no solo reflejan deficiencias estructurales, sino también una falta de actualización tecnológica y de planificación integral en el diseño. Cuando la disposición operativa de los espacios no logra las necesidades cambiantes del entorno clínico, la calidad de la atención se ve comprometida, afectando la seguridad del paciente y la eficiencia del equipo médico [3].

Asimismo, la dependencia de metodologías tradicionales, centradas en planos 2D y procesos fragmentados, ha derivado en errores de coordinación, baja productividad, desactualización y sobrecostos significativos [4]. A ello se suma la falta de integración entre los sistemas MEP (mecánicos, eléctricos y de plomería), cuya desarticulación técnica en quirófanos compromete la precisión operativa y limita la funcionalidad del espacio [5].

La ausencia de un enfoque unificado desde las etapas iniciales genera dificultades en la ubicación del equipamiento, provoca interferencias entre disciplinas y la eficiencia de los flujos de trabajo. La combinación de estos factores de planificación impide anticipar conflictos técnicos, como la instalación de sistemas complejos y compromete las condiciones adecuadas para la atención quirúrgica, restringiendo la capacidad de un hospital para adaptarse a las nuevas tecnologías y optimizar el uso de sus recursos. Frente a este escenario, la aplicación de métodos de diseño contemporáneos en proyectos de rediseño de quirófanos permitiría brindar una perspectiva integral de la distribución espacial, la operatividad y la integración técnica del área [6].

III. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se centra en el rediseño de un quirófano de gastroenterología de un hospital de tercer nivel en Guayaquil, con el propósito de responder a la necesidad de mejorar la eficiencia operativa, la seguridad y la calidad de la atención médica especializada, en base al uso de herramientas tecnológicas que promuevan la coordinación, la precisión y la optimización de recursos durante todas las fases constructivas.

Para esto, la propuesta integra el Modelado de Información para la Construcción (BIM) como metodología de trabajo para el área mencionada. Esta metodología ha demostrado ser eficaz en contextos hospitalarios internacionales por su capacidad para coordinar disciplinas, optimizar tiempos y reducir sobrecostos [7]. Asimismo, esta metodología asocia datos a cada elemento constructivo, lo que permite programar mantenimientos, controlar activos y la detección temprana de posibles fallas [8].

En el caso de estudio, BIM permitirá intervenir desde etapas tempranas del rediseño hasta anticipar interferencias técnicas y facilitar una planificación precisa y colaborativa. Además, al generar un modelo tridimensional con datos asociados, se favorece la toma de decisiones basada en simulaciones del flujo de trabajo, las condiciones ambientales y el mantenimiento futuro de los espacios. En caso de su implementación, la información digital de los modelos BIM permitiría visualizar, mantener y operar los activos físicos del edificio durante todo su ciclo de vida [9]. En ese contexto, se llevará a cabo un análisis integral del área, identificando deficiencias funcionales que afectan su desempeño operativo. Con base en los lineamientos normativos nacionales e internacionales de bioseguridad, ventilación, iluminación y equipamiento médico, se planteará un rediseño integral. Además, uso de simulaciones controladas, brindará la posibilidad de analizar las actividades intraoperativas y las variables del entorno estéril, validando la funcionalidad del espacio y permitiendo brindar una perspectiva mejorada de la infraestructura existente, optimizando la capacidad de atención especializada y reduciendo la sobrecarga en otras áreas quirúrgicas.

A pesar de los beneficios demostrados internacionalmente, la aplicación de BIM en el diseño y remodelación de áreas hospitalarias en Ecuador aun es limitada, especialmente en quirófanos especializados. Esta falta de adopción responde a la ausencia de guías técnicas locales que orienten su implementación en el ámbito de la salud. De esta manera, el proyecto no solo busca aportar en la modernización del quirófano a través de una representación virtual desde una perspectiva física y tecnológica, sino también establecer un referente aplicable que aporte a la mejora continua de la infraestructura hospitalaria en el ámbito público y privado.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

Rediseñar un quirófano de Gastroenterología aplicando Modelado de Información de Construcción (BIM) para un Hospital de Tercer Nivel en Guayaquil.

IV-B. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de información sobre las condiciones actuales del quirófano de gastroenterología de tercer nivel.
- Establecer el marco normativo y técnico-operativo necesario para la aplicación del proyecto, considerando estándares nacionales e internacionales en diseño.
- Desarrollar el nuevo diseño del quirófano mediante la aplicación práctica de la metodología BIM, integrando sistemas MEP, distribución espacial y requerimientos clínicos para generar un modelo técnico, funcional y actualizado.
- Validar la funcionalidad del rediseño propuesto mediante el análisis digital de flujos quirúrgicos, eficiencia operativa y condiciones ambientales simuladas en el modelo BIM, con base en criterios técnicos, normativos y de sostenibilidad institucional.

V. MARCO TEÓRICO

V-A. *Infraestructura Hospitalaria*

La infraestructura hospitalaria es un componente fundamental dentro de cualquier sistema de salud, dado que constituye la base física sobre la cual se soportan todos los servicios asistenciales, tecnológicos y administrativos de un hospital. Se comprende no solo como el conjunto de edificaciones, sino también como el conjunto de sistemas, instalaciones, equipamiento que permiten garantizar la atención a los usuarios y asegurar que dicha atención se desarrolle de manera eficiente y segura. Desde esta perspectiva, un hospital integra espacios arquitectónicos apropiados, sistemas estructurales, instalaciones técnicas y elementos tecnológicos que posibilitan la prestación de servicios de salud de manera continua y eficaz, con especial énfasis en áreas críticas como los servicios quirúrgicos [10].

La planificación y diseño de la infraestructura hospitalaria no se limita únicamente a levantar edificaciones, sino que debe responder a criterios técnicos, normativos y operativos que tienen como propósito principal optimizar la circulación de pacientes, personal y equipos, así como garantizar la seguridad y confort a los usuarios y a los profesionales de la salud [11]. Para lograr esto, se consideran aspectos como la operatividad de los espacios, la optimización en los flujos internos, la confiabilidad de los sistemas constructivos, y la incorporación de tecnologías que permiten soportar procesos médicos complejos.

En el diseño de un hospital moderno, se reconoce que la infraestructura debe estar organizada de forma que promueva la eficacia clínica al igual que la experiencia del paciente y la seguridad del personal asistencial. Esto implica una coordinación lógica entre los diferentes niveles de atención, servicios de apoyo, áreas de diagnóstico y tratamiento, zonas quirúrgicas, áreas de hospitalización, servicios generales y accesos. Cada uno de estos componentes se integra en un sistema complejo que requiere planificación y análisis técnico respondiendo a las necesidades de salud a una población determinada, considerando además factores futuros como crecimiento demográfico y evolución epidemiológica [12].

Adicionalmente, la infraestructura hospitalaria se asocia con la calidad asistencial porque influye directamente en los resultados de atención y el bienestar de los pacientes. Espacios bien diseñados facilitan el trabajo del personal de salud, mejoran los tiempos de respuesta, reducen el riesgo de errores y contribuyen al cumplimiento de normas de bioseguridad. Por ello, la infraestructura es un elemento esencial no solo de vista arquitectónico, sino también desde el enfoque de gestión sanitaria moderna [13].

V-B. *Hospitales de Tercer Nivel*

Los hospitales de tercer nivel representan la categoría de atención médica con el mayor grado de complejidad dentro de los sistemas de salud organizados por niveles jerárquicos de atención. Estos establecimientos están diseñados para brindar servicios de alta complejidad diagnóstica y terapéutica, que no pueden ser resueltos en los niveles primario o secundario, debido a la sofisticación tecnológica, especialización médica y recursos humanos especializados que requieren [14]. De forma general, un hospital de tercer nivel se caracteriza por ofrecer atención especializada tanto ambulatoria como hospitalaria en condiciones de alta complejidad, incluyendo la realización de procedimientos quirúrgicos avanzados, cuidados intensivos, atención de casos críticos, subespecialidades médico-quirúrgicas y el manejo de patologías complejas que requieren aparatología de última generación.

Desde una perspectiva organizativa, los hospitales de este nivel cuentan con:

- **Infraestructura avanzada**, incluye unidades de hospitalización, quirófanos especializados, unidades de cuidados intensivos y áreas de diagnóstico equipadas con tecnología de alta complejidad.
- **Equipamiento médico sofisticado**, conformado por tecnologías de imagen diagnóstica de última generación, laboratorios clínicos especializados y equipos destinados al soporte vital.

- **Recursos humanos altamente especializados**, integrados por médicos subespecialistas, personal técnico capacitado y equipos multidisciplinarios orientados a la atención de patologías complejas [15].

En el contexto ecuatoriano, esta clasificación está formalizada por el Acuerdo Ministerial 5212, que establece la «Tipología de los Establecimientos de Salud» y define los niveles de atención junto con sus características, equipamiento y servicios, con el fin de estandarizar el Sistema Nacional de Salud. Posteriormente, esta normativa fue actualizada mediante el Acuerdo Ministerial 030-2020, que detalla de manera más precisa la capacidad resolutive, los requerimientos de infraestructura y los criterios de funcionamiento para cada nivel de establecimiento de salud [16].

En la tabla 1, se detalla la organización de los establecimientos hospitalarios por nivel de atención:

Tabla 1
CLASIFICACIÓN DE LOS HOSPITALES SEGÚN NIVEL DE ATENCIÓN. [AUTOR PROPIO]

Niveles	Descripción
Primer nivel	Corresponde a la atención primaria. Ofrece servicios básicos, preventivos y ambulatorios. Se enfoca en la promoción de la salud, prevención de enfermedades y la resolución de problemas frecuentes.
Segundo nivel	Comprende la atención especializada de mediana complejidad. Incluye especialidades básicas, servicios diagnósticos más avanzados y cirugías programadas. Actúa como soporte del primer nivel cuando se requiere mayor capacidad resolutive.
Tercer nivel	Representa la atención de mayor complejidad. Incluye hospitales con infraestructura avanzada, múltiples especialidades y subespecialidades, unidades críticas, laboratorios complejos y equipamiento tecnológico especializado. Funcionan como centros de referencia regional o nacional.

La categorización de las entidades de salud permite estructurar de forma ordenada la prestación de servicios médicos, lo que favorece la derivación adecuada a los pacientes, la optimización de los recursos y la mejora en la calidad de la atención. Además, esta organización facilita que los responsables del sistema sanitario distribuyan los recursos de manera más estratégica entre los distintos niveles de atención [17]. Por esta razón, en la tabla 2 se han descrito características primordiales de diferenciación de los hospitales.

Tabla 2
CARACTERÍSTICAS ENTRE HOSPITALES PRIMARIOS, SECUNDARIOS Y TERCIARIOS

Característica	Primaria	Secundario	Terciario
Nivel de atención asistencial	Atención Básica y preventiva	Especializada de mediana complejidad	Alta complejidad y subespecializada
Servicios ofrecidos	Servicios básicos de salud	Especialidades médicas y quirúrgicas básicas	Subespecialidades médicas, procedimientos quirúrgicos complejos y alta tecnología
Infraestructura	Básica con equipamiento esencial	Infraestructura intermedia con áreas especializadas	Infraestructura avanzada con áreas críticas, quirófanos especializados y unidades de cuidados intensivos
Personal	Médicos generales, enfermeras	Médicos especialistas, enfermería especializada y personal técnico	Médicos subespecialistas, equipos multidisciplinarios y personal altamente capacitado
Ubicación	Rural/Semi-urbano	Distritos	Urbano/Metropolitano

V-C. Áreas quirúrgicas hospitalarias

Las áreas quirúrgicas hospitalarias corresponden a un conjunto de espacios altamente especializados destinados a la realización de procedimientos quirúrgicos bajo condiciones estrictas de control ambiental, asepsia y seguridad clínica [18]. Estas áreas constituyen unidades críticas dentro del hospital en razón a la complejidad de los procedimientos que albergan y al nivel de riesgo inherente asociado a las intervenciones invasivas, lo que hace necesaria una planificación detallada en los ámbitos arquitectónicos, técnico y funcional [18]. Su función principal es proporcionar un entorno seguro y controlado que garantice la protección del paciente, del personal sanitario y del equipamiento médico durante los procedimientos quirúrgicos.

V-C1. Organización y zonificación: El área quirúrgica hospitalaria está conformada por diversos espacios interrelacionados que cumplen funciones específicas dentro del proceso quirúrgico. Entre sus componentes principales se incluyen las salas de cirugía, áreas de preparación preoperatoria, salas de recuperación postanestésica, espacios de lavado quirúrgico, áreas de almacenamiento de insumos estériles, zonas de apoyo técnico y circulaciones controladas para personal, pacientes y materiales [19]. La correcta disposición de estos espacios es fundamental para asegurar la eficiencia del flujo quirúrgico y reducir la probabilidad de errores operativos o eventos adversos durante la atención.

La organización de las áreas quirúrgicas se basa en un sistema de zonificación que permite establecer distintos niveles de restricción y control ambiental. Esta zonificación responde a principios de bioseguridad y control de infecciones, separando físicamente las áreas de acceso general de aquellas con mayores exigencias de asepsia. De manera general, las áreas quirúrgicas se estructuran en zonas no restringidas, zonas semi-restringidas y zonas restringidas. Cada una de estas zonas presenta requisitos específicos en cuanto a control de acceso, vestimenta del personal, calidad del aire y limpieza ambiental [20]. Esta organización jerárquica contribuye a mantener condiciones estériles en las áreas críticas y a reducir el riesgo de contaminación cruzada durante los procedimientos quirúrgicos. En la Tabla 3 se presenta la zonificación funcional universal de un área quirúrgica hospitalaria.

Tabla 3
ZONIFICACIÓN FUNCIONAL UNIVERSAL DEL ÁREA QUIRÚRGICA HOSPITALARIA

Zona	Nivel de riesgo	Descripción funcional	Ambientes que la componen
Zona no restringida	Bajo	Área de acceso general que actúa como interfaz entre el hospital y el bloque quirúrgico, sin requerimientos especiales de indumentaria.	Accesos al bloque quirúrgico, áreas administrativas del bloque, recepción interna, salas de espera técnica, circulación pública.
Zona semi-restringida	Medio	Área de acceso controlado donde se inicia la preparación del personal, pacientes y materiales, con normas básicas de asepsia e indumentaria clínica.	Vestidores del personal, pasillos internos, áreas de preparación del paciente, preparación de materiales, áreas de recuperación postanestésica.
Zona restringida	Alto	Área crítica destinada a la realización de procedimientos quirúrgicos, que requiere control estricto de bioseguridad, ventilación especializada y acceso altamente restringido.	Salas de operaciones o quirófanos, áreas de lavado quirúrgico, salas de procedimientos invasivos.
Zona Crítica Mixta	Alto	Área técnica donde se gestionan procesos críticos con separación estricta de flujos limpios y contaminados.	Central de esterilización, reprocesamiento de instrumental, central de endoscopios.

V-C2. Flujos hospitalarios: Los flujos hospitalarios en las áreas quirúrgicas representan un componente crítico del diseño funcional y operativo del bloque quirúrgico, debido a que determinan la forma en la que pacientes, personal sanitario, equipos, materiales e insumos se desplazan dentro de un entorno de alta complejidad técnica [21]. De manera general, los flujos dentro del área quirúrgica se clasifican en flujos de pacientes, flujos de personal sanitario, flujos de materiales e insumos estériles, flujos de instrumental quirúrgico y flujos de residuos hospitalarios. Cada uno de estos circuitos debe diseñarse de forma diferenciada y, en lo posible, independiente, evitando cruces innecesarios que puedan comprometer las condiciones de asepsia y seguridad del entorno quirúrgico [22].

El flujo del paciente debe ser claro y continuo desde el ingreso al bloque quirúrgico hasta su traslado a la sala de recuperación, reduciendo desplazamientos innecesarios y tiempos de espera. De igual forma, el flujo del personal sanitario debe permitir un acceso eficiente a las áreas críticas, respetando la zonificación establecida y las normas de vestimenta e higiene, con el fin de mantener el control ambiental y la bioseguridad [22].

En cuanto a los materiales e instrumental, resulta fundamental establecer circuitos separados para elementos limpios y contaminados, asegurando un tránsito unidireccional que evite la contaminación cruzada. Esta separación es especialmente relevante en áreas como la central de esterilización o la central de endoscopios, donde el reprocesamiento del instrumental exige condiciones estrictas de control y trazabilidad [23]. El manejo de residuos hospitalarios dentro del bloque quirúrgico debe integrarse al diseño de flujos, considerando rutas específicas y accesos controlados que permitan su evacuación sin interferir con los circuitos limpios ni con la circulación del paciente o del personal clínico. Una planificación adecuada de estos flujos contribuye a reducir eventos adversos, mejorar la eficiencia operativa y asegurar un entorno de laboral seguro y organizado [24].

V-C3. Condiciones técnicas generales: Las áreas quirúrgicas hospitalarias requieren condiciones técnicas generales que permitan la operación segura, continua y eficiente del equipamiento biomédico, al igual la protección del paciente y del personal sanitario. Estas condiciones incluyen sistemas de climatización especializados capaces de mantener parámetros controlados de temperatura, humedad y presión diferencial, los cuales contribuyen a la reducción del riesgo de infecciones y a la estabilidad operativa de los equipos médicos [25].

Asimismo, el suministro eléctrico debe garantizar altos niveles de confiabilidad y continuidad, incorporando sistemas de respaldo que aseguren el funcionamiento ininterrumpido de equipos críticos durante procedimientos quirúrgicos [26]. De igual manera, la provisión de gases medicinales debe cumplir criterios de seguridad, identificación y disponibilidad permanente, mientras que los sistemas de comunicaciones clínicas facilitan la coordinación del equipo quirúrgico y la integración con otras áreas del hospital [27].

Estas condiciones técnicas deben ser concebidas bajo estándares internacionales de ingeniería hospitalaria, considerando aspectos como la seguridad eléctrica, la compatibilidad electromagnética y la continuidad del servicio ante fallos o emergencias, dado que una integración inadecuada de estos sistemas puede comprometer tanto la seguridad del paciente como el desempeño del equipamiento médico.

V-D. Quirófano Hospitalario

Es un área clínica crítica diseñada específicamente para la realización de procedimientos quirúrgicos invasivos que requieren condiciones estrictas de asepsia, control ambiental y soporte tecnológico avanzado. Se trata de un espacio físico altamente especializado dentro del bloque quirúrgico, cuya finalidad principal es garantizar la seguridad del paciente y del personal de salud durante la intervención quirúrgica, así como asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento biomédico involucrado en el procedimiento [28]. Desde el punto de vista funcional, el quirófano constituye el núcleo operativo del área quirúrgica, debido a que en él convergen los recursos humanos, tecnológicos y técnicos necesarios para la ejecución de actos quirúrgicos de distinta complejidad, especialmente en hospitales de segundo y tercer nivel de atención.

Características Generales

El quirófano hospitalario se distingue por contar con condiciones ambientales y técnicas controladas que lo diferencian de otros espacios clínicos. Entre estas características destacan el mantenimiento de ambientes limpios y estériles, el control de parámetros ambientales como la temperatura, la presión diferencial y la humedad, así como la disponibilidad de iluminación quirúrgica adecuada y superficies diseñadas para facilitar los procesos de limpieza y desinfección [28].

Asimismo, debe permitir la instalación segura y eficiente de equipamiento biomédico de alta complejidad, garantizando condiciones de compatibilidad eléctrica, estabilidad mecánica y adecuada accesibilidad para el personal sanitario. Estas características no responden únicamente a criterios arquitectónicos, sino que se encuentran estrechamente relacionadas con la protección del paciente, la continuidad operativa y el desempeño del equipamiento médico utilizado durante los procedimientos quirúrgicos.

Funciones y actividades desarrolladas en el quirófano

Dentro del quirófano hospitalario se llevan a cabo actividades clínicas altamente coordinadas abarcando desde la preparación inmediata del paciente hasta la ejecución del procedimiento quirúrgico y la estabilización intraoperatoria. Estas actividades incluyen la administración de anestesia, el monitoreo continuo de las constantes fisiológicas del paciente, la intervención quirúrgica propiamente dicha y la respuesta ante eventos críticos durante el acto operatorio [29]. El desarrollo seguro de estas funciones exige la integración efectiva entre el equipo quirúrgico, el personal de anestesia y los sistemas tecnológicos de soporte, lo que convierte al quirófano en un entorno de alta complejidad técnica y operativa.

Dentro del quirófano hospitalario se desarrollan actividades clínicas altamente coordinadas, entre las que se incluyen:

- Preparación inmediata del paciente previa al procedimiento quirúrgico.
- Administración de anestesia por parte del personal especializado.
- Monitoreo continuo de las constantes fisiológicas del paciente durante el acto quirúrgico.
- Ejecución del procedimiento quirúrgico conforme a la especialidad correspondiente.
- Atención y respuesta ante eventos críticos que puedan presentarse durante la intervención [29].

El desarrollo seguro de estas actividades requiere una integración efectiva entre el equipo quirúrgico, el personal de anestesia y los sistemas tecnológicos de soporte, lo que convierte al quirófano en un entorno de alta complejidad técnica y operativa.

Clasificación ambiental de quirófanos

Este enfoque se basa en la clasificación de los quirófanos según distintos grados de limpieza ambiental, determinados principalmente por la carga de partículas en el aire y por las condiciones de ventilación; las salas de operaciones se organizan en cuatro niveles, que varían desde espacios con requerimientos ambientales altamente controlados hasta áreas con exigencias menos estrictas, en función del tipo y la complejidad del procedimiento quirúrgico [30].

En el ámbito del diseño y construcción de quirófanos hospitalarios, diversos estándares internacionales han establecido criterios técnicos para la clasificación de las salas de operaciones en función del nivel de limpieza y del control ambiental requerido. Un ejemplo representativo es el estándar chino GB 50333-2013, el cual regula el diseño arquitectónico de áreas quirúrgicas limpias e incorpora principios adoptados por normas internacionales como la ISO 14644, centradas en la calidad del aire y el control de partículas [31].

- **Grado I (Salas de operaciones de muy alta limpieza):** Corresponden a espacios quirúrgicos destinados a intervenciones de elevada complejidad y alto riesgo clínico, tales como cirugías cardiovasculares, neurocirugía, trasplantes de órganos y procedimientos de reemplazo articular. Estas salas requieren los niveles más estrictos

de control ambiental, alcanzando estándares de limpieza del aire equivalentes a ISO Clase 5. Para ello, se implementan sistemas avanzados de ventilación, filtración de aire y soporte técnico especializado, con el objetivo de garantizar condiciones prácticamente estériles durante el acto operatorio.

- **Grado II (Salas de operaciones de limpieza estándar):** Este tipo de quirófanos está orientado a procedimientos quirúrgicos especializados de complejidad intermedia, como cirugías torácicas, plásticas, urológicas y hepatobiliares. En estos espacios, el área destinada a la intervención debe cumplir condiciones de limpieza del aire correspondientes a ISO Clase 6, mientras que las zonas circundantes mantienen estándares ligeramente menos exigentes, equivalentes a ISO Clase 7, asegurando una transición ambiental adecuada entre áreas [31].
- **Grado III (Salas generales de operaciones limpias):** Se aplican principalmente a procedimientos de cirugía general y a intervenciones en las áreas de obstetricia y ginecología. En este nivel, el entorno quirúrgico presenta un control ambiental moderado, con niveles de limpieza del aire equivalentes a ISO Clase 7 en el área operatoria y a ISO Clase 8 en los espacios adyacentes, manteniendo condiciones adecuadas de asepsia para procedimientos de menor complejidad.
- **Grado IV (Salas de operaciones cuasi-limpias):** Espacios destinados a procedimientos quirúrgicos con mayor riesgo de contaminación, como cirugías anorrectales o intervenciones clasificadas como contaminadas. Las exigencias ambientales son menos estrictas en comparación con los niveles superiores, alcanzando estándares de limpieza aproximados a ISO Clase 8.5. El diseño de estas salas prioriza el aislamiento del área quirúrgica y el control de presión negativa, con el fin de evitar la dispersión de contaminantes hacia otras zonas del bloque quirúrgico.

V-E. *Quirófano de Gastroenterología*

El quirófano de Gastroenterología es un espacio especializado dentro de un hospital de tercer nivel, diseñado para la ejecución de procedimientos endoscópicos intervencionistas y quirúrgicos del tracto digestivo superior e inferior, tales como la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) o diversas resecciones guiadas por endoscopia [32]. A diferencia de un quirófano convencional, este tipo de sala requiere la integración de sistemas avanzados de imagen, plataformas de registro y documentación electrónica, así como los flujos asistenciales diseñados para técnicas mínimamente invasivas [33].

Permiten la ejecución de procedimientos, diagnósticos terapéuticos y quirúrgicos complejos, entre los que se destacan [34]:

- **Cirugías laparoscópicas abdominales:** colecistectomías, apendicectomías, hernioplastías y resecciones intestinales.
- **Endoscopías terapéuticas avanzadas:** polipectomías, ligadura de várices esofágicas, colocación de prótesis digestivas, resección mucosa y disección submucosa endoscópica.
- **Colangiopancreatografía Retrógrada Endoscópica (CPRE):** incluye drenajes biliares y procedimientos asociados.
- **Tratamiento endoscópico de hemorragias digestivas:** tanto altas como bajas.
- **Gastrostomía y yeyunostomía endoscópica percutánea.**
- **Cirugías abiertas de alta complejidad del tracto digestivo:** resección gástrica, colectomía, hepatectomía parcial y cirugías de páncreas o vías biliares.

El diseño operativo de un quirófano destinado a gastroenterología debe contemplar una organización espacial bien definida, que incluya áreas de preparación del paciente, intervención, circulación técnica y recuperación postprocedimiento [35]. De acuerdo con las guías del Facilities Guidelines Institute (2014), el flujo del personal y del material debe evitar cruces entre áreas limpias y sucias, garantizando así la asepsia del entorno. Esta disposición espacial permite optimizar los flujos, reducir interferencias entre personal médico y minimizar riesgos de contaminación cruzada [36].

En términos de diseño hospitalario, la elección de materiales, sistemas de ventilación, accesos y circulación del personal deben seleccionarse considerando las normas de bioseguridad y control de infecciones. Investigaciones

recientes basados en simulaciones han demostrado que el tamaño de la sala, la posición de la mesa quirúrgica y la disposición del equipo médico inciden de manera directa en la eficiencia de los desplazamientos y reducción de obstrucciones durante los procedimientos [37].

V-F. Quirófanos Especializados

Los quirófanos especializados constituyen espacios quirúrgicos diseñados para la realización de procedimientos que requieren tecnologías avanzadas, mayor integración de sistemas biomédicos y condiciones técnicas específicas que superan las exigencias de un quirófano convencional [38]. Estos espacios son característicos de hospitales de tercer nivel, donde se concentran procedimientos de alta complejidad clínica y tecnológica.

A diferencia de los quirófanos generales, los quirófanos especializados incorporan sistemas de imagen médica intraoperatoria, plataformas digitales de monitoreo y registro, así como equipamiento biomédico de alta precisión que permite apoyar procedimientos diagnósticos y terapéuticos en tiempo real. Esta integración tecnológica demanda una infraestructura hospitalaria capaz de garantizar estabilidad eléctrica, control ambiental, compatibilidad electromagnética y una adecuada organización espacial.

Entre los principales tipos de quirófanos especializados se incluyen aquellos destinados a cirugía guiada por imagen, cirugía robótica, procedimientos híbridos y salas equipadas con sistemas de fluoroscopia [38]. Cada uno de estos espacios presenta requerimientos técnicos y funcionales particulares, los cuales deben ser considerados durante la planificación y el diseño del área quirúrgica.

V-F1. Quirófano de Fluoroscopia: Los quirófanos de fluoroscopia constituyen un tipo de quirófano especializado que integra sistemas de imagen radiológica en tiempo real dentro del entorno quirúrgico, permitiendo la visualización dinámica de estructuras anatómicas durante la realización de procedimientos diagnósticos y terapéuticos [39]. Estos espacios son característicos de hospitales de tercer nivel, donde se concentran intervenciones de alta complejidad que requieren precisión anatómica y soporte tecnológico avanzado.

A diferencia de un quirófano convencional, el quirófano de fluoroscopia incorpora equipos de emisión de radiación ionizante, como sistemas de fluoroscopia fija o móvil, lo que implica requerimientos técnicos adicionales relacionados con la infraestructura, la seguridad radiológica y la integración de sistemas biomédicos. Esta combinación convierte al quirófano de fluoroscopia en un entorno híbrido, donde confluyen procedimientos quirúrgicos y técnicas de diagnóstico por imagen [40].

En el diseño de estas salas quirúrgicas, uno de los aspectos críticos corresponde a la selección del tipo de sistema de imagen radiológica a implementar, ya sea mediante un arco en C móvil o un sistema de fluoroscopia fijo. Esta decisión influye directamente en la configuración espacial del quirófano, los requerimientos de infraestructura, los niveles de protección radiológica y el grado de integración tecnológica del entorno quirúrgico [41].

Por la parte de operación, se encuentran regulados por un conjunto de normas y recomendaciones internacionales orientadas a garantizar la protección radiológica del paciente, del personal médico y del entorno hospitalario. Organismos como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) [42], la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), el Consejo Nacional de Protección y Medidas Radiológicas (NCRP) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) han establecido criterios relacionados con los límites de dosis ocupacional, la optimización de exposición, el control de la radiación dispersa y los requisitos técnicos de los equipos emisores de radiación ionizante.

- La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) establece que el límite de dosis efectiva ocupacional para el personal expuesto a radiación ionizante es de **20 mSv por año**, calculado como promedio en un período de cinco años consecutivos, con la condición de no exceder 50 mSv en un solo año [43].

- Para la exposición del cristalino del ojo, la ICRP recomienda un límite de 20 mSv por año, o alternativamente 100 mSv en cinco años consecutivos, sin superar 50 mSv en un solo año, debido al riesgo de cataratas inducidas por radiación.
- En el caso de la piel, manos y pies, el límite de dosis equivalente anual recomendado es de 500 mSv por año, considerando que estas regiones presentan una mayor exposición durante procedimientos guiados por fluoroscopia.

Estas directrices constituyen la referencia para la planificación arquitectónica, la selección tecnológica e implementación de medidas de control radiológico en salas de fluoroscopia, incluyendo tanto sistemas móviles como configuraciones fijas o estáticas, cuya comparación se describe en la tabla 4.

Tabla 4
COMPARACIÓN DEL CONTROL RADIOLÓGICO ENTRE ARCO EN C MÓVIL Y SISTEMA DE FLUOROSCOPIA FIJO

Criterio	Arco en C móvil	Sistema de fluoroscopia fijo / estático
Configuración general del sistema	Equipo portátil con tubo de rayos X y detector integrados en una estructura móvil en forma de "C" [44].	Sistema integrado permanentemente al quirófano, con montaje en piso, techo o combinado.
Dimensiones mínimas del espacio quirúrgico	Quirófanos convencionales ampliados: superficies típicas $\geq 35\text{--}40\text{ m}^2$, con áreas libres para el desplazamiento del arco.	Salas especializadas o híbridas: superficies $\geq 45\text{--}60\text{ m}^2$, con alturas libres $\geq 3,0\text{--}3,2\text{ m}$.
Requisitos espaciales adicionales	No requiere sala de control independiente; la consola se ubica dentro del quirófano [44].	Requiere sala de control separada con blindaje, área técnica y espacio fijo para la consola.
Carga estructural	Baja carga adicional sobre la losa; no requiere refuerzos estructurales.	Alta carga estructural por soportes de techo o piso; puede requerir refuerzo de losa y vigas.
Rango típico de dosis de entrada al paciente	Valores reportados de 10–50 mGy/min, dependientes del modo de operación y del operador.	Sistemas optimizados con control automático: rangos típicos de 5–30 mGy/min.
Dosis dispersa al personal	Mayor variabilidad; niveles de dispersión más altos si no se optimiza colimación y distancia.	Menor dispersión relativa debido a colimación automática, posicionamiento estable y geometría fija.
Control de dosis	Principalmente dependiente del operador: tiempo de fluoroscopia, distancia y uso de protección personal.	Sistemas avanzados con control automático de exposición (AEC), registro de dosis y alarmas.
Colimación y filtrado	Colimación manual o semiautomática; filtrado limitado según el modelo.	Colimación automática, filtrado adicional y control dinámico del haz.
Control radiológico arquitectónico	Blindaje parcial o complementario; uso frecuente de biombos móviles plomados.	Blindaje estructural completo en muros, puertas y ventanas con equivalentes de plomo definidos.
Protección del personal	Alta dependencia del uso de delantales plomados, protectores tiroideos y gafas plomadas.	Protección combinada: blindaje estructural, protección personal y barreras fijas.
Zonificación radiológica	Zona controlada temporal durante la emisión de radiación.	Zona controlada permanente definida desde el diseño arquitectónico.
Monitoreo y registro de radiación	Generalmente externo mediante dosímetros personales.	Integrado al sistema: monitoreo continuo, registro y trazabilidad de dosis.
Nivel de control radiológico	Moderado, altamente dependiente del factor humano.	Alto, basado en controles pasivos, activos y administrativos integrados.

En el contexto de la gastroenterología, estos quirófanos resultan fundamentales para la ejecución de procedimientos intervencionistas como la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE), drenajes biliares, colocación de prótesis y otras intervenciones guiadas por imagen [45]. La disponibilidad de fluoroscopia intraoperatoria permite mejorar la precisión del procedimiento, reducir tiempos operatorios y aumentar la seguridad clínica del paciente.

No obstante, el uso de fluoroscopia en procedimientos endoscópicos intervencionistas conlleva una exposición significativa a radiación ionizante, especialmente por radiación dispersa, que afecta tanto al paciente como al personal médico [46]. Estudios realizados a procedimientos como la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) y la intervención guiada por ecografía endoscópica han reportado valores elevados de dosis ocupacional, registrándose exposiciones de hasta:

- $356,0 \pm 2,4$ mSv en la posición del endoscopista.
- $222,0 \pm 2,0$ mSv en el asistente
- 260,0 mSv/h en el personal de enfermería.
- aproximadamente 120,0 mSv/h en el ingeniero clínico, medidos a una altura cercana a la región gonadal.

La figura 1 presenta una tabla de resumen comparativo de las dosis de radiación ionizante registradas en gastroenterología, permitiendo visualizar los niveles de exposición asociados a los distintos roles dentro del entorno quirúrgico.

Dosis Radiación Ionizante en Gastroenterología		
Tipo de procedimiento	Posición del Personal	Dosis de Radiación mSv/h
Colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE)	Endoscopista	356
	Asistente	222
	Enfermero	260

Figura 1. Dosis Radiación Ionizante en Gastroenterología [46].

Asimismo, otros análisis señalan que, aún con tiempos promedio de fluoroscopia de $244,9 \pm 257,0$ segundos por procedimiento y un número medio de $3,7 \pm 1,0$ imágenes digitales, la dosis en área puede alcanzar valores del orden de $26,85 \pm 3,47$ mSv, evidenciando un riesgo radiológico acumulativo [46]. Estos resultados evidencian la necesidad de implementar estrategias estrictas de control radiológico, optimización de dosis y diseño adecuado de las salas de fluoroscopia en gastroenterología, bajo principios como ALARA, con el fin de proteger al personal y garantizar la seguridad ocupacional [47].

V-G. Equipamiento Biomédico

El equipamiento de un quirófano destinado a procedimientos de gastroenterología presenta características particulares que responden a las necesidades clínicas y tecnológicas propias de esta especialidad. A diferencia de un quirófano general, estos espacios incorporan equipos biomédicos específicos que permiten la ejecución de procedimientos endoscópicos con fines diagnósticos y terapéuticos, muchos de ellos guiados por imagen y con altos requerimientos de precisión. Entre los principales equipos implementados se incluyen la torre de endoscopia, la unidad electroquirúrgica, los sistemas de laparoscopia, el colonoscopia y el ecoendoscopia, los cuales conforman una plataforma integrada para el abordaje mínimamente invasivo de patologías del aparato digestivo.

V-G1. Equipamiento General del Quirófano:

V-G2. *Mesa quirúrgica Electrohidráulica:* La mesa quirúrgica electrohidráulica permite ajustar la posición del paciente en diferentes planos (Trendelenburg, antitrendelenburg, lateral, flexión, extensión), facilitando el acceso anatómico requerido durante las cirugías abdominales o endoscópicas. Su sistema hidráulico proporciona movimientos suaves y precisos, con control remoto o pedal, y su estructura de acero inoxidable garantiza estabilidad y

esterilidad. Es indispensable que tenga superficie radiotransparente para procedimientos guiados por imagen [48].

La figura 2, ilustra un modelo de mesa quirúrgica electrohidráulica utilizado en procedimientos generales como los de gastroenterología, que ejemplifica las características descritas previamente.



Figura 2. Mesa quirúrgica PST 300 [49].

V-G3. Lámpara quirúrgica tipo LED: La lámpara quirúrgica es un equipo fundamental del quirófano, destinado a proporcionar una iluminación óptima del campo operatorio durante los procedimientos quirúrgicos. Su función principal es garantizar una visualización clara y precisa de las estructuras anatómicas, minimizando sombras y distorsiones que puedan afectar el desempeño del equipo médico. Este dispositivo emite una iluminación intensa, uniforme y libre de sombras sobre el campo operatorio. Las lámparas LED ofrecen ventajas como bajo consumo energético, mínima emisión de calor y extensa vida útil. Los modelos actuales permiten ajustar temperatura de color (3 500–5 000 K) y profundidad de campo, esenciales para cirugías laparoscópicas y endoscópicas [50].

Como muestra la figura 3, por su diseño de ubicación de focos (LED) estas lámparas proporcionan una iluminación estable indispensable para toda intervención quirúrgica.



Figura 3. Lámpara quirúrgica Helux Pr. [51].

Es fundamental analizar los diversos aspectos técnicos que inciden directamente en la calidad del campo visual durante el acto quirúrgico, tales como la homogeneidad de la iluminación, el tamaño del área iluminada y la tecnología empleada en la fuente luminosa. De manera complementaria, también deben considerarse factores como los accesorios disponibles, el peso del equipo y su facilidad de desplazamiento [52].

- **Uniformidad de la iluminación:** Este aspecto es crítico, ya que el sistema visual humano responde de mejor manera ante una iluminación homogénea. Una distribución irregular de la luz suele evidenciar deficiencias

técnicas del equipo, generando sombras no deseadas que obligan al personal quirúrgico a reajustar constantemente la iluminación. En general, las lámparas cialíticas incorporan lentes de gran espesor que permiten una distribución uniforme de la luz, facilitando una adecuada visualización tanto de la superficie como de la profundidad del campo operatorio.

- **Diámetro del campo iluminado:** Corresponde al área que la lámpara es capaz de iluminar de forma efectiva. Es importante verificar que el diámetro del campo luminoso se ajuste a los procedimientos quirúrgicos previstos, garantizando una cobertura adecuada sin pérdida de visibilidad.
- **Intensidad luminosa:** La intensidad de la luz debe encontrarse dentro de un rango aproximado de 8 000 a 36 000 lux. Habitualmente, las lámparas cialíticas permiten regular este parámetro para adaptarse a diferentes tipos de intervenciones quirúrgicas y a las necesidades clínicas específicas.
- **Tipo de fuente luminosa:** Existen lámparas cialíticas con tecnología halógena y tecnología LED. Las lámparas LED de luz blanca neutra ofrecen una excelente reproducción de los tonos rojos y amarillos, lo que facilita la correcta identificación de tejidos y órganos. Además, emiten niveles mínimos de luz azul, reduciendo el riesgo de daño retinal en exposiciones prolongadas. En contraste, algunas lámparas halógenas emiten luz amarilla, lo que puede alterar la percepción cromática y generar posibles errores en la interpretación visual durante el procedimiento.
- **Temperatura de color:** Se recomienda que la temperatura de color se sitúe alrededor de los 4 500 Kelvin, ya que este valor proporciona una iluminación equilibrada y adecuada para la diferenciación precisa de estructuras anatómicas.

V-G4. Monitor Multiparámetro: El equipo permite el registro continuo de signos vitales del paciente: ECG, saturación de oxígeno, presión arterial invasiva y no invasiva, frecuencia respiratoria, temperatura y capnografía. En cirugías digestivas bajo anestesia general o sedación, el monitoreo es indispensable para detectar cambios hemodinámicos en tiempo real [53].

En la figura 4 se observa el monitor multiparámetros un equipo esencial en quirófanos, debido a que permite la vigilancia continua del estado fisiológico del paciente durante la intervención quirúrgica.

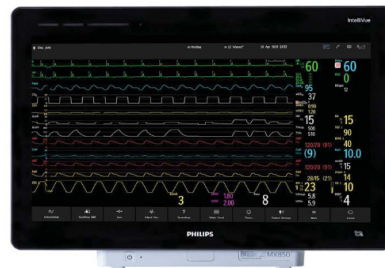


Figura 4. Monitor Multiparámetros [54].

Componentes principales

- **Pantalla/Monitor:** Muestra en tiempo real todos los parámetros del paciente.
- **Módulos de adquisición de señales:** Detectores o transductores que captan datos fisiológicos (ECG, SpO₂, presión arterial).
- **Procesador interno:** Convierte las señales fisiológicas en datos digitales interpretables.
- **Alarma y sistema de notificación:** Visualiza y emite alertas ante valores críticos.
- **Batería interna y fuente de energía:** Asegura operación continua durante transporte o cortes de energía.
- **Conectores para sensores y electrodos:** ECG, oxímetro, tensiómetro, termómetro, capnógrafo, entre otros.

V-G5. *Sistema de aspiración quirúrgica:* Su función es eliminar fluidos, sangre y secreciones del campo quirúrgico mediante presión negativa controlada. Puede ser central (conectado al sistema de vacío hospitalario) o portátil de respaldo. En gastroenterología, se emplea también para aspirar contenido gástrico o intestinal durante procedimientos endoscópicos [55].



Figura 5. Sistema de aspiración quirúrgica ATMOS C 361 [56].

V-G6. *Máquina de anestesia:* Es un dispositivo médico esencial en quirófanos, diseñado para generar y mezclar un flujo de gases médicos y agentes anestésicos inhalados, para la inducción y mantenimiento de la anestesia durante procedimientos quirúrgicos [57]. Además, las máquinas modernas integran ventilador mecánico, sistema respiratorio, succión y monitorización del paciente, constituyéndose en una unidad autónoma.



Figura 6. Estación de anestesia en carro APUS x2 [58].

El funcionamiento de la máquina de anestesia se organiza en tres sistemas principales [59]:

- **Sistema de alta presión:** recibe gases medicinales (oxígeno, aire, óxido nitroso) desde red central o cilindros; incluye reguladores, válvulas y sistemas de seguridad
- **Sistema de baja presión:** contiene caudalímetros, vaporizadores y válvulas de flujo, permitiendo ajustar con precisión la mezcla de gases y anestésico que se administrará al paciente.
- **Circuito respiratorio / sistema circular:** mediante un circuito con tubos inspiratorios y espiratorios, válvulas unidireccionales, ventilador o bolsa manual, y absorbente de CO₂, permite ventilar al paciente en ventilación

espontánea o mecánica y eliminar el dióxido de carbono exhalado.

Las máquinas modernas incluyen también sistemas de seguridad como alarmas de falla de oxígeno, protección contra mezclas hipóxicas y sistemas de evacuación de gases anestésicos para proteger al paciente [60]. La máquina de anestesia es indispensable porque:

- Permite administrar de forma segura y controlada anestesia inhalada, imprescindible para cirugías.
- Garantiza la ventilación del paciente cuando la anestesia deprime la función respiratoria.
- Permite el monitoreo continuo de gases, flujo, presión, ventilación y otros parámetros vitales durante la anestesia.
- Minimiza riesgos de hipoxia, ventilación inadecuada o exposición del personal a gases anestésicos residuales.

V-G7. *Carro de Paro*: El carro de paro constituye un componente esencial del equipamiento biomédico del quirófano, destinado a facilitar una respuesta inmediata ante emergencias vitales como el paro cardiorrespiratorio, arritmias graves o complicaciones anestésicas. Este dispositivo permite disponer de forma organizada y accesible del equipamiento, medicamentos y materiales necesarios para la reanimación cardiopulmonar avanzada, contribuyendo a la seguridad del paciente en áreas quirúrgicas de alta complejidad [61].



Figura 7. Carro de paro.

Características generales

Las principales características del carro de paro incluyen:

- Estructura móvil con ruedas, generalmente equipada con sistema de bloqueo para asegurar estabilidad durante su uso.
- Diseño modular con cajones identificados que permiten un acceso rápido y ordenado, los cuales deben almacenar material complementario como jeringas, guantes, material de protección y dispositivos para acceso vascular.
- Superficie superior de trabajo destinada a la preparación inmediata de equipos y medicamentos.
- Compatibilidad con equipos eléctricos hospitalarios, tales como desfibrilador (manual o automático externo), monitor cardíaco, fuente de oxígeno portátil o conexión a la red hospitalaria y sistema de aspiración.
- Materiales de fabricación que facilitan la limpieza y desinfección, adecuados para su uso en áreas críticas.

El carro de paro debe ubicarse en una zona estratégica del quirófano que permita su acceso inmediato ante una emergencia, sin interferir con la circulación del personal ni con el desarrollo del procedimiento quirúrgico. Su localización debe garantizar disponibilidad permanente y cumplimiento de las normativas de seguridad del paciente, formando parte del equipamiento obligatorio en áreas quirúrgicas.

V-G8. Sistema de Gases medicinales: El sistema permite la distribución centralizada de oxígeno, aire medicinal, óxido nitroso y vacío desde un sistema central hasta las tomas del quirófano. La red de gases medicinales está conformada por un conjunto de tuberías específicamente diseñadas para cada tipo de gas, válvulas de corte por sectores, tomas de conexión rápida y sistemas de monitoreo y alarma [62]. Estos componentes permiten un control seguro del suministro, facilitan el mantenimiento del sistema y aseguran la continuidad operativa durante el acto quirúrgico, minimizando el riesgo de interrupciones o fallas.

En el quirófano, las tomas de gases medicinales se integran generalmente en columnas de servicios, brazos articulados o paneles murales, permitiendo una conexión directa y segura con los equipos de anestesia, ventiladores mecánicos, aspiradores quirúrgicos e insufladores de dióxido de carbono utilizados en cirugías laparoscópicas. Su correcta ubicación y accesibilidad resultan fundamentales para optimizar el flujo de trabajo del equipo médico y evitar interferencias con el campo operatorio. Desde la perspectiva de seguridad, el sistema incorpora mecanismos de identificación mediante códigos de color y rotulación específica, lo que reduce el riesgo de conexiones erróneas. Asimismo, los sistemas de alarma permiten detectar variaciones anómalas de presión o fallos en el suministro, alertando oportunamente al personal técnico y clínico [63].

La instalación y operatividad de los sistemas de gases medicinales deben cumplir con la norma ISO 7396-1:2016, la cual establece los requisitos técnicos relacionados con la calidad de los gases, niveles de presión, señalización, sistemas de control y medidas de seguridad, garantizando un entorno quirúrgico confiable y seguro tanto para el paciente y para el personal de salud [64].

V-G9. Torre de Endoscopia: Conjunto modular que integra fuente de luz, cámara, monitor, insuflador de CO₂, bomba de irrigación y sistema de grabación. Facilita la exploración visual del tubo digestivo y la intervención terapéutica mínimamente invasiva. En hospitales de tercer nivel se usan torres de alta definición y compatibilidad con endoscopios flexibles y rígidos [65].

En la figura 8 se muestra la torre de endoscopia, equipo específico de los procedimientos de diagnósticos y terapéuticos propios de la gastroenterología. Funciona mediante la integración coordinada de diversos subsistemas electromédicos que permiten la visualización, insuflación y registro de imágenes del interior del cuerpo de forma mínimamente invasiva.



Figura 8. Torre de Endoscopia [66].

Principios de funcionamiento de la torre de endoscopia

- Iluminación del campo interno: La fuente de luz, generalmente de tecnología LED o xenón, emite una iluminación intensa que es transmitida a través del endoscopio mediante fibras ópticas, permitiendo una iluminación uniforme del área de exploración.
- Captación de la imagen: La cámara endoscópica, ubicada en el extremo proximal del endoscopio, capta la imagen reflejada del campo interno y la convierte en señales eléctricas para su procesamiento.
- Procesamiento y visualización: El procesador de imagen transforma las señales captadas en imágenes digitales de alta definición, las cuales se visualizan en tiempo real en un monitor médico, facilitando la identificación de estructuras anatómicas.
- Insuflación y control del campo: El insuflador de CO₂ introduce gas de manera controlada para distender el órgano explorado, mejorando el campo visual y permitiendo una adecuada maniobrabilidad del endoscopio.
- Irrigación y aspiración (si aplica): Los sistemas de irrigación permiten la limpieza del campo visual, mientras que la aspiración elimina líquidos o secreciones que puedan interferir con la visualización.
- Registro y documentación: El sistema de grabación almacena imágenes y videos del procedimiento para fines clínicos, académicos y de trazabilidad médica.

Endoscopios flexibles y rígidos: Son instrumentos médicos que permiten la visualización interna de órganos y cavidades mediante un sistema con fibra óptica o chip CMOS en la punta que transmiten imágenes del interior del tubo digestivo. Los flexibles se usan para gastroscopía, colonoscopia y CPRE; los rígidos, para laparoscopías o procedimientos peritoneales. Su correcto procesamiento y esterilización son esenciales para evitar infecciones cruzadas [67].

En la figura 9 se observa a simple vista las diferencias y características de estos endoscopios, los cuales tienen fines diferentes de uso para intervenciones de gastroenterología.



Figura 9. Tipos de Endoscopios.

V-G10. Unidad Electroquirúrgica: Dispositivo médico que genera corriente eléctrica de alta frecuencia para corte y coagulación de tejidos, utilizada en polipectomías, disecciones submucosas o control de sangrado. Opera en modos monopolar y bipolar, con ajuste de potencia y retorno seguro. Debe cumplir los requisitos de seguridad eléctrica y desempeño esencial definidos en la norma IEC 60601-2-2 [68].

La figura 10 ilustra un equipo electroquirúrgico empleado para procedimientos de corte y coagulación.



Figura 10. Unidad Electroquirúrgica [69].

V-G11. Equipo de Laparoscopia: Los sistemas de laparoscopia modernos constituyen plataformas quirúrgicas avanzadas que integran cámaras de alta definición (CCD o CMOS), sistemas ópticos, mecanismos de limpieza de lentes, fuentes de iluminación y monitores médicos. Estos sistemas incluyen además el insuflador de dióxido de carbono (CO) y un conjunto de instrumentos quirúrgicos, como pinzas de disección, que permiten la visualización y manipulación de estructuras internas a través de pequeñas incisiones. Es esencial en cirugías de vesícula, intestino o páncreas [70].

Se fabrican en distintos diámetros, generalmente entre 2 mm y 12 mm, siendo el de 10 mm el más empleado en ginecología, y ofrecen varios ángulos de visión (0, 30 o 45°) para mejorar la perspectiva del cirujano. Mientras que un laparoscopio de 0° brinda una visión directa, uno de 30° permite girar el instrumento y ampliar el campo visual, lo que resulta especialmente útil en procedimientos complejos. El conjunto completo típicamente incluye una lente de varilla telescópica, una cámara conectada a un procesador de imágenes y una fuente de luz fría (como Xenón o Halógeno) que ilumina la cavidad abdominal durante la cirugía [71].



Figura 11. Equipo de laparoscopia [72].

V-G12. Colonoscopia: Es un endoscopio flexible diseñado para examinar el intestino grueso (colon) y parte del intestino delgado. ES utilizado en diagnóstico y tratamiento de enfermedades gastrointestinales, como pólipos, sangrado, inflamación, o lesiones sospechosas. Está integrado con cámaras de video de alta resolución, iluminación, canales de succión y pasaje de instrumentos (pinzas, cepillos, bisturís, etc.) [73].

V-G13. Ecoendoscopia: Es un endoscopio flexible que incorpora en su extremo distal un transductor de ultrasonido, de modo que permite combinar la visualización endoscópica del interior del tracto digestivo con imágenes ecográficas de alta resolución de la pared intestinal y de los órganos adyacentes (como páncreas, vías biliares, hígado, ganglios linfáticos) u otros tejidos próximos [74].

Esta doble modalidad (endoscópica más ultrasonográfica) permite detectar lesiones submucosas, quistes, masas pancreáticas o fibrosis con más precisión que con endoscopia o ecografía externa tradicionales, además de ofrecer la posibilidad de realizar procedimientos terapéuticos o diagnósticos invasivos, como biopsias mediante punción-aspiración fina.



Figura 12. Ecoendoscopia [75].

V-G14. Equipo de fluoroscopia: Arco en C móvil: Es un dispositivo de imagenología que utiliza rayos X para generar imágenes en tiempo real (fluoroscopia) durante procedimientos médicos. Su movilidad permite ajustar la posición del aparato alrededor del paciente para obtener distintos ángulos y visualizar estructuras internas con precisión, mientras se minimiza la exposición radiológica al equipo y al paciente [76].

El arco en C se caracteriza por su estructura en forma de semicírculo, que integra un tubo de rayos X y un detector de imagen ubicados en extremos opuestos. Esta configuración permite rodear parcialmente al paciente y obtener imágenes desde distintos ángulos sin necesidad de moverlo. A continuación, en la tabla 5 se detallan los componentes y características del equipo [77].

Tabla 5
COMPONENTES, CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DEL ARCO EN C

Componente	Características	Funciones principales
Brazo en forma de "C"	Estructura curva en forma de semicírculo que conecta el tubo de rayos X con el detector de imágenes, permitiendo amplios movimientos alrededor del paciente.	Facilita la obtención de imágenes desde múltiples ángulos sin movilizar al paciente; permite rotaciones horizontales, verticales y orbitales para adaptarse a distintos procedimientos quirúrgicos.
Tubo de rayos X	Ubicado en uno de los extremos del brazo en "C"; genera radiación controlada para la formación de imágenes intraoperatorias.	Emite los rayos X que atraviesan el cuerpo del paciente; permite ajustar la intensidad y duración de la exposición para la obtención imágenes de calidad durante el procedimiento.
Intensificador de imágenes o detector plano digital	Situado en el extremo opuesto al tubo de rayos X; los sistemas modernos incorporan detectores digitales de alta resolución.	Convierte la radiación recibida en imágenes visibles en tiempo real, proporcionando una visualización clara de las estructuras anatómicas.
Consola de control	Panel de control operado por el personal técnico, desde el cual se gestiona el funcionamiento del equipo.	Permite ajustar los parámetros de adquisición de imagen, controlar el movimiento del arco y gestionar el almacenamiento y transmisión de las imágenes obtenidas.
Monitores de visualización	Pantallas de alta resolución ubicadas dentro del quirófano, cercanas al campo operatorio; algunos sistemas incluyen monitores duales.	Muestran las imágenes fluoroscópicas en tiempo real, facilitando la guía visual del procedimiento quirúrgico.
Sistema de movilidad	Base rodante con ruedas bloqueables o sistema de soporte fijo en modelos de mayor tamaño.	Facilita el desplazamiento del arco en C entre distintas áreas del hospital y permite su posicionamiento estable alrededor del paciente.
Generador de energía	Unidad encargada de suministrar y regular la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema.	Garantiza un suministro eléctrico constante y adecuado para el tubo de rayos X y los demás componentes del equipo.
Software de procesamiento de imágenes	Sistema computarizado para la adquisición, procesamiento y almacenamiento de imágenes médicas.	Optimiza la calidad de imagen mediante ajustes digitales y permite realizar mediciones y anotaciones sobre las imágenes obtenidas.
Sistema de colimadores	Dispositivo integrado en el tubo de rayos X que delimita el campo de radiación.	Ajusta el área irradiada a la zona de interés, optimizando la imagen y reduciendo exposiciones innecesarias.
Sistema de refrigeración	Mecanismo destinado a disipar el calor generado durante el funcionamiento del tubo de rayos X.	Mantiene la temperatura del equipo dentro de rangos operativos seguros y contribuye a prolongar la vida útil del sistema.

En la figura 13 se observa un arco en C móvil, este equipo es ampliamente empleado en quirófanos debido a su versatilidad y facilidad de desplazamiento dentro del entorno clínico.



Figura 13. Arco en C [78].

En gastroenterología, se emplea principalmente en intervenciones mínimamente invasivas guiadas por imagen, como la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE), implantación de stents biliares, dilatación de vías biliares, extracción de cálculos y otras terapias endoscópicas complejas.

V-H. Normativa y Estandares aplicado al Diseño de Quirófano

Los quirófanos de gastroenterología requieren una combinación de cumplimiento normativo en infraestructura, control de infecciones, ventilación y bioseguridad, gestión de residuos, procedimientos clínicos y calidad asistencial [79]. Estas exigencias provienen tanto de la normativa nacional (ministerios de salud, normas técnicas y reglamentos) como de guías internacionales y estándares técnicos. El cumplimiento integral asegura seguridad del paciente y del personal, esterilidad de los procedimientos y la admisibilidad del servicio en procesos de acreditación.

V-H1. Normativas Nacionales:

V-H2. Estándares y parámetros técnicos de infraestructura sanitaria establecidos por el MSP y la DNIS: El Ministerio de Salud Pública (MSP) del Ecuador, a través de su Dirección Nacional de Infraestructura Sanitaria (DNIS), es el organismo encargado de definir, regular y supervisar los estándares técnicos que rigen el diseño, construcción, readecuación, adecuación, repotenciación y mantenimiento de la infraestructura sanitaria en los establecimientos de salud del país [80]. Esto incluye los quirófanos, que deben cumplir con estándares de calidad, accesibilidad, flujos, ambientes limpios/sucios, equipamiento, mantenimiento y seguimiento. El cumplimiento de estos lineamientos garantiza que los espacios quirúrgicos sean aptos para la atención segura de pacientes y personal, según los estándares nacionales e internacionales adoptados.

Guía de Acabados Interiores para Hospitales – MSP: Este documento del Ministerio de Salud Pública establece los requisitos técnicos mínimos para definir, instalación y mantenimiento de los materiales utilizados en pisos, paredes y techos de las áreas hospitalarias. Su objetivo es garantizar condiciones de bioseguridad, limpieza y durabilidad en ambientes críticos como los quirófanos. Esta guía define especificaciones detalladas sobre resistencia química, comportamiento frente al fuego, características higiénicas (bacteriostáticas y fungistáticas), facilidad de limpieza y continuidad de superficies, incluyendo la obligatoriedad de curvas sanitarias para evitar acumulación de suciedad [81].

Complementariamente, el MSP publicó en el 2022 el catálogo de fichas y especificaciones técnicas de acabados y materiales, el cual amplía y actualiza las características físico-técnicas que deben cumplir los materiales hospitalarios. Estas fichas incluyen requisitos verificables para caucho hospitalario, vinilos homogéneos, recubrimientos epóxicos,

panelería sanitaria y sistemas de cielo falso, indicando vida útil, compatibilidad con desinfección, normativas de instalación y mantenimiento preventivo. Este catálogo es el instrumento que el MSP utiliza para la inspección y validación del cumplimiento técnico durante obras nuevas o procesos de remodelación [82].

Guía de Infraestructura e Inspección para Establecimientos de Salud – ACESS/MSP: Esta guía técnica-normativa define los parámetros mínimos de infraestructura que los establecimientos de salud (públicos y privados) deben tener, también los requisitos para la inspección, habilitación, licenciamiento y operación de áreas quirúrgicas. Este documento regula aspectos fundamentales como la calidad de los pisos, paredes y techos, las redes eléctricas e hidráulicas [83].

Los criterios que la guía exige y que son particularmente importantes cuando se piensa en quirófanos o unidades con requerimientos técnicos altos:

- **Flujos de circulación:** la guía aborda cómo deben organizarse los flujos entre servicios, zonas de pacientes, zonas de personal y áreas de servicio técnico. Esto es clave para áreas quirúrgicas, donde se requiere control de flujos para evitar contaminación cruzada.
- **Instalaciones técnicas:** incluye especificaciones para instalaciones eléctricas, redes hidráulicas, saneamiento, aire acondicionado y sistemas de red.
- **Red de energía:** se establece la necesidad de contar con un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) para asegurar la operación de equipos críticos durante cortes de energía.
- **Bioseguridad y control:** considera condiciones para la limpieza, señalización, accesos sanitarios y espacios diseñados para minimizar riesgos.

V-H3. Acuerdos Ministeriales vigentes sobre infraestructura, tipología y mantenimiento hospitalario:

Manual de Mantenimiento de Infraestructura Sanitaria y sus Componentes: El Acuerdo Ministerial No. 00099-2020 establece la obligatoriedad de aplicar un manual de mantenimiento para la infraestructura sanitaria y sus componentes en todo el territorio nacional. Su propósito es garantizar que las áreas críticas, como quirófanos, mantenga un funcionamiento adecuado durante su vida útil. El documento regula procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo para sistemas eléctricos, redes hidrosanitarias, climatización, acabados y equipamiento fijo, asegurando la disponibilidad y seguridad del ambiente quirúrgico [84].

Reglamento para establecer la tipología de los establecimientos de salud del Sistema Nacional de Salud: Este Acuerdo Ministerial No. 00030-2020 expide el reglamento para la tipología, clasificación y niveles de los establecimientos de salud del país, lo que define el nivel de complejidad que deben alcanzar los quirófanos en función de la categoría del hospital. Para un quirófano de gastroenterología en un hospital de tercer nivel, se deben cumplir requisitos de mayor sofisticación en infraestructura, equipamiento y soporte [85].

V-H4. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN): Las Normas del instituto ecuatoriano de normalización (INEN) constituyen el marco técnico que regula los requisitos mínimos de calidad para los materiales, sistemas constructivos e instalaciones aplicadas en infraestructura hospitalaria. En el contexto de quirófanos de tercer nivel, estas normas aseguran que los componentes arquitectónicos como revestimientos, pisos, cielos rasos y pinturas cumplan con criterios de resistencia química, asepsia y facilidad de limpieza, indispensables para reducir la carga microbiana y mantener condiciones de esterilidad.

Asimismo, las normativas INEN orientan la correcta instalación de sistemas eléctricos, gases medicinales, ventilación mecánica y luminotécnica, garantizando seguridad operativa para equipos biomédicos de alta complejidad. Su propósito es unificar estándares técnicos en el diseño y construcción hospitalaria, asegurando que los quirófanos funcionen bajo condiciones óptimas de durabilidad, higiene y seguridad estructural [86].

V-H5. *ARCSA- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria*: Entidad encargada de supervisar el cumplimiento de estándares de bioseguridad, inocuidad y control sanitario en los servicios de salud del país. Su intervención en quirófanos de tercer nivel se centra en garantizar que los procesos quirúrgicos se realicen en ambientes controlados, con estrictos protocolos de esterilización, desinfección y manejo de dispositivos médicos.

ARCSA verifica que los equipos utilizados como torres de endoscopia, sistemas de electrocirugía, esterilizadores y monitores estén registrados, calibrados y sometidos a mantenimiento regulado. Además, evalúa la correcta gestión de residuos biopeligrosos, la trazabilidad de insumos esterilizados y el cumplimiento del flujo limpio-contaminado dentro de áreas críticas. Su función es minimizar los riesgos sanitarios, prevenir infecciones asociadas a la atención en salud y asegurar que la atención quirúrgica opere bajo estándares de calidad y seguridad aceptados internacionalmente [87].

V-I. *Normativas Internacionales*

V-II. *Normativas de diseño hospitalario:*

Facility Guidelines Institute (FGI)(2022 Edition): Este conjunto de guías brinda criterios arquitectónicos, funcionales y de infraestructura para hospitales de complejidad, incluyendo áreas quirúrgicas. Dentro del capítulo de «Operating Rooms» se indican [88]:

- **Dimensiones mínimas, flujos y clasificación de áreas:** especifica requerimientos sobre dimensiones mínimas, flujos de personal, accesos, acabados, tipos de áreas (restringida y semirrestringida) y la adecuada separación de funciones.
- **Superficie mínima de quirófanos:** se establece que cada quirófano debe contar con una superficie mínima de 400 ft² (aprox. 37,2 m²) para un quirófano estándar, con mayores dimensiones en caso de modalidades híbridas o equipamiento voluminoso.

Para un quirófano de gastroenterología, estas guías te permiten sustentar qué superficie mínima considerar, cómo disponer flujos de personal, equipos de endoscopia/gastro, anestesia y circulación de instrumentos.

ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170: Ventilation of Health Care Facilities: Esta norma aborda los requisitos mínimos de ventilación, filtración, presión diferencial, recambios de aire, temperatura y humedad para espacios sanitarios incluyendo quirófanos. Para un quirófano se exige presión positiva relativa al corredor adyacente, un mínimo de caudales de aire (ventilaciones por hora) y filtros con determinada eficiencia (MERV-14 o superior) para soporte de ambientes estériles [89].

V-I2. *Normativas de sistemas hospitalarios críticos:*

NFPA 99: Health Care Facilities Code: Este conjunto de normas regula muchos aspectos de instalaciones sanitarias: sistemas eléctricos, protección contra incendios, clasificación de riesgo eléctrico, sistemas de emergencia, gases medicinales, alarmas, continuidad del servicio, etc. Aunque no siempre se usa directamente, es una referencia internacional para normas de calidad hospitalaria [90]. En quirófanos de gastroenterología, NFPA 99 permite respaldar los circuitos críticos, los generadores eléctricos de emergencia, la redundancia del sistema de gases, y los sistemas de alarmas de falla de gas. Puedes incorporarla como estándar comparativo internacional.

ISO 7396 1:2016 Medical gas pipeline systems: Esta norma internacional define los requisitos para el diseño, instalación, funcionamiento, pruebas, puesta en servicio y documentación de los sistemas de tuberías de gases medicinales y vacío en instalaciones sanitarias: oxígeno, trifásico de aire médico, óxido nitroso, dióxido de carbono, etc [91].

V-13. Normativas de equipamiento biomédico:

IEC (familia IEC 60601): La International Electrotechnical Commission (IEC) establece lineamientos orientados a garantizar la seguridad eléctrica y el desempeño funcional de los equipos médicos utilizados en ambientes hospitalarios. En particular, la familia de normas IEC 60601 constituye un referente técnico ampliamente reconocido a nivel internacional para la evaluación de riesgos asociados al uso de dispositivos médicos eléctricos, incluyendo aquellos empleados en áreas quirúrgicas [92].

V-14. Normativas de infraestructura tecnológica hospitalaria:

ANSI/TIA-1179: La Telecommunications Industry Association (TIA) es una organización internacional responsable de establecer lineamientos técnicos que garantizan la interoperabilidad, seguridad y desempeño de las infraestructuras de telecomunicaciones [93]. Sus estándares abarcan desde el diseño del cableado estructurado y la gestión de canalizaciones, hasta la definición de puertos de red, capacidad de transmisión, requisitos de conectividad y criterios de continuidad operativa.

Estas normativas proporcionan una base uniforme para planificar, instalar y mantener redes de comunicaciones de alta confiabilidad, especialmente en entornos críticos como las instituciones de salud, los estándares TIA son esenciales porque aseguran que los sistemas médicos, plataformas de registro clínico, equipos de diagnóstico, sistemas de imagen y dispositivos de soporte vital cuenten con infraestructura estable, redundante y libre de interferencias.

La norma establece diferentes densidades de salidas de telecomunicaciones según el tipo de área clínica, clasificando los espacios en categorías como atención básica, intermedia, cuidados críticos y atención especializada. En función de estas categorías, determina la cantidad mínima de puntos requeridos para garantizar la operación segura y continua del equipamiento médico [94], por ejemplo:

- **Habitaciones de pacientes:** deben disponer, como mínimo, de dos salidas de telecomunicaciones para asegurar la conectividad esencial requerida en hospitalización.
- **Quirófanos y salas de diagnóstico por imágenes:** suelen necesitar cuatro o más puntos de conexión debido al alto número de dispositivos médicos y sistemas electrónicos que funcionan de manera simultánea.
- **Estaciones de enfermería y laboratorios:** pueden requerir una densidad aún mayor, ya que concentran múltiples equipos y sistemas informáticos que demandan conectividad constante.

ANSI/TIA-568 (cableado estructurado): Establece los requisitos técnicos para el diseño e instalación del cableado estructurado en infraestructuras de telecomunicaciones, definiendo parámetros como categorías de cables, topologías, distancias máximas, desempeño eléctrico y criterios de pruebas [95]. Su objetivo es garantizar una red estable, escalable y capaz de soportar tecnologías actuales y futuras.

En quirófanos de gastroenterología, donde se requiere transmisión continua de datos, imágenes endoscópicas y comunicación con sistemas PACS, RIS o HIS, la aplicación rigurosa de ANSI/TIA-568 permite minimizar la interferencia, reducir tiempos de latencia y asegurar un rendimiento óptimo en procedimientos de alta complejidad [96]. Dichos elementos se sintetizan en la tabla 6 donde se describen los principales aspectos técnicos regulados por esta, facilitando su interpretación y aplicación dentro de áreas críticas como los quirófanos.

Tabla 6
RESUMEN TÉCNICO DE LA NORMA ANSI/TIA-568

Aspecto regulado	Descripción técnica
Tipos de cableado	Establece especificaciones para cableado de par trenzado no blindado (UTP), par trenzado blindado (STP/ScTP) y fibra óptica multimodo y monomodo. Define características eléctricas, impedancia, pares, retardos, diafonía y parámetros de desempeño.
Conectividad	Define los estándares de conectores RJ-45 (8P8C) para cobre y las interfaces normalizadas para fibra óptica (LC, SC). Regula la asignación de pines (TIA-568A y TIA-568B), tolerancias y requisitos mecánicos.
Categorías de rendimiento	Establece los niveles mínimos de desempeño para varias categorías de cable: Cat 5e, Cat 6, Cat 6A y Cat 8 (las categorías superiores como "Cat 7" no son TIA, sino ISO/IEC). Define ancho de banda, pérdida de retorno, NEXT, FEXT, ACR y capacidad de transmisión.
Fibra óptica	Incluye parámetros de transmisión óptica, tolerancias de conectores, distancias máximas y clases de desempeño OM1–OM5 para multimodo y OS1–OS2 para monomodo.
Requisitos de transmisión	Especifica límites para capacidad de datos, interferencia, diafonía, pérdida por inserción, retardo de propagación y pruebas básicas de certificación (longitud, continuidad, pérdida y polaridad).
Topologías permitidas	Regula la arquitectura en estrella jerárquica, distancias máximas (90 m de cable horizontal + 10 m de patch cords) y localización de cuartos de telecomunicaciones.
Compatibilidad con aplicaciones	Garantiza que el cableado soporte aplicaciones Ethernet estandarizadas (10/100/1000 Mbps, 2.5G, 5G, 10G, 40G según categoría y fibra).

ANSI/TIA-569 (canalizaciones): Regula el diseño físico de las canalizaciones, ductos, bandejas, espacios técnicos y rutas donde se aloja el cableado estructurado [97]. Establece dimensiones mínimas, materiales permitidos, accesibilidad, separación respecto a fuentes de interferencia electromagnética y condiciones para garantizar la protección y mantenimiento del cableado.

En un quirófano, la correcta aplicación del ANSI/TIA-569 permite organizar las trayectorias del cableado médico, evitar cruces con líneas de gases medicinales, asegurar la protección contra humedad o agentes contaminantes, y permitir intervenciones técnicas sin afectar la operación clínica del área.

ANSI/TIA-606 (administración y rotulación de red): El estándar ANSI/TIA-606 define las prácticas para la administración, identificación y documentación del conjunto de componentes que integran la infraestructura de telecomunicaciones [98]. Esto incluye la rotulación de cables, paneles, puertos, racks, canalizaciones y puntos de transición; además de la creación de planos, inventarios y registros actualizados de la red. Su finalidad es facilitar el mantenimiento, la trazabilidad y la rápida resolución de fallos. En instalaciones hospitalarias, esta norma es crítica debido a la gran cantidad de dispositivos e interfaces que deben mantenerse operativos sin interrupciones.

V-J. Modelado de Información de Construcción

V-J1. Historia de BIM: Los orígenes del Building Information Modeling (BIM) se remontan a la década de 1970, periodo en los que surgieron los primeros sistemas computacionales capaces de integrar información gráfica tridimensional con bases de datos. Entre los desarrollos más influyentes de esta época fue el sistema RUCAPS, desarrollado en el Reino Unido, el cual permitió modelar edificaciones y registrar información técnica de cada componente [99].

Durante los años 80, el término building model comenzó a utilizarse para describir modelos virtuales que combinaban geometría con información no gráfica. En 1987, la empresa húngara Graphisoft lanzó ArchiCAD, considerado el primer software comercial que permitía la creación de modelos arquitectónicos tridimensionales con información integrada. En 1992, los investigadores van Nederveen y Tolman emplearon por primera vez el término

Building Information Model, formalizando la idea de un modelo de datos centralizado a lo largo del ciclo de vida de la edificación [100].

A inicios de los años 2000, la adopción de BIM se aceleró con la introducción de nuevos estándares y la expansión del software especializado. Autodesk publicó en 2002 su White Paper on Building Information Modeling, consolidando el uso del término en la industria de la construcción. Desde entonces, el BIM evolucionó de una herramienta de modelado tridimensional hacia una metodología integral que abarca el diseño, planificación, la ejecución y el mantenimiento de infraestructuras [101].

En el 2010, diversos gobiernos y entidades internacionales comenzaron a implementar políticas para exigir el uso del BIM en proyectos públicos. Su aplicación permitió impulsar la coordinación interdisciplinaria, reducir errores, optimizar recursos y garantizar trazabilidad durante el ciclo de vida del edificio. En este marco, el BIM dejó de ser únicamente una herramienta de diseño para convertirse en una metodología de gestión colaborativa que transforma las etapas de arquitectura, ingeniería y construcción [102].

En la actualidad, el BIM se consolida como una plataforma fundamental para el proceso de digitalización del sector constructivo, integrando nuevas tecnologías como el análisis energético, simulaciones 4D y 5D, inteligencia artificial y realidad aumentada. Su evolución demuestra la relevancia de un enfoque colaborativo y de gestión de datos en intervenciones complejas, como los hospitales de tercer nivel, donde la precisión y la interoperabilidad son esenciales [103].

V-J2. Funcionamiento de BIM: El Building Information Modeling (BIM) es una metodología que se sustenta en la creación, gestión y uso de modelos digitales tridimensionales que reúnen información geométrica y alfanumérica del proyecto. Su funcionamiento se centra en la colaboración interdisciplinaria, donde arquitectos, ingenieros y constructores trabajan de forma coordinada sobre un mismo modelo digital para optimizar el diseño, la construcción y la operación de las edificaciones [104].

En un modelo BIM, la información creada es compartida mediante un ambiente virtual conocido como Entorno Común de Datos (CDE, Common Data Environment). Este entorno funciona como una base central que almacena, organiza y controla toda la información generada en el proyecto, garantizando la trazabilidad, la seguridad de los datos y la comunicación entre los diferentes equipos de trabajo [105]. Los datos recopilados conforman el modelo de información que acompaña al activo a lo largo de todas sus etapas, desde su diseño inicial hasta su mantenimiento y operación [106].

El uso de esta metodología requiere una estructura clara de la información y una jerarquía definida para su almacenamiento en la nube [106]. Esto se logra mediante el CDE, que actúa como un contenedor único de información, facilitando la coordinación y el alcance seguro a los datos del proyecto. Al trabajar en un entorno BIM, contar con un CDE asegura un flujo de trabajo ágil, ordenado y colaborativo, la cual todos los participantes pueden acceder a la información actualizada en tiempo real sin duplicaciones ni conflictos [107].

Entre las principales ventajas del uso de un entorno colaborativo dentro de BIM se destacan:

- Los datos se registran una sola vez dentro del sistema, lo que elimina redundancias y discrepancias entre versiones.
- Todos los profesionales involucrados pueden consultar y utilizar la información disponible de forma simultánea, optimizando la comunicación interdisciplinaria.
- El modelo solo se actualiza con información validada, garantizando la exactitud y trazabilidad de los datos.
- La base de información se amplía y refina a lo largo de cada fase del proyecto, manteniendo la coherencia durante todo su ciclo de vida.

V-J3. Niveles de Madurez de BIM: Estos niveles representan el grado de evolución y sofisticación con el que una organización o proyecto adopta metodologías digitales para la gestión de la información constructiva. Esta clasificación permite comprender como progresan los equipos desde el uso básico de herramientas digitales hasta la colaboración integral basada en modelos compartidos y datos centralizados. A continuación, la tabla 7, presenta una síntesis de los distintos niveles de madurez y sus características principales de BIM:

Tabla 7
NIVELES DE MADUREZ DE BIM.[AUTOR PROPIO]

Nivel	Descripción
Nivel 0 (Pre-BIM)	En esta fase no se adopta un modelo BIM real; se basa en dibujos tradicionales (2D CAD) y documentación sin entorno colaborativo. La colaboración entre actores es mínima.
Nivel 1 (Básico)	Se inicia el uso de modelos 3D para visualización complementando los planos 2D. Se emplea un Entorno Común de Datos (CDE) para gestionar documentos, aunque la coordinación interdisciplinaria sigue siendo limitada.
Nivel 2 (Colaborativo)	Las disciplinas trabajan con modelos 3D que luego se federan en un entorno común. Existe intercambio estructurado de información, uso de estándares y formatos interoperables. Aumenta la colaboración, pero cada actor mantiene su propio modelo.
Nivel 3 (Integrado)	Todos los actores trabajan sobre un único modelo compartido o repositorio centralizado, con datos actualizados en tiempo real y alta interoperabilidad. Se integra la gestión del activo y del ciclo de vida completo. Algunos marcos amplían este nivel para incluir optimización continua, gemelo digital, IoT y operación en tiempo real.

V-J4. *Niveles de Desarrollo (LOD)*: Los Niveles de Desarrollo permiten estandarizar el contenido y la precisión de los elementos incluidos en el modelo BIM, definiendo que información debe estar presente en cada etapa del proyecto. A continuación, se presenta la tabla 8 que resume las características fundamentales para asegurar una comunicación técnica clara y consistente.

Tabla 8
NIVELES DE DESARROLLO (LOD).[AUTOR PROPIO]

Nivel LOD	Descripción
LOD 100	Los elementos del modelo se representan de forma simbólica o esquemática, sin detalles geométricos exactos. Se incluyen datos generales de forma, tamaño, ubicación y orientación aproximados, útiles para estudios de factibilidad o planificación inicial. Los componentes no contienen información técnica ni constructiva específica, sino que muestran la intención del diseño y el espacio que ocuparán los elementos dentro del proyecto [108].
LOD 200	En este nivel, los elementos se definen con geometría genérica y se incorporan parámetros aproximados de dimensiones, materiales y ubicación. Aunque no representan con exactitud los componentes reales, proporcionan una base para estimaciones preliminares de costos y coordinación básica entre disciplinas. El modelo LOD 200 suele emplearse para el diseño arquitectónico y análisis volumétrico del proyecto [109].
LOD 300	Aquí, los elementos cuentan con geometría precisa, incluyendo tamaño, forma, posición y orientación exactas. Los datos permiten la generación de planos de construcción y la coordinación integral entre sistemas estructurales, mecánicos, eléctricos y sanitarios. El modelo en este nivel puede usarse como base contractual y para análisis de interferencias en obra [110].
LOD 350	En este nivel, los elementos incluyen interfaces, conexiones y ensamblajes entre distintos sistemas constructivos. Se detallan las interacciones entre componentes, permitiendo una coordinación más realista del proceso constructivo. El LOD 350 facilita la planificación de obra, el control de interferencias y la verificación previa de montaje [111].
LOD 400	Los componentes modelados se representan con exactitud constructiva y de fabricación. Contienen especificaciones técnicas completas, tolerancias, materiales reales y métodos de ensamblaje. Este nivel se utiliza para la prefabricación, montaje en taller y ejecución en obra, asegurando información confiable para producción.
LOD 500	Representa el estado final del proyecto tal como fue construido. Todos los elementos coinciden con la instalación real y contienen información detallada para mantenimiento, operación y gestión de activos hospitalarios.

V-J5. *Herramienta BIM: Autodesk Revit*: Revit es un software de modelado paramétrico orientado a la metodología BIM, lo que facilita crear, gestionar y documentar modelos digitales tridimensionales de proyectos con un alto nivel de precisión. La plataforma integra elementos estructurales, arquitectónicos y sistemas de instalaciones en un entorno unificado, lo que facilita la generación automática de planos, cuantificaciones y documentación técnica. Además, Revit se emplea ampliamente para tareas de diseño, coordinación interdisciplinaria, detección de interferencias y planificación del ciclo de vida del proyecto, gracias a su capacidad para centralizar información y mantener la consistencia entre todas las vistas del modelo [112].

La integración directa de Revit con la metodología BIM posibilita flujos colaborativos entre disciplinas, interoperabilidad mediante formatos estándares como IFC y coordinación basada en modelos compartidos. En este sentido, Revit actúa como una herramienta fundamental dentro del ecosistema BIM, ya que soporta procesos como el diseño colaborativo, la simulación del desempeño del edificio y la gestión del periodo de vida útil del activo, alineándose con los principios de precisión, trazabilidad y comunicación centralizada propios del BIM [113].

Las características esenciales del software Revit, descritas a continuación, se sustentan en la información publicada por Autodesk [114]:

- **Modelado paramétrico**: Utiliza un sistema de parámetros y relaciones entre elementos que garantiza la coherencia automática entre vistas, planos y documentación técnica.
- **Coordinación multidisciplinaria**: Permite integrar arquitectura, estructuras y MEP en un único modelo centralizado, facilitando el trabajo colaborativo.

- **Interoperabilidad:** Compatible con formatos como IFC, 3DM, SKP, OBJ Y STEP, lo que permite el intercambio de datos entre plataformas BIM.
- **Documentación automática:** Las hojas, cotas, tablas de planificación y detalles constructivos se actualizan en tiempo real conforme cambia el modelo.
- **Detección de interferencias:** Revit permite identificar conflictos entre sistemas antes de la etapa de obra.
- **Nube y colaboración:** Soporta trabajo simultáneo con modelos compartidos en la nube.
- **Renderizado integrado:** Compatible con motores como Escape, Twinmotion y V-Ray.

La tabla 9, detalla las especificaciones mínimas y recomendadas para ejecutar Autodesk Revit. Estas consideraciones abarcan el sistema operativo, procesador, memoria RAM, tarjeta gráfica y almacenamiento, factores que influyen directamente en el rendimiento del software, especialmente en procesos de modelado complejo, coordinación y renderizado.

Tabla 9
REQUISITOS DEL SISTEMA PARA AUTODESK REVIT [115].

Componente	Requerimiento mínimo	Requerimiento recomendado
Sistema operativo	Windows 10 o 11 (64 bits)	Windows 11 (64 bits)
Procesador	CPU de 64 bits con 2 núcleos (2.5 GHz)	Procesador multinúcleo de 3.0+ GHz (Intel i7/i9, AMD Ryzen 7/9)
Memoria RAM	16 GB	32 GB o más
Tarjeta gráfica	GPU compatible con DirectX 11, 4 GB VRAM	GPU compatible con DirectX 12, 8 GB VRAM (NVIDIA RTX recomendada)
Almacenamiento	10 GB libres para instalación	SSD de alto rendimiento (NVMe)
Resolución de pantalla	1280 × 1024	1920 × 1080 o superior
Periféricos	Ratón de dos botones con rueda	Ratón 3D o dispositivos avanzados de navegación 3D

V-J6. *Aplicación de BIM en el Diseño Hospitalario:* BIM es una técnica digital que ofrece la posibilidad de incluir las representaciones tridimensionales paramétricas e inteligentes con las que se modelan infraestructuras, pudiendo integrar toda la información arquitectónica, estructural, de ingeniería y operativa de una edificación en un único modelo de la misma [116]. En entornos hospitalarios, esta técnica sirve para planificar y coordinar proyecto con requisitos complejos donde se establece una interacción entre especialidades que ayuda a erradicar los errores que pueden producirse durante la fase de diseño y de la ejecución de los proyectos [117].

El BIM empieza a aplicarse al estudio de los restos de las obras de demolición y de rehabilitación para conseguir prácticas sostenibles con los residuos de construcción; al análisis de la ventilación y del control de los contaminantes en las áreas definidas como críticas [118]; a la planificación de la estrategia del equipamiento médico como manera de mejorar el flujo de trabajo; a la simulación de situaciones de emergencias, incluidos planes de evacuación seguros o a la construcción acelerada de centros médicos temporales; en este sentido, el BIM se convierte en una de las herramientas que hay que tener en cuenta para diseñar o rediseñar espacios hospitalarios donde la precisión, la interoperabilidad y la eficiencia son aspectos importantes para asegurar la funcionalidad y la seguridad de las áreas de atención especializada.

V-J7. *Importancia del Rediseño:* El rediseño de los espacios hospitalarios es un requerimiento cada vez más relevante en el ámbito de la arquitectura sanitaria moderna, debido a que los hospitales deben adaptarse constantemente a los avances tecnológicos, al incremento de la demanda asistencial y a los nuevos modelos de atención centrados en el paciente. Los entornos físicos desactualizados pueden provocar ineficiencias operativas, dificultades en los flujos de trabajo y menor calidad en la atención médica. Un rediseño bien planificado permite optimizar la distribución de áreas, reducir los tiempos de traslado de pacientes y favorece la interacción entre personal, equipamiento y entorno físico [119].

En terminos de seguridad del paciente, diversos estudios han demostrado que el entorno físico hospitalario influye directamente en los resultados clínicos. La incorporación de habitaciones individuales, materiales antimicrobianos, iluminación natural y distribución ergonómica del mobiliario puede reducir las infecciones nosocomiales, las caídas y los errores en la administración de medicamentos. Asimismo, la integración de principios de diseño basados en la evidencia contribuye a crear entornos más seguros y funcionales tanto para los pacientes como para el personal médico [120].

El rediseño también impacta en el bienestar emocional y la recuperación del paciente. Espacios hospitalarios con buena iluminación, colores suaves, áreas verdes y control del ruido han demostrado favorecer la reducción del estrés y acelerar la recuperación postoperatoria. Un estudio realizado tras la modernización de un hospital mostró mejoras en la satisfacción de los pacientes respecto a la comodidad y ambiente físico, confirmando la relación entre el entorno arquitectónico y la percepción de calidad del servicio [121].

Por otra parte, los espacios diseñados o rediseñados adecuadamente mejoran las condiciones laborales del personal de salud. La correcta disposición de las estaciones de trabajo, áreas de descanso y flujos de circulación reduce la fatiga y los desplazamientos innecesarios, promoviendo la eficiencia y la productividad. Estos factores no solo incrementan la seguridad asistencial, sino que fortalecen la cultura organizacional y la retención del personal en instituciones de alta demanda [121].

VI. MARCO METODOLÓGICO

El presente marco metodológico describe el proceso desarrollado para el rediseño arquitectónico y modelado BIM de un quirófano de gastroenterología de un hospital de tercer nivel, a partir de la descripción física del espacio existente y la aplicación de criterios normativos actuales. La metodología se fundamenta en la observación técnica del entorno, la medición directa del área y el análisis de normativa nacional e internacional, sin considerar procesos operativos previos debido a la antigüedad del espacio.

El rediseño se desarrolla mediante la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM), empleando Autodesk Revit como herramienta principal, permitiendo integrar el diseño arquitectónico, los sistemas técnicos y los requerimientos clínicos en un modelo digital. Este enfoque metodológico tiene como objetivo optimizar la funcionalidad del quirófano, garantizar el cumplimiento normativo y generar una propuesta técnica actualizada, acorde a los estándares hospitalarios vigentes.

VI-A. Tipo y enfoque de investigación

El presente estudio se clasifica a una investigación de tipo aplicada, dado que busca resolver una necesidad real relacionada con el diseño, optimización y estandarización del flujo de trabajo dentro del quirófano de gastroenterología, considerando lineamientos internacionales y requisitos normativos. El enfoque de la investigación es cualitativo-descriptivo, se centra en analizar, interpretar y documentar los procesos asistenciales, la distribución funcional de las áreas críticas y los flujos operativos del personal, pacientes y equipamiento, con el fin de comprender integralmente el funcionamiento del entorno clínico y proponer mejoras orientadas a la seguridad y eficiencia.

VI-B. Levantamiento físico y espacial del área de gastroenterología

El levantamiento de información del área de gastroenterología se realizó mediante medición directa del sitio y observación técnica del espacio, con la finalidad de describir las condiciones físicas y espaciales existentes. Debido a la inexistencia de planos arquitectónicos y a la antigüedad de la edificación, se procedió a registrar manualmente las dimensiones generales y la configuración de las áreas. La figura 14 presenta dicha lámina, en la que se sintetiza la información dimensional obtenida a partir de la observación, mediciones directas y del registro fotográfico.

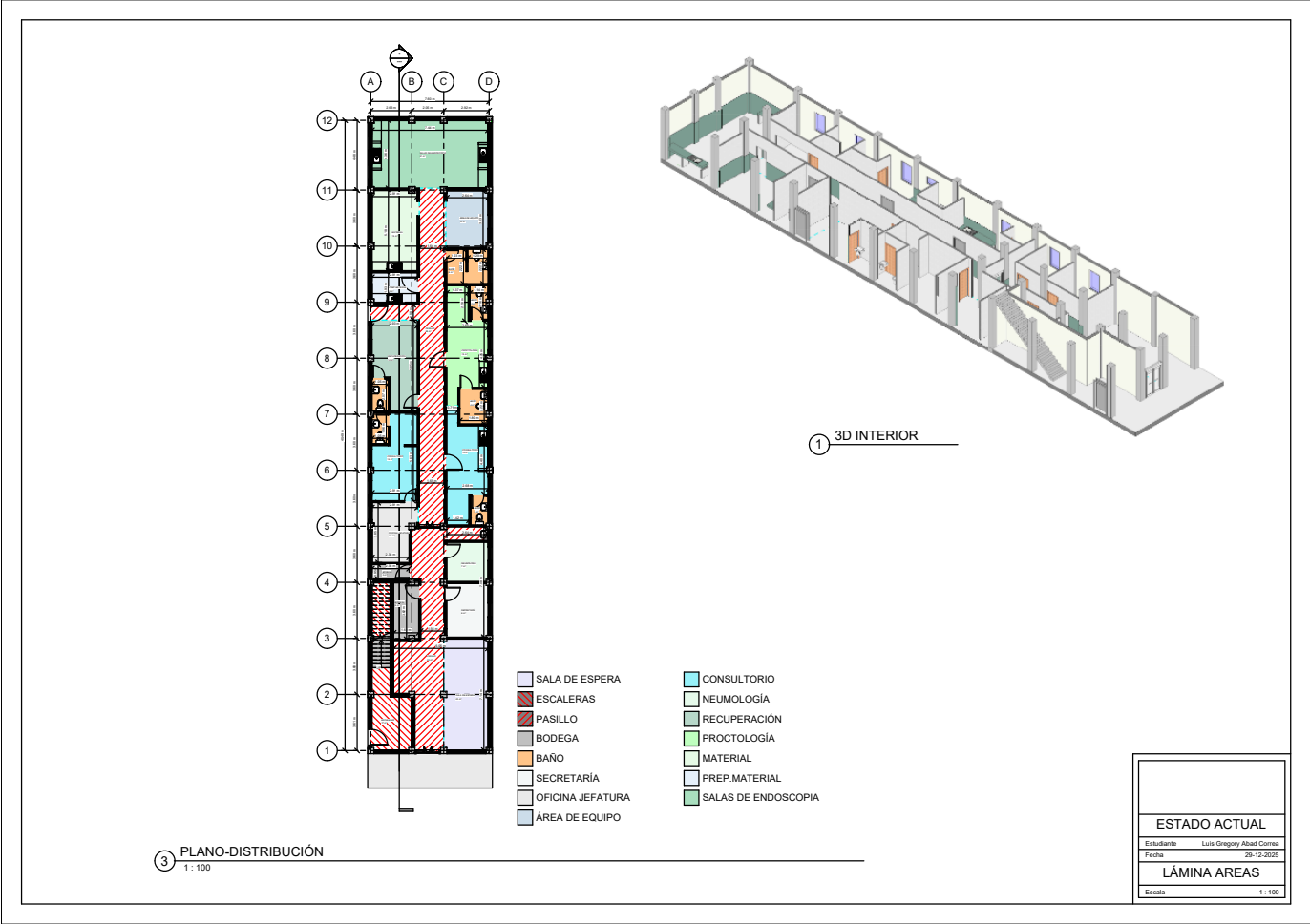


Figura 14. Diseño propio bajo levantamiento Arquitectónico de Infomación

Durante las mediciones realizadas se identificaron características generales del espacio, tales como una altura libre aproximada de 2.85 m hasta el cielo raso, así como la presencia de pisos revestidos con baldosas cerámicas de uso continuo desde el acceso hacia las distintas áreas del conjunto. De manera general, el área presentaba una configuración espacial compacta, con un ancho aproximado de 7.60 m y de largo 40.49 m lo cual, genera un área de 307.72 m², organizada a partir de un único pasillo principal de circulación de aproximadamente 1.56 m de ancho, desde el cual se distribuían lateralmente los diferentes ambientes que conformaban el conjunto de gastroenterología, es decir, los espacios administrativos y de apoyo, al fondo del recorrido se localizaban las salas de endoscopia.

El área no presentaba mobiliario ni equipamiento instalado, evidenciándose como un espacio despejado. Las condiciones generales observadas corresponden a una edificación de antigüedad considerable, con iluminación y ventilación limitada.

VI-B1. Descripción de áreas y espacios existentes:

Sala de espera: Área de ingreso al conjunto del área de gastroenterología, destinada a la permanencia temporal de pacientes y acompañantes. Este espacio cuenta con una superficie aproximada de 20 m² y se encuentra vinculada directamente al pasillo principal de circulación.

El acceso al área se realiza mediante puertas batientes de doble hoja, de dimensiones amplias, lo que permite una apertura hacia el interior del espacio. Presenta un piso revestido con baldosas cerámicas, paredes con acabados lisos y un cielo raso a una altura aproximada de 2.85 m.

Las áreas existentes se describen a continuación considerando su disposición espacial a ambos lados del pasillo principal, lo que permite una lectura ordenada del conjunto arquitectónico. A continuación las áreas mencionadas se encuentran del lado izquierdo:

Recepción informática: Se identifica como un espacio de apoyo administrativo, ubicado lateralmente al pasillo principal de circulación. El área presenta una superficie aproximada de 6 m², con acceso directo desde el pasillo. Detrás del área se identificó la presencia de una escalera fija. Esta escalera parece corresponder a una previsión arquitectónica para una futura ampliación vertical del edificio.

Lateralmente se encuentra el área de archivo, un espacio de apoyo destinado al almacenamiento de documentación, ubicado de forma contigua a las áreas administrativas y con acceso desde el pasillo principal. Este ambiente presenta una superficie aproximada de 2 m², correspondiendo a una área de dimensiones reducidas.

Jefatura de Gastroenterología: La superficie cuenta con un aproximado de 10 m², presenta acabados en los que una de sus paredes laterales, se encuentra completamente revestida azulejos, mientras que las demás superficies mantenían acabados convencionales. Conserva una ventana que permite iluminación natural, así como un sistema de aire acondicionado instalado. En cuanto a instalaciones, se identifica la presencia de tomacorrientes de grado hospitalario, además de tomacorrientes convencionales, y un punto de red para conectividad informática.

Dentro del área se observó mobiliario básico de oficina, compuesto por un escritorio, muebles suspendidos destinados al almacenamiento y un pizarrón mural utilizado para anotaciones. El acceso desde el pasillo principal se realiza mediante una puerta de apertura convencional.

Anexa al área de Jefatura de Gastroenterología se encuentra un espacio identificado como área de procesamiento de información, el cual está separado mediante una pared interior y conectado a la jefatura por medio de una puerta de acceso convencional.

Este ambiente disponía de ventanas altas que permitían el ingreso de iluminación natural, así como de equipamiento fijo, entre el cual se identificó un negatoscopio instalado en pared. En relación con las instalaciones eléctricas y de datos, el área contaba con cuatro tomacorrientes, de los cuales dos correspondían a tomacorrientes de grado hospitalario, además de tres puntos de red para conectividad.

Sala de recuperación del paciente: La sala de recuperación del paciente corresponde a un ambiente con una superficie aproximada de 17.14 m², conectado directamente con el pasillo principal mediante una puerta de acceso de ancho considerable; se identifica una ventana de dimensiones amplias, la cual permite la visualización del interior del espacio desde el pasillo, favoreciendo el control visual del área.

En la pared opuesta se localiza una puerta posterior de menores dimensiones, junto con una ventana alta de tamaño reducido. En esta zona se identifican tomas de gases medicinales correspondientes a oxígeno y vacío clínico. Adicionalmente, en otro tramo de la pared se registró una toma adicional de vacío, así como soportes fijados a la pared destinados a la ubicación de monitores. El espacio cuenta con capacidad física para la disposición de dos camillas, incorporando en el mismo ambiente un baño de dimensiones reducidas (2.17 m²). Asimismo, se observan ventanas de menor tamaño destinadas al ingreso de iluminación natural, con respecto a los tomacorrientes existen dos convencionales ubicados en zonas bajas de la pared.

En cuanto a la iluminación, el ambiente dispone de dos luminarias tipo flat panel empotradas en el cielo raso. Adicionalmente, el espacio cuenta con un sistema de climatización mediante aire acondicionado, localizado próximo a una de las ventanas.

De manera complementaria, existe un segundo ambiente destinado a recuperación, con una superficie aproximada de 16.38 m². Este espacio incorpora un baño y de forma contigua, un vestidor de dimensiones reducidas. El acceso a esta sala se realiza mediante dos puertas: una puerta principal que conecta directamente con el pasillo principal y una puerta lateral de tipo convencional que comunica con el área de jefatura de gastroenterología, evidenciando una relación funcional directa entre ambos espacios.

Lavado y esterilización de instrumentos: El área destinada al lavado y esterilización de instrumentos presenta una superficie aproximada de 5.61 m². El espacio se configura como un ambiente compacto, en el cual se identifica un lavadero dispuesto a lo largo del ancho del cuarto, integrado en un mesón fijo y ubicado de manera central.

En la parte superior del mesón se observan repisas tipo vitrina, destinadas al almacenamiento, mientras que en la zona alta de los de la pared frente a la puerta convencional del pasillo se disponen ventanas de dimensiones reducidas, las cuales facilitan el acceso de iluminación natural y ventilación parcial.

Sala de colonoscopia: Corresponde a un ambiente con una superficie aproximada de 15 m². El espacio cuenta con una ventana ubicada en la parte superior de la pared opuesta a la que conecta con el pasillo principal así como un sistema de climatización mediante aire acondicionado.

En cuanto a los acabados, las paredes de la sala se encuentran revestidas con azulejos cerámicos hasta una altura aproximada de la mitad de las paredes, característica acorde a espacios de atención clínica. Próximo a la zona de la ventana se identifica una toma de oxígeno, acompañada de dos tomacorrientes eléctricos.

El acceso a la sala se realiza mediante una puerta doble tipo vaivén, conectada directamente con el pasillo principal. En el muro contiguo a este acceso se registran tomacorrientes de grado hospitalario, un tomacorriente convencional, un punto de red de datos y una toma de vacío clínico. Adicionalmente, el ambiente dispone de un lavadero, integrado a lo ancho del espacio, cuya ubicación sugiere su uso para actividades de apoyo dentro del área.

Las siguientes áreas a describir se encuentran del lado derecho del pasillo principal:

Secretaria: El área de secretaría corresponde a un sitio de apoyo administrativo con una superficie aproximada de 9.31 m², con acceso mediante una puerta convencional al pasillo principal; este ambiente se encuentra destinado a actividades administrativas básicas, por lo que se identifican instalaciones compatibles con este tipo de uso tales como: tomacorrientes eléctricos y puntos de red de datos, necesarios para el funcionamiento de equipos informáticos y de comunicación.

A pesar de que el área fue diseñada para secretaría, ahí funcionó el área de neumología, ubicado en relación directa con el pasillo principal y con acceso mediante una puerta convencional. De manera referencial, y conforme a la tipología de este tipo de áreas dentro de servicios hospitalarios, los espacios de neumología suelen destinarse a la evaluación básica de la función respiratoria del paciente, incluyendo pruebas como la espirometría, utilizadas comúnmente como parte de la valoración clínica previa a procedimientos médicos.

Proctología: El área identificada corresponde a un conjunto de ambientes destinados a la atención de procedimientos clínicos relacionados con el diagnóstico y evaluación del tracto anorectal, conforme a la denominación funcional del espacio.

Este sector se conforma por dos ambientes contiguos, separados por un baño de dimensiones reducidas, y se encuentra conectado al pasillo principal mediante puertas de acceso de un ancho considerable. Ambos espacios presentan una relación directa entre sí, articulados además por un pasillo interno con un ancho aproximado de 0.98 m.

En cada uno de los ambientes se identificaron lavaderos integrados en mesones fijos, ubicados en la pared frontal opuesta a las puertas de acceso. Próximo a estas superficies se registraron tomas de gases medicinales correspondientes a oxígeno y vacío clínico. Asimismo, los espacios cuentan con sistema de climatización mediante aire acondicionado.

En cuanto la iluminación y ventilación natural, se observan ventanas con rejilla de vidrio ubicadas en las esquinas de los ambientes y en la zona de los baños. La superficie total que ocupa el conjunto del área de proctología es de aproximadamente 39 m².

Vestidores: El área de vestidores presenta una superficie aproximada de 6.17 m². En su configuración interna se identifican los elementos sanitarios básicos, que incluyen un inodoro, un lavamanos y una ducha, integrados dentro de un mismo ambiente.

El espacio corresponde a un recinto funcional de apoyo, destinado al uso del personal, cuya disposición responde a las dimensiones reducidas del área y a su ubicación dentro del conjunto arquitectónico existente.

Área de equipos: El área de equipos corresponde a un espacio con una superficie aproximada de 10.67 m², configurado como un ambiente abierto hacia el pasillo principal y localizado en la zona de circulación próxima a las salas de endoscopia.

El espacio cuenta con un sistema de climatización mediante aire acondicionado y una ventana ubicada en la parte superior del muro, que permite el ingreso de iluminación natural. En cuanto a las instalaciones, se identifican tres tomacorrientes eléctricos, de los cuales uno corresponde a tomacorriente de grado hospitalario, así como tomas de gases medicinales que incluyen oxígeno y vacío clínico. La disposición abierta del área sugiere su utilización como espacio de apoyo para el almacenamiento o ubicación temporal de equipamiento.

Salas de endoscopios: Las salas de endoscopia se localizan al fondo del conjunto quirúrgico y conforman un área con una superficie total aproximada de 32.43 m². Este sector está compuesto por dos salas de endoscopia, separadas entre sí mediante tabiques temporales de material sanitario, comúnmente utilizados en entornos hospitalarios para generar divisiones internas flexibles, facilitar la segregación funcional de espacios y contribuir al control de condiciones de higiene y bioseguridad.

El acceso al área se realiza a través de una puerta doble tipo vaivén de uso hospitalario, con un ancho aproximado de 1.47 m, que conecta directamente con el pasillo principal. En cuanto a la iluminación artificial, el conjunto dispone de cuatro luminarias tipo flat panel empotradas en el cielo raso, dos destinadas a cada sala. Las paredes presentan revestimiento de azulejos cerámicos de pequeñas dimensiones hasta una altura media, mientras que en la zona inferior se identifica un muro en forma de escalón elevado de aproximadamente 12.5 cm por toda el área. Cada sala cuenta con sistema de climatización independiente mediante aire acondicionado. En cuanto a las instalaciones, se identifican seis tomacorrientes eléctricos convencionales y dos tomacorrientes de grado hospitalario uno para cada sala.

Sala 1 de endoscopia – lado izquierdo

La sala de endoscopia ubicada en el lado izquierdo cuenta con ventanas de grandes dimensiones situadas en la parte superior del muro, localizadas sobre uno de los mesones. El espacio dispone de mesones laterales de aproximadamente 2.50 m de longitud, integrados con lavaderos. Sobre los mesones se observan muebles tipo vitrina suspendidos o flotantes, destinados al almacenamiento. Asimismo, se registran tomas de gases medicinales correspondientes a oxígeno y vacío clínico, ubicadas la pared próxima a la puerta principal del área.

Sala 2 de endoscopia – lado derecho

La sala de endoscopia ubicada en el lado derecho presenta una configuración similar en cuanto a dimensiones general. El espacio dispone de mesones laterales de aproximadamente 3 m con lavaderos integrados y mobiliario superior tipo vitrina suspendida para almacenamiento.

Las tomas de gases medicinales de oxígeno y vacío clínico se encuentran ubicadas en la pared frontal opuesto a la puerta de acceso. En esta misma pared se localiza un tablero eléctrico, integrado al espacio y accesible desde el interior de la sala.

En conjunto, el levantamiento físico y espacial permitió obtener una caracterización detallada del estado actual del área de gastroenterología, identificando sus dimensiones, configuración, condiciones constructivas e instalaciones existentes. Esta información representa la base técnica para el análisis posterior de cumplimiento normativo y para el desarrollo del rediseño arquitectónico del quirófano de gastroenterología, orientado a mejorar su funcionalidad, seguridad y adecuación a estándares hospitalarios vigentes.

VI-C. Marco normativo y técnico-operativo aplicado al diseño del quirófano

El establecimiento del marco normativo y técnico-operativo constituye una etapa fundamental para garantizar que el rediseño del quirófano de gastroenterología cumpla con las condiciones de seguridad, funcionalidad y desempeño exigidas para establecimientos de salud de tercer nivel. Para ello, se realizó un análisis de normativas nacionales e internacionales aplicables a los sistemas técnicos hospitalarios, con el fin de definir criterios y requerimientos mínimos que orienten la posterior fase de diseño arquitectónico y modelado BIM.

El análisis se apoya en normativa nacionales vigente, incluyendo disposiciones del Ministerio de Salud Pública (MSP), normas INEN y el Código Eléctrico Ecuatoriano (NEC), complementadas con referencias internacionales como ASHRAE 170, las guías de la Facility Guidelines Institute (FGI), la norma ISO 7396-1 y la NFPA 99. La integración de estos lineamientos permite establecer parámetros técnicos compatibles con estándares hospitalarios internacionales y adaptados al contexto local.

VI-C1. Guías de diseño y lineamientos generales para áreas quirúrgicas: El diseño de áreas quirúrgicas debe responder a lineamientos específicos que garanticen condiciones de seguridad, eficiencia operativa y control de infecciones. Para el presente proyecto se consideraron guías de diseño hospitalario reconocidas a nivel internacional, como las emitidas por la Facility Guidelines Institute (FGI) [122], así como recomendaciones de organismos de salud, las cuales establecen principios generales relacionados con la organización espacial, la separación de

funciones, la selección de materiales y la seguridad del entorno clínico.

VI-C2. Zonificación funcional y control de flujos: La zonificación funcional constituye un aspecto clave en el diseño de quirófanos permitiendo organizar los espacios de acuerdo con niveles de asepsia y control sanitario. Para el proyecto se estableció una diferenciación entre áreas limpias, semilimpias y sucias, así como la definición de flujos separados para pacientes, personal de salud y desechos hospitalarios.

El área quirúrgica se estructura siguiendo un gradiente progresivo de esterilidad, representado a través de una organización en círculos concéntricos, que muestra en la figura 15.

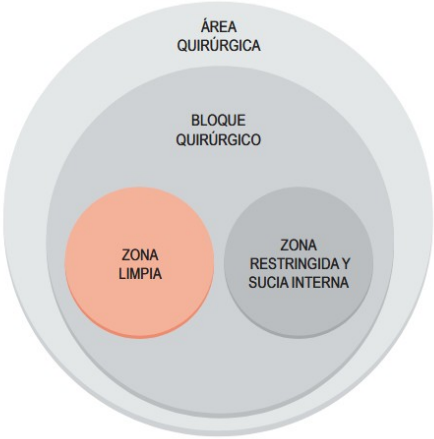


Figura 15. Estructura del bloque quirúrgico [123].

En este sentido, la literatura especializada en gestión de áreas quirúrgicas destaca la importancia de clasificar los espacios en zonas con distintos niveles de acceso y restricciones higiénico–sanitarias, desde áreas de acceso general hasta ambientes estériles donde se realizan los procedimientos clínicos y quirúrgicos [20].

Esta tabla 10 resume una clasificación comúnmente utilizada en la literatura técnica hospitalaria y guías de diseño de salas quirúrgicas:

Tabla 10
ESTRUCTURA FÍSICA DEL BLOQUE QUIRÚRGICO

Zona	Descripción
Zona Negra (No restringida)	Área de transición y acceso general. Incluye vestíbulos, salas de espera, oficinas administrativas y zonas de apoyo no quirúrgico, donde no se requieren condiciones estrictas de asepsia.
Zona Gris (Semi-restringida)	Área de apoyo y preparación quirúrgica, que comprende espacios como almacenamiento de insumos, lavaderos quirúrgicos y pasillos de circulación hacia zonas estériles. Presenta un nivel intermedio de control sanitario.
Zona Blanca (Restringida)	Zona estéril destinada a la realización de procedimientos quirúrgicos, incluyendo salas de operaciones y áreas de preparación inmediata, donde se exige el mayor control ambiental y de asepsia.
Desechos / Apoyo	Áreas destinadas al manejo y circulación de desechos, ropa sucia y servicios auxiliares, diseñadas para garantizar la segregación y el control sanitario de materiales contaminados.

Recomendaciones de control a flujos en el bloque quirúrgico: La organización de la circulación en las áreas quirúrgicas responde a principios de bioseguridad orientados a minimizar el riesgo de infecciones cruzadas. Por lo tanto, la zona limpia cumple un rol fundamental como área de transición controlada, donde se regulan los accesos, la vestimenta del personal y la permanencia dentro del bloque quirúrgico.

Estas disposiciones buscan reducir la contaminación cruzada mediante la limitación de accesos y la regulación del tránsito del personal constituyéndose en medidas complementarias a la zonificación arquitectónica, describiéndose en la tabla 11.

Tabla 11
RECOMENDACIONES PARA LA CIRCULACIÓN EN LA ZONA LIMPIA DEL BLOQUE QUIRÚRGICO

Circulación	Antes de entrar – ¡Recuerde!
Una vez que se abandona el quirófano, únicamente se podrá retornar por la zona limpia, excepto en casos de urgencia o estricta necesidad asistencial, debiendo realizarse previamente el cambio de calzas.	■ Restricción del número de personas. ■ Disminuir al máximo los movimientos. ■ Limitar el acceso únicamente a personal autorizado. ■ Reducir la circulación innecesaria. ■ Mantener las puertas cerradas, excepto cuando sea estrictamente necesario.

La vestimenta del personal constituye una barrera fundamental dentro de las estrategias de control de infecciones en el bloque quirúrgico. Su correcta utilización permite limitar la diseminación de partículas, reducir la carga microbiana y mantener las condiciones de asepsia requeridas en las distintas zonas del quirófano, especialmente en aquellas clasificadas como semi-restringidas y restringidas. En la siguiente figura 16 se observa un esquema de clasificar la vestimenta según en que actividad o circulación que se encuentra el personal.

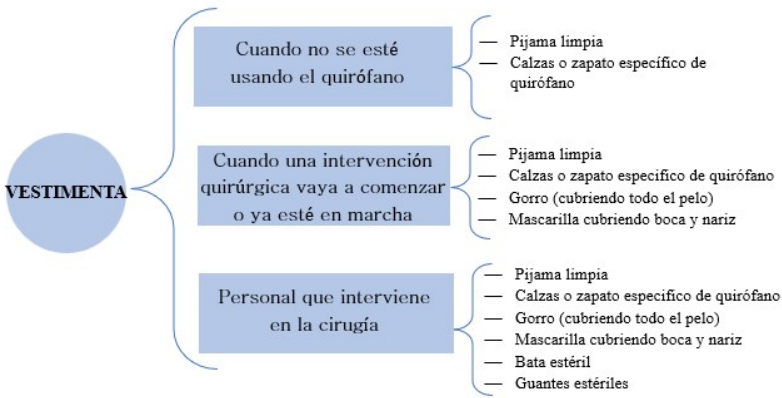


Figura 16. Vestimenta según circulación del personal médico

Control de flujos en el bloque quirúrgico: La correcta segregación de flujos contribuye a reducir riesgos de contaminación cruzada y optimizar los procesos clínicos, siendo un criterio fundamental para la organización espacial del quirófano de gastroenterología y sus áreas de apoyo. El flujo de trabajo del quirófano debe garantizar que no va a existir infecciones cruzadas por lo tanto debe ser unidireccional limpio sucio. Este flujo asegura que pacientes, personal y materiales limpios transiten por rutas separadas de las destinadas a equipos usadas y desechos, avanzando siempre desde ‘áreas limpias hacia zonas sucias sin cruces.

En este contexto, el esquema de doble pasillo se presenta como se observa en la figura 17, como una solución funcional ampliamente recomendada en el diseño de departamentos quirúrgicos, al permitir la separación física de los flujos limpios y sucios. Como se muestra en los esquemas propuestos de Operating Department. HBN 26. NHS Estates. HMSO (1991) [124], este sistema posibilita múltiples configuraciones de circulación, manteniendo rutas diferenciadas para el ingreso de pacientes, personal e insumos estériles, y para la salida de material contaminado, ropa sucia y desechos.

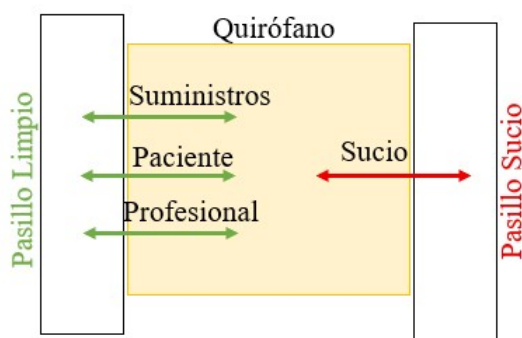


Figura 17. Esquema de doble pasillo

VI-C3. Criterios arquitectónicos y acabados hospitalarios: Los acabados arquitectónicos en áreas quirúrgicas deben cumplir criterios estrictos de higiene, durabilidad y facilidad de mantenimiento. En este sentido, se consideran materiales de superficies continuas, no porosas y resistentes a agentes químicos, que permitan una adecuada limpieza y desinfección.

Las guías de diseño hospitalario establecen la necesidad de evitar elementos que generen acumulación de suciedad, privilegiando soluciones constructivas con encuentros sellados, cielos rasos lisos y pisos antideslizantes [82].

Criterios de selección de materiales para áreas quirúrgicas

Estos criterios permiten asegurar que cada elemento arquitectónico responda de manera adecuada a las exigencias operativas y normativas del entorno hospitalario [82].

Pisos hospitalarios

En las áreas quirúrgicas y de apoyo se consideran pisos hospitalarios con propiedades antideslizantes, antiestáticas y de alta resistencia al tránsito, de acuerdo con lo establecido en el catálogo normativo nacional. Se priorizan materiales de superficie continua, no porosa y resistente a productos químicos, capaces de soportar procesos frecuentes de limpieza y desinfección sin deterioro de sus características físicas; a continuación se muestra la tabla 12 con información de criterios para áreas del conjunto quirúrgico.

Tabla 12
CRITERIOS TÉCNICOS DE PISOS SEGÚN ZONAS DEL BLOQUE QUIRÚRGICO

Zonas o áreas	Especificación técnica	Normas de cumplimiento	Mantenimiento y proyección de vida
Quirófanos	Material: Caucho 100 % virgen conductivo. Piso de caucho homogéneo, flexible y sin recubrimientos superficiales, con propiedades antiestáticas, bacteriostáticas y fungistáticas. Alta resistencia a la abrasión, tránsito de camillas y agentes de limpieza y desinfección. Espesor entre 2 y 3 mm, estructura vulcanizada a alta presión, libre de PVC, plastificantes y halógenos.	- ISO 14001 (gestión ambiental) - EN 13893 (DS) / DIN 51130 (R9) - ASTM E2180 y ASTM G21 - ASTM F710	Evaluación visual anual para identificar desgaste, deformaciones o desprendimientos. En condiciones óptimas, pulido o decapado a los 7 años. Garantía mínima de 12 años y expectativa de vida útil aproximada de 30 años.
Preparación de material (Zona limpia, estéril y sucia)	Material: Vinil de alto tráfico. Piso de PVC homogéneo, flexible y continuo, con junta termosoldada y curva sanitaria. Propiedades antiestáticas, bacteriostáticas y fungistáticas. Alta resistencia a la abrasión y productos de limpieza. Espesor mínimo de 2 mm, instalado sobre superficie preparada conforme a normativa.	- EN 13501-1 - EN 13893 (DS) / DIN 51130 (R9) - EN 649 / EN ISO 10581 - ISO 26987 - ASTM F709	Limpieza mediante fregado en dos etapas con detergente neutro, desengrasante o desinfectante. Garantía mínima del material de 8 años y expectativa de vida útil aproximada de 10 años.
Corredores generales Salas de espera Áreas administrativas	Material: Placa de porcelanato. Piso de porcelanato instalado con adhesivo específico, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Colocación mediante personal calificado y herramientas adecuadas, garantizando alineación correcta y acabado superficial resistente al tránsito.	Norma técnica ecuatoriana INEN 645.	Limpieza diaria con agua y detergentes neutros o desinfectantes compatibles. Garantía mínima de 2 años por defectos de fabricación y expectativa de vida útil aproximada de 25 años.

Cielos rasos

Los cielos rasos en áreas quirúrgicas deben permitir condiciones adecuadas de higiene, control ambiental y mantenimiento. De acuerdo con la normativa nacional, se consideran sistemas de cielo falso con superficies lisas, lavables y resistentes a la humedad, que eviten la acumulación de polvo y permitan una adecuada integración con las instalaciones técnicas.

Adicionalmente, estos sistemas deben garantizar un correcto sellado de juntas y compatibilidad con luminarias, sistemas de climatización y otros elementos MEP (mecánicos, eléctricos y de plomería), manteniendo la continuidad de las superficies y evitando la generación de puntos críticos para la contaminación, en la tabla 13 se muestran criterios para ciertas zonas en específico.

Tabla 13
CRITERIOS TÉCNICOS DE CIELOS RASOS SEGÚN ZONAS DEL BLOQUE QUIRÚRGICO

Zonas o áreas	Especificación técnica	Normas de cumplimiento	Mantenimiento y proyección de vida
Quirófanos	Material: Cielo falso de PVC sistema machihembrado, junta perdida. Cielo falso de PVC tipo machihembrado, color blanco, con juntas ocultas. Material lavable, aséptico y resistente a la humedad, adecuado para ambientes quirúrgicos y control de infecciones.	ISO 179 (ensayo de impacto). Perfilera metálica con resistencia sísmica conforme EN 14195 o equivalente.	Inspección visual semestral para verificar nivelación, fijación y ausencia de humedad. Vida útil según especificaciones del fabricante.
Corredores generales Salas de espera Áreas administrativas	Material: Panelado de fibra mineral. Cielo falso modular de fibra mineral con propiedades acústicas y antibacteriales. Resistente a la humedad y al fuego, con sistema suspendido y juntas reforzadas para movimientos sísmicos. Planchas antibacteriales RH, color blanco, superficie lisa, formato aproximado 0.61 x 0.61 m, espesor entre 12 y 15 mm, con inhibición del crecimiento de hongos y bacterias.	ASTM E580, ASTM C635 y EN 13964 (resistencia sísmica). Perfilera metálica conforme EN 14195 o equivalente.	Revisión técnica semestral para detectar presencia de humedad o desalineación. Renovación parcial o total según el nivel de deterioro y la vida útil del material.

Recubrimientos de paredes

Estos recubrimientos deben presentar adecuada resistencia al impacto, estabilidad frente a la humedad y compatibilidad con procesos de mantenimiento hospitalario, asegurando una vida útil prolongada conforme a las exigencias operativas del servicio en la tabla 14 se describen criterios establecidos según las áreas.

Tabla 14
CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES PARA PAREDES EN ÁREAS QUIRÚRGICAS Y ADMINISTRATIVAS

Zonas o áreas	Especificación técnica	Normas de cumplimiento	Mantenimiento y proyección de vida
Quirófanos	Material: Caucho 100 % virgen en paredes o vinil en rollo para paredes. El material presenta propiedades antiestáticas, fungistáticas y bacteriostáticas, con alta resistencia a la abrasión y a los productos de limpieza y desinfección. El espesor recomendado es de 1.5 a 2 mm, incorporando curvas sanitarias según las indicaciones del fabricante para evitar la acumulación de contaminantes.	Fabricación bajo sistemas de gestión ambiental conforme a la norma ISO 14001. Cumple con criterios de resistencia bacteriológica frente a bacterias, hongos y microorganismos, de acuerdo con las normas ASTM E 2180 y ASTM G 21.	El mantenimiento se realiza de forma preventiva cuando el estado del recubrimiento lo requiera; en condiciones óptimas se recomienda pulido o decapado a los 7 años. En caso de daños estructurales como rajaduras, se aplica mantenimiento correctivo especializado. El sello de poliuretano debe evaluarse y renovarse aproximadamente cada 3 años. Garantía mínima del material de 12 años y vida útil estimada de hasta 30 años.
Corredores generales, salas de espera y áreas administrativas	Material: Pintura antibacterial satinada para interiores. Se emplea pintura antibacterial satinada para interiores, completamente lavable y de alta resistencia. Está diseñada para espacios sometidos a procesos frecuentes de limpieza y asepsia, con resistencia a la humedad, vapor de agua, manchas y formación de hongos. Se aplica sobre superficies lisas, preferentemente con estucado acrílico.	Cumple con criterios de actividad antimicrobiana establecidos en la norma ISO 20743.	Se recomienda una evaluación técnica visual cada 6 meses para verificar el estado de las superficies y la correcta aplicación de los protocolos de limpieza. La renovación incluye resane, corrección de fallas, alisado y repintado. La vida útil estimada del recubrimiento es de 5 años.

Accesorios hospitalarios

Los accesorios hospitalarios constituyen un componente complementario del diseño arquitectónico, contribuyendo tanto a la funcionalidad del espacio como al control sanitario. De acuerdo con la guía nacional, se consideran elementos como cortinas hospitalarias, dispensadores automáticos de jabón y gel, así como señalética de accesibilidad universal, todos ellos fabricados con materiales resistentes, lavables y con propiedades antimicrobianas como se muestran estos en la tabla 15.

Tabla 15
ACCESORIOS HOSPITALARIOS PARA ÁREAS QUIRÚRGICAS Y DE APOYO

Accesorios	Áreas	Descripción
Dispensador automático de jabón, gel en acero inoxidable	Antesala de quirófanos	Dispensador automático fabricado en acero inoxidable AISI 304 con acabado satinado. Instalación adosada o empotrada a pared según planos. Compatible con jabón líquido, gel antibacterial y soluciones hidroalcohólicas de pH neutro (sin cloro). No apto para jabones quirúrgicos ni productos abrasivos. Depósito plástico reemplazable con visor de contenido, apertura superior con llave de seguridad. Limpieza sencilla mediante paño húmedo.
Dispensador de jabón gel en acero inoxidable	Puntos de lavado de manos, atención a usuarios, salas de espera	Dispensador automático de uso hospitalario, fabricado en acero inoxidable AISI 304, diseñado para garantizar higiene en puntos de alto tránsito. Compatible con soluciones desinfectantes y gel antibacterial de uso frecuente.
Dispensador de papel higiénico en acero inoxidable	Baterías sanitarias, baños	Porta rollo para papel higiénico estándar de 9" (230 mm). Fabricado en acero inoxidable AISI 304, grado hospitalario. Incluye base y tapa con sistema de cerradura de seguridad. Componentes resistentes para uso intensivo en baños públicos, con diseño higiénico y duradero.
Cortina hospitalaria	Separación de camas para hospitalización	Cortina fabricada en tela 100 % poliéster con tratamiento antimicrobiano permanente. Material repelente a líquidos y salpicaduras, libre de sustancias tóxicas. Resistente a infecciones, de fácil lavado y mantenimiento. Presenta propiedades retardantes al fuego y carece de logotipos que puedan afectar sus características técnicas.
Ventana tipo guillotina en acero inoxidable	Central de esterilización	Ventana tipo guillotina fabricada en acero inoxidable AISI 304 o AISI 316, con vidrio laminado de seguridad de 8 mm. Sistema de apertura y cierre manual autoposicionante, con dimensiones estandarizadas para la transferencia segura de materiales. Incluye sistemas de fijación, anclaje y seguridad para uso hospitalario.
Señalética Braille (NTE INEN 2850:2014)	Corredores, salas de espera, circulaciones de servicios ambulatorios, identificación de ambientes	Señalética en alto relieve con sistema Braille para orientación y accesibilidad universal. Cumple la norma NTE INEN 2850:2014. Disponible en placas de aluminio, termoplásticos, PVC o vinilos autoadhesivos. Apta para interiores y exteriores, resistente al alto tránsito y uso continuo. Incluye evaluación técnica visual trimestral y mantenimiento correctivo o reemplazo en caso de deterioro.

VI-D. Sistemas técnicos y de servicios del quirófano

VI-D1. Sistema de Iluminación: El sistema de iluminación en áreas quirúrgicas cumple un rol fundamental en la seguridad del paciente y en el adecuado desempeño del personal sanitario, por lo que debe garantizar niveles de iluminancia adecuados, uniformidad lumínica y control del deslumbramiento. En quirófanos y salas de procedimientos, la iluminación general y la iluminación específica deben responder a requerimientos técnicos diferenciados.

Para el análisis y diseño del sistema de iluminación del quirófano de gastroenterología se consideran las siguientes normativas y guías técnicas:

- **Normativa nacional (Ecuador): Regulación CONELEC 004/15 [125].**
- **Normativa internacional:(FGI) [88] y UNE-EN 12464-1 [126] [127]:** Ambas contienen un conjunto de lineamientos y normas técnicas de alcance internacional que establecen los requisitos de iluminación en establecimientos de salud y lugares de trabajo interiores, definiendo criterios para la iluminación general y específica en áreas quirúrgicas, tales como niveles de iluminancia, uniformidad lumínica, control del deslumbramiento y confort visual.

Desde la perspectiva del diseño luminotécnico, la distribución del flujo luminoso y su concentración sobre el plano de trabajo se analizan mediante diagramas de distribución de intensidad luminosa, los cuales permiten evaluar el comportamiento direccional de la luz emitida por la luminaria.

Tal como se observa en la figura 18, la representación mediante curvas polares facilita la comprensión de la forma en que la luz se proyecta y se concentra sobre el campo operatorio, aspecto fundamental para minimizar sombras y pérdidas de iluminancia en procedimientos quirúrgicos.

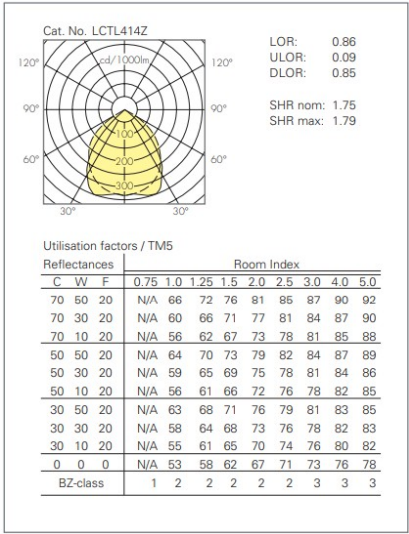


Figura 18. Diagrama de distribución de intensidad luminosa de una luminaria [128].

Asimismo, el control de la uniformidad de iluminancia constituye un parámetro crítico en áreas quirúrgicas, debido a que variaciones abruptas de luz pueden generar fatiga visual y afectar la precisión del acto operatorio. En este sentido, la figura 19 muestra un esquema de distribución de iluminancia sobre el plano de trabajo, donde se evidencia la importancia de mantener valores homogéneos dentro del área intervenida, conforme a los principios de diseño de iluminación recomendados en guías técnicas especializadas.

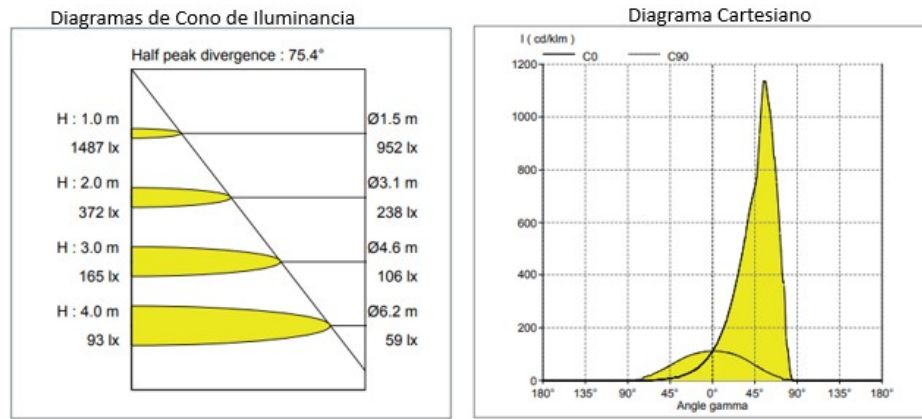


Figura 19. Esquema de distribución y uniformidad de iluminancia sobre el plano de trabajo [128].

De manera complementaria, el diseño del sistema de iluminación se apoya en el método de los lúmenes, el cual integra factores como el factor de utilización y el factor de mantenimiento para estimar el desempeño real del sistema a lo largo del tiempo. La figura 20 ilustra gráficamente la relación entre estos factores y la iluminancia efectiva obtenida en el área de trabajo, proporcionando una base técnica para la selección y disposición de luminarias en entornos clínicos críticos como el quirófano.

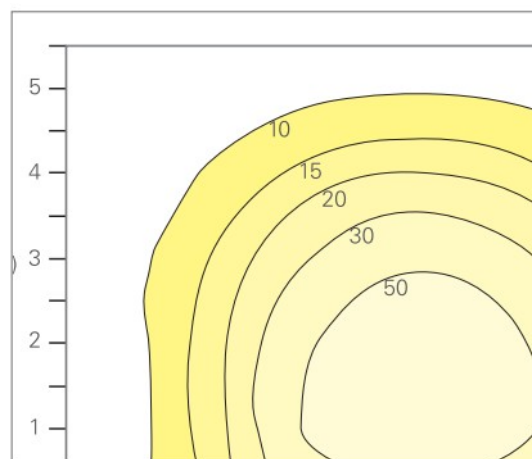


Figura 20. Relación entre factor de utilización, factor de mantenimiento e iluminancia resultante [128].

La regulación CONELEC 005/14 establece los conceptos técnicos que deben considerarse para llevar a cabo un análisis adecuado de la luminosidad en espacios interiores, los cuales permiten evaluar la calidad de la iluminación sobre las superficies de trabajo y su impacto en el desempeño visual del personal médico.

1. Flujo luminoso: Es la potencia radiante luminosa percibida por el ojo humano, y su unidad de medida es el Lumen (lm). Representa la cantidad total de luz emitida por una fuente luminosa.
2. Iluminancia (E): Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad de medida es el lux (lx), y se calcula mediante la expresión:

$$E = \frac{\phi}{m^2} \quad (1)$$

Para determinar el nivel de iluminancia se deben considerar criterios como el tipo de actividad, las condiciones ambientales, latiendo de la actividad y la orientación (Verticales o Horizontales) de las luminarias.

3. Intensidad luminosa (I): Se define como el flujo luminoso emitido en una dirección determinada por unidad de ángulo sólido. Su unidad es la candela (cd) y se calcula mediante:

$$I = \frac{\phi}{\Omega} \quad (2)$$

4. Luminancia (L): Es la intensidad luminosa emitida por unidad de área de la superficie iluminada en una dirección determinada. Su unidad es cd/m^2 y se define por:

$$L = \frac{I}{m^2 \cdot \cos(\theta)} \quad (3)$$

5. Eficiencia luminosa (η): Es la relación entre el flujo luminoso producido por una lámpara y la potencia eléctrica absorbida. Su unidad es el lumen por vatio (lm/W):

$$\eta = \frac{\phi}{W} \quad (4)$$

6. Color: Se refiere a la temperatura de color de la luz y la reproducción cromática, importante para la percepción precisa de los tejidos y materiales durante los procedimientos quirúrgicos.
7. Estética: Considera la selección de tipo de iluminación adecuada para las lámparas y luminarias según el entorno y las necesidades visuales.
8. Índice local k : Parámetro que se utiliza para calcular la distribución de luz en una zona determinada. Se obtiene mediante la relación: La caracterización geométrica del recinto se basa principalmente en el Índice del Local (K), que relaciona las dimensiones del espacio con la distribución de las luminarias, el índice del local se determina mediante la ecuación (5):

$$k = \frac{l \times a}{h_m \times (l + a)} \quad (5)$$

donde:

- l = longitud del cuarto
- a = ancho del cuarto
- h_m = altura de montaje de las luminarias (distancia desde la fuente de luz al plano de trabajo) [129].

Este valor se utiliza como parámetro para la selección del factor de utilización del sistema de iluminación.

9. Coeficiente de utilización: Permite determinar qué proporción de la luz emitida por la luminaria es aprovechada efectivamente en la superficie de trabajo. Su cálculo considera el índice local, el coeficiente de reflexión de superficies y la geometría del espacio, la tabla 16 se muestran valores de coeficiente de utilización.

Tabla 16
TABLA DE FACTORES DE UTILIZACIÓN, PROPORCIONADA SEGÚN EL FABRICANTE DE LA LUMINARIA [129].

Reflectancia de piso [%] = 20												
Reflectancia techo	80				70				50			
Reflectancia paredes [%]	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10
Índice de local	Coeficientes de Utilización											
1	0.90	0.86	0.83	0.80	0.88	0.85	0.81	0.78	0.78	0.78	0.75	0.77
2	0.82	0.75	0.69	0.64	0.80	0.73	0.68	0.64	0.70	0.66	0.62	0.67
3	0.74	0.66	0.57	0.52	0.72	0.64	0.58	0.52	0.61	0.56	0.52	0.59
4	0.68	0.58	0.50	0.45	0.66	0.56	0.50	0.44	0.54	0.48	0.43	0.52
5	0.62	0.50	0.42	0.37	0.59	0.49	0.42	0.37	0.48	0.41	0.36	0.46
6	0.57	0.44	0.38	0.32	0.55	0.44	0.37	0.31	0.42	0.36	0.31	0.41
7	0.52	0.40	0.33	0.27	0.50	0.39	0.32	0.27	0.38	0.31	0.26	0.36
8	0.48	0.36	0.28	0.23	0.46	0.35	0.28	0.23	0.34	0.28	0.23	0.33
9	0.44	0.32	0.25	0.20	0.42	0.31	0.25	0.20	0.30	0.24	0.20	0.29

La iluminancia requerida (E) se determina en función del flujo luminoso disponible y del área del quirófano, verificando que el valor obtenido cumpla con los mínimos normativos establecidos, siendo ≥ 500 lux para la iluminación general y $\geq 40\,000$ lux para el campo quirúrgico [127]; por lo tanto es necesario asegurar condiciones óptimas que favorecen al desempeño de tareas visuales críticas, con el fin de prevenir problemas de adaptación visual se recomiendan establecer niveles de iluminación como se clasifican en la tabla 17.

Tabla 17
NIVELES DE ILUMINANCIA RECOMENDADOS EN ZONAS DEL QUIRÓFANO

Zona del quirófano	Iluminancia normativa E [lux]
Área principal de procedimiento quirúrgico	2 000
Mesa de operaciones (campo quirúrgico)	Hasta 100 000
Área perimetral y zonas de apoyo	2 000
Circulación interna del quirófano	1 000

- La temperatura de color de las luminarias empleadas en áreas quirúrgicas debe mantenerse dentro de un rango aproximado de 4 000 a 5 000 K, con el fin de asegurar una correcta percepción visual durante los procedimientos.
- El índice de reproducción cromática (IRC) de las fuentes de iluminación debe ser igual o superior a 90, garantizando una adecuada diferenciación de colores en el campo operatorio.
- Para evitar una exposición térmica excesiva de los tejidos del paciente, la eficacia luminosa en el área iluminada no debe exceder los 170 lm/W, de manera que la irradiación máxima se mantenga por debajo de 600 W/m² para una iluminancia de 100 000 lux.
- En caso de fallo de una luminaria, la reducción de la iluminancia no debería ser superior al 50 % del valor nominal, asegurando condiciones mínimas de visibilidad y seguridad.
- Las áreas anexas al quirófano, tales como salas de recuperación, anestesia y esterilización, deben contar con niveles mínimos de iluminación de 500 lux, con el objetivo de facilitar la adaptación visual del personal sanitario.

Selección de reflectancias del recinto

Las reflectancias del techo (ρ_c), paredes (ρ_w) y piso (ρ_f) se seleccionaron a partir de valores típicos recomendados en la tabla 18, correspondientes al método de los lúmenes, considerando acabados comunes en áreas hospitalarias.

Tabla 18
RECOMENDACIONES DE REFLECTANCIAS PARA LAS SUPERFICIES DEL QUIRÓFANO

Superficie	Valores de reflectancia [%]
Techos	0.7 (muy claro)
Paredes	0.5 – 0.7 (medio)
Suelos	0.2 – 0.4 (oscuro)

Selección del factor de mantenimiento (fm)

El factor de mantenimiento se define según las recomendaciones del método de lúmenes para ambientes interiores limpios (0,8) y con mantenimiento regular, típicos de instalaciones hospitalarias con tecnología LED.

Cálculo del número de luminarias

El flujo luminoso total requerido para generar una iluminancia promedio requerida se obtiene mediante la ecuación (6):

$$\Phi_{tot} = \frac{E_{prom} \times A}{CU \times F_M} \quad (6)$$

donde:

- Φ_{tot} = Flujo luminoso total.
- E_{prom} = Iluminancia promedio requerida.
- A = Área en m^2 .
- CU = Coeficiente de utilización.
- F_M = Factor de mantenimiento.[129]

El número de luminarias requeridas se calcula mediante la ecuación (7), la cual permite estimar la cantidad de luminarias necesarias para alcanzar la iluminancia normativa en el quirófono:

$$N = \frac{\Phi_{tot}}{n \times \Phi_l} \quad (7)$$

donde:

- Φ_l : flujo luminoso de una bombilla.
- n : número de bombillas por luminaria. [129]

Verificación de la iluminancia obtenida

La iluminancia promedio se verifica con el fin de confirmar que el sistema de iluminación propuesto cumple con los valores normativos. Dicha verificación se realiza mediante la ecuación (8):

$$E_{prom} = \frac{N \times n \times \Phi_l \times CU \times FM}{l \times a} \quad (8)$$

donde:

- N = Número de luminarias en el local.
- n = número de bombillas por luminaria.
- Φ_l = flujo luminoso de una bombilla de la luminaria.
- CU = Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.

- FM = Factor de mantenimiento de la instalación.
- l = longitud del local en metros.
- a = ancho del local en metros. [129]

Con el fin de asegurar condiciones apropiadas de iluminación en cada uno de los espacios que conforman el área quirúrgica, se establecen criterios luminotécnicos diferenciados según el tipo de estancia y la actividad desarrollada en cada zona. La tabla 19 presenta un resumen de los requisitos luminotécnicos definidos para los distintos espacios del quirófano de gastroenterología y sus áreas anexas, los cuales se fundamentan para el análisis, diseño y verificación del sistema de iluminación propuesto [127].

Tabla 19
REQUISITOS LUMINOTÉCNICOS POR TIPO DE ESTANCIA EN EL ÁREA QUIRÚRGICA.

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Iluminancia media E_m [lux]	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color (IRC)	Clase de calidad al deslumbramiento (UGR)
Quirófano (área principal)	General + específica	2 000 / 100 000	Neutro-frío	≥ 90	≤ 19
Pasillo principal (limpio)	General	300–500	Neutro	≥ 80	≤ 22
Pasillo sucio	General	200–300	Neutro	≥ 80	≤ 22
Preparación del paciente	General	500	Neutro	≥ 80	≤ 19
Vestidores	General	300	Cálido-neutro	≥ 80	≤ 22
Baños	General	200–300	Cálido-neutro	≥ 80	≤ 25
Área de preparación de material	General + puntual	500–750	Neutro	≥ 85	≤ 19
Estación de enfermería	General + puntual	500	Neutro	≥ 85	≤ 19
Pasillo de espera	General	200–300	Cálido-neutro	≥ 80	≤ 22
Área de servicios	General	200	Neutro	≥ 80	≤ 25
Área de procedimiento de imágenes	General + controlada	300–500	Neutro	≥ 85	≤ 19

VI-D2. Sistema Hidrosanitario: El sistema hidrosanitario comprende el conjunto de redes, equipos y accesorios diseñados para el suministro de agua potable, evacuación de aguas residuales y control sanitario, garantizando condiciones de higiene, seguridad y prevención de infecciones en el quirófano de gastroenterología y sus espacios de apoyo inmediato. Para ello, se aplicó:

- **Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11 CAP-16) [130]:** utilizada como normativa base para el diseño del sistema hidrosanitario, estableciendo los parámetros generales para el abastecimiento de agua potable, evacuación de aguas residuales, ventilación sanitaria y condiciones de higiene en edificaciones de uso hospitalario.
- **NTE INEN 1108 – Agua potable [131]:** aplicada para garantizar que el agua destinada a lavaderos quirúrgicos, lavamanos clínicos y servicios higiénicos cumpla con los parámetros de calidad física, química y microbiológica exigidos para consumo humano y uso sanitario.
- **NTE INEN 1569 – Tuberías plásticas para instalaciones sanitarias [132]:** considerada para la selección de materiales de las redes hidrosanitarias, asegurando resistencia, durabilidad y compatibilidad con sistemas de agua potable y evacuación de aguas residuales.

A continuación, se presentan los principales conceptos y elementos que conforman el sistema de suministro de agua en edificaciones, los cuales resultan fundamentales para comprender el diseño y funcionamiento del sistema hidrosanitario aplicado a las áreas asociadas a los quirófanos de gastroenterología, conforme a la normativa ecuatoriana vigente.

- **Acometida:** Conjunto de componentes que permite la conexión entre la red pública de distribución de agua potable y la instalación interna del edificio. Se compone por el collarín de toma, la tubería de acometida, la llave de corte general y la tubería de alimentación.
- **Collarín de toma:** Accesorio instalado sobre la tubería de distribución pública que permite realizar la derivación del suministro sin interrupción del servicio. Su utilización se recomienda cuando el diámetro de la red general es superior a tres veces el diámetro de la acometida; caso contrario, la derivación se realiza mediante una conexión en “T” con reducción, conforme a los requisitos técnicos dados por la normativa nacional.
- **Tubería de acometida:** Ramal que conecta el collarín de toma o la derivación en la red pública con la llave de corte general. Puede ser fabricada en acero galvanizado conforme a la NTE INEN 2470, polietileno según la NTE INEN 1744 o PVC conforme a las NTE INEN 1372, 1373 y 2497. El diámetro nominal de la acometida debe ser mayor a 16 mm (1/2”), dado definido por la normativa.
- **Llave de corte general:** Elemento de control hidráulico que permite la interrupción total del suministro de agua hacia la edificación. Su instalación es obligatoria para facilitar labores de mantenimiento, inspección y control del sistema hidrosanitario.
- **Tubería de alimentación:** Conducto que transporta el agua potable desde la llave de corte general hasta el medidor o red interna de distribución. Su trazado debe permitir la inspección visual y el control de fugas, especialmente en cambios de dirección y puntos de conexión, pudiendo ser construida con materiales como acero galvanizado conforme a la NTE INEN 2470.
- **Puntos de consumo:** Salidas de la red interna de agua destinadas a suministrar el recurso a los distintos usuarios y procesos del edificio. Incluyen griferías que deben cumplir con las NTE INEN 966, 967, 968 y 969, así como tanques, depósitos y calentadores de agua regulados por las NTE INEN 1912, 2124 y 2187.
- **Muebles o artefactos sanitarios:** Aparatos conectados a los puntos de consumo que requieren agua para su funcionamiento y ofrecer un servicio al usuario. Deben cumplir con las NTE INEN 1568, 1569, 1570 y 1571, y cada uno debe contar con su llave de corte independiente, generando aguas servidas que deben ser evacuadas mediante el sistema de desagüe correspondiente.

Selección del tipo de agua potable

El agua potable utilizada en las instalaciones debe cumplir con los requisitos determinados en la NTE INEN 1108, para lo cual es necesario efectuar evaluaciones periódicas de su calidad microbiológica y de sus características físico-químicas. Dichos análisis deberán realizarse, como mínimo, dos veces al año en laboratorios debidamente acreditados.

Para el diseño del conjunto de áreas asociadas a los quirófanos de gastroenterología, se consideró la utilización de agua potable tanto fría como caliente, en función de los requerimientos sanitarios, operativos y de bioseguridad de los espacios incluidos.

El sistema contempla el suministro de agua fría, correspondiente al agua potable proveniente de la red exterior a temperatura ambiente, la cual será distribuida mediante una red ramificada hacia los distintos puntos de consumo. Este tipo de agua es utilizado principalmente en lavamanos clínicos, servicios higiénicos, duchas y procesos generales de limpieza dentro de las áreas de apoyo y circulación del personal. Adicionalmente, se incorpora el uso de agua caliente sanitaria en puntos específicos, tales como los lavaderos quirúrgicos ubicados en proximidad a los quirófanos y en áreas como esterilización, donde se requiere mejorar las condiciones de higiene y facilitar los procesos de limpieza y desinfección del personal y de los equipos médicos. La

inclusión de agua caliente responde a criterios de control sanitario y prevención de infecciones, propios de áreas hospitalarias.

Dimensionamiento del suministro de agua: El dimensionamiento debe tomar las características y valores de requerimiento mínimo para las instalaciones de interiores de agua en edificaciones, como lo referencia la tabla 20.

Tabla 20
CAUDALES, PRESIONES Y DIÁMETROS MÍNIMOS PARA APARATOS SANITARIOS DE USO HOSPITALARIO.

Aparato sanitario	Caudal mínimo (L/s)	Presión recomendada (m c.a.)	Presión mínima (m c.a.)	Diámetro mínimo (mm)
Ducha	0.20	10.0	3.0	16
Lavabo	0.10	5.0	2.0	16
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0	16
Flexo (ducha higiénica)	0.20	7.0	3.0	16

La determinación de las dotaciones de agua en áreas hospitalarias, particularmente en quirófano permite verificar la capacidad de la fuente de abastecimiento y establecer adecuadamente el volumen de los sistemas de almacenamiento. Estas dotaciones varían en función del uso específico de cada zona, del número de usuarios y de las actividades desarrolladas por el personal médico, asistencial y los pacientes.

- Dotación recomendada para hospitales: **800 a 1300 L/cama x día** [130].
- La dotación debe ajustarse según el número de camas operativas, personal médico y frecuencia de uso del quirófano.
- Permite dimensionar adecuadamente la capacidad de cisternas, tanques elevados y sistemas de bombeo.

Para el cálculo del caudal de agua potable requerido se determinará considerando el consumo simultáneo máximo de los dispositivos sanitarios instalados en las áreas. El caudal total de diseño se expresa mediante la ecuación (9), el coeficiente de simultaneidad se lo calcula con la ecuación (10):

$$Q_{MP} = k_s \times \sum q_i \quad (9)$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F \times (0,04 + 0,04 \times \log(\log(n))) \quad (10)$$

Donde:

- n = número total de aparatos servidos
- k_s = coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1.0
- q_i = caudal mínimo de los aparatos suministrados
- F = factor que toma los siguientes valores:
 - $F = 0$, según Norma Francesa NFP 41204
 - $F = 1$, para edificios de oficinas y semejantes
 - $F = 2$, para edificios habitacionales
 - $F = 3$, hoteles, hospitales y semejantes
 - $F = 4$, edificios académicos, cuarteles y semejantes
 - $F = 5$, edificios e inmuebles con valores de demanda superiores [130].

Como valores de referencia para el diseño, se consideran los siguientes rangos de caudal unitario para los principales puntos de consumo en quirófanos:

- Lavamanos quirúrgico: 0,10 – 0,15 [L/s].
- Punto de limpieza de equipos o áreas: 0,20 – 0,30 [L/s].

Almacenamiento de agua: cisternas y tanques: Para garantizar el suministro continuo de agua en el complejo quirúrgico, se debe disponer de sistemas de almacenamiento que cubran la demanda diaria y mantengan la calidad del agua.

- El volumen útil del sistema de almacenamiento debe cubrir el consumo estimado para 24 horas.
- En sistemas con cisterna y tanque elevado, el volumen total se distribuye de la siguiente manera:
 - **60 %** en cisterna subterránea.
 - **40 %** en tanque elevado.
- Los depósitos deben diseñarse de forma que preserven la potabilidad del agua y eviten el ingreso de contaminantes.
- Se permite el uso de depósitos presurizados o condensadores hidráulicos, siempre que cumplan con las condiciones sanitarias y de seguridad.

Presión de servicio en la red

La presión en la red de distribución de agua debe mantenerse dentro de rangos que aseguren el correcto funcionamiento de los aparatos sanitarios y eviten daños en la infraestructura, especialmente en áreas críticas como los quirófanos.

- La presión máxima en cualquier punto de consumo no debe exceder los 50 m c.a. (71.12 psi) [130].
- Se debe considerar siempre la presión residual mínima recomendada por el fabricante de cada aparato sanitario.
- Toda la tubería y accesorios instalados deben ser capaces de resistir una presión mínima de 150 m c.a., garantizando seguridad ante presiones de servicio y fenómenos transitorios como el golpe de ariete [130].

Velocidad de diseño del agua

El control de la velocidad del agua en las tuberías es esencial para evitar pérdidas de carga excesivas, ruidos y deterioro prematuro de la instalación.

- Velocidad mínima de diseño: **0.6 m/s**.
- Velocidad máxima admisible: **2.5 m/s**.
- Velocidad óptima recomendada: **1.2 m/s**.
- En la acometida principal, la velocidad debe aproximarse a **1.5 m/s**.

Definición de diámetros de tuberías: El correcto dimensionamiento de las tuberías permite mantener presiones adecuadas, controlar las velocidades de circulación del agua y evitar pérdidas excesivas de carga, aspectos críticos en instalaciones hospitalarias donde la continuidad del servicio es prioritaria. Este dimensionamiento se efectúa conforme a los criterios establecidos en la norma **NTE INEN 1369**, la cual define los diámetros mínimos recomendados en relación con la demanda de caudal de los equipos sanitarios.

En la tabla 21 se presentan los caudales de diseño y los diámetros recomendados para los aparatos sanitarios comúnmente utilizados en áreas hospitalarias.

Para el sistema de circulación de agua fría se emplearán tuberías de **PVC**, material ampliamente recomendado para instalaciones de plomería interior por su resistencia a la corrosión, facilidad de instalación y adecuado comportamiento hidráulico en edificaciones hospitalarias.

Tabla 21
CAUDALES Y DIÁMETROS RECOMENDADOS PARA APARATOS SANITARIOS EN ÁMBITO HOSPITALARIO.

Aparato sanitario	Caudal [L/s]	Diámetro recomendado [mm]
Ducha	0.20	16
Inodoro con fluxómetro	1.25	25
Lavachata	1.25	25
Urinario con fluxómetro	0.50	20

VI-D3. Sistema de Climatización: La climatización en los ambientes hospitalarios, y en particular en los quirófanos, constituye un elemento esencial para cumplir la seguridad del paciente, el control de infecciones asociadas a la atención en salud y el adecuado desempeño del personal médico. Un sistema de climatización correctamente diseñado permite mantener condiciones controladas de temperatura, humedad, presión y calidad del aire, evitando la propagación de contaminantes y microorganismos entre áreas con diferentes niveles de riesgo. Por tal razón, el flujo de aire debe dirigirse desde zonas más limpias hacia zonas menos limpias, acompañado de una adecuada filtración y renovación del aire, con el fin de preservar un ambiente quirúrgico seguro y controlado.

Se consideran normativas internacionales y técnicas que abordan la climatización hospitalaria desde distintos enfoques:

La norma ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170 [89] se adopta como referencia principal, ya que establecen rangos específicos para las variables ambientales en áreas quirúrgicas:

- **Temperatura del aire:** entre 18 °C y 24 °C, permitiendo ajustes según el tipo de procedimiento quirúrgico y el confort térmico del equipo médico.
- **Humedad relativa:** entre 40 % y 60 %, con el objetivo de reducir la proliferación microbiana y prevenir descargas electrostáticas que puedan afectar al personal y al equipamiento médico.
- **Presión del aire:** se debe mantener presión positiva del quirófano respecto a las áreas adyacentes, con el fin de impedir la entrada de aire contaminado desde zonas de menor control ambiental.
- **Renovaciones de aire:** se requiere un mínimo de 15 a 20 renovaciones de aire por hora, en función de la normativa aplicada y del nivel de riesgo del área quirúrgica.
- **Flujo de aire:** referencialmente unidireccional o de tipo laminar en las zonas críticas, con el propósito de favorecer la evacuación de contaminantes y mejorar la calidad del aire en el campo quirúrgico.

De manera complementaria, la norma UNE 100713:2005 [133] se emplea para definir criterios de diseño de los sistemas de climatización hospitalaria, tales como la clasificación de áreas, parámetros ambientales y niveles de filtración del aire. Asimismo, la norma UNE 171340 se considera para la validación, control y mantenimiento de las condiciones ambientales, permitiendo verificar que el sistema de climatización cumpla con los estándares de calidad del aire requeridos del quirófano.

Zonas hospitalarias

Tal como se ha señalado previamente, los distintos ambientes hospitalarios presentan requerimientos específicos en relación con los sistemas de climatización, los cuales varían en función del nivel de riesgo sanitario, el tipo de actividades que se desarrollan y el grado de control ambiental necesario.

En consecuencia, el tratamiento del aire acondicionado no es uniforme en todas las áreas del hospital, sino que debe adaptarse a las características particulares de cada servicio, especialmente en aquellos espacios donde se realizan procedimientos invasivos o se atienden pacientes con mayor vulnerabilidad.

Desde el punto de vista de la climatización hospitalaria, los ambientes pueden clasificarse de acuerdo con su nivel de riesgo en las siguientes categorías:

- **Áreas críticas o de alto riesgo:** corresponden a espacios donde existe una elevada probabilidad de contaminación e infección, tales como los quirófanos de gastroenterología, las áreas de urgencias, las salas de parto, la central de esterilización, las unidades de diálisis, las áreas de preparación de soluciones parenterales y las unidades de cuidados intensivos. Estos ambientes requieren sistemas de climatización con un control estricto de temperatura, humedad, presión diferencial y calidad del aire.

En la figura 21 se muestra un diagrama del flujo de aire dentro de un quirófano.

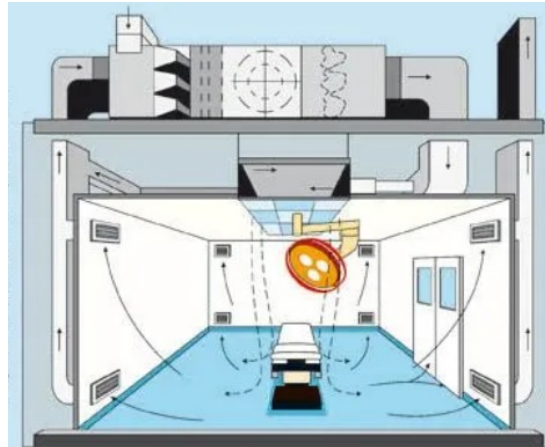


Figura 21. Flujo de aire dentro de un quirófano [134].

- **Áreas semicríticas:** incluyen servicios como laboratorios, morgue, áreas de hospitalización, radiología, oncología y servicios de alimentación, en los cuales se demanda un nivel intermedio de control ambiental, enfocado principalmente en la ventilación adecuada y el mantenimiento de condiciones térmicas estables.
- **Áreas no críticas:** corresponden a espacios destinados a funciones administrativas y de apoyo, como oficinas administrativas, servicios generales, lavandería y almacenes, donde los requerimientos de climatización se orientan principalmente al confort térmico y a la ventilación básica.

En la tabla 22 se observan los niveles de riesgo por tipología de ambiente controlado y clase de sala según UNE 171340:2020.

Tabla 22
NIVELES DE RIESGO POR TIPOLOGÍA DE AMBIENTE CONTROLADO Y CLASE DE SALA SEGÚN UNE 171340:2020 [133].

NIVELES DE RIESGO POR TIPOLOGÍA DE AMBIENTE CONTROLADO (UNE 171340:2020)			CLASE DE SALA	
ZONA	SALA	NIVEL DE RIESGO	Instalación en reposo: Modo operacional	Instalación en funcionamiento
ÁREA QUIRÚRGICA	Quirófanos de alto riesgo Flujo Unidireccional: Área protegida	5	ISO 5	No aplica
	Quirófanos de alto riesgo Flujo Unidireccional: Periferia	4	ISO 6	No aplica
	Quirófanos de alto riesgo: Flujo Mezcla	4	ISO 6	No aplica
	Quirófanos convencionales	3	ISO 7	No aplica
	Quirófanos ambulatorio alto riesgo (cirugía oftalmología, etc.)	4	ISO 6	No aplica
	Quirófanos ambulatorio convencional	3	ISO 7	No aplica
	Pasillo Limpio y esclusas de área quirúrgica	2	ISO 7	ISO 8
	Pasillo Sucio de área quirúrgica	1	ISO 8	ISO 9
	Pre y Postoperatorio (salas de despertar)	2	ISO 7	ISO 8

Los sistemas de aire acondicionado en instalaciones hospitalarias desempeñan un papel esencial en el control ambiental, dado que influyen directamente en la seguridad del paciente y en la prevención de infecciones. Entre los factores más relevantes que deben considerarse se encuentran la temperatura, la humedad relativa, el movimiento y la limpieza del aire, así como la ventilación. En el caso de las áreas críticas, donde el riesgo de contaminación es elevado, se presenta uno de los parámetros técnicos:

Filtración del aire: la filtración tiene como objetivo principal reducir la carga de partículas y microorganismos presentes en el aire, contribuyendo al control de infecciones. Para este fin se emplean filtros de alta eficiencia, principalmente filtros HEPA y ULPA.

Los filtros HEPA presentan una elevada capacidad de retención de partículas de hasta $0.3 \mu\text{m}$, con baja resistencia al flujo de aire, lo que los hace adecuados para áreas como quirófanos, unidades de cuidados intensivos y centrales de esterilización. Por su parte, los filtros ULPA ofrecen una eficiencia aún mayor para partículas más pequeñas; sin embargo, en entornos quirúrgicos se recomienda el uso de filtros HEPA, debido a que permiten mantener presión positiva en el ambiente y evitan el reingreso de aire contaminado desde áreas adyacentes.

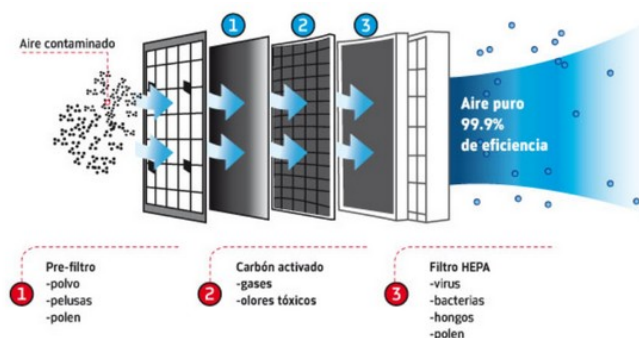


Figura 22. Filtración de partículas de aire en quirófanos [135].

Los sistemas de filtración presentan diversas configuraciones, entre cuyas propiedades principales se incluyen:

- La eficiencia de retención, que indica la capacidad del filtro para capturar partículas.
- La pérdida de carga o diferencia de presión estática generada para un caudal de aire específico.
- La capacidad de acumulación de polvo, definida como la cantidad de partículas retenidas en peso hasta alcanzar el estado de saturación que requiere el reemplazo del filtro.

De acuerdo con sus características técnicas, los filtros se clasifican en tres categorías principales como presenta en la tabla 23.

Tabla 23
TIPOS DE FILTROS EN SISTEMAS HVAC PARA QUIRÓFANOS [136]

Etapas de filtración	Tipo de filtro	Eficiencia típica
Prefiltro	MERV 7–9	Filtración moderada de partículas de gran tamaño
Filtro final	MERV 14	Filtrado de partículas medianas y finas
Filtro HEPA	H13 o H14	$\geq 99.97\%$ de eficiencia para partículas de $0.3\ \mu\text{m}$

Características principales de los filtros HEPA: Los filtros HEPA presentan una eficiencia mínima del 99,97 % para partículas de $0,3\ \mu\text{m}$, consideradas las más difíciles de retener. La eficiencia aumenta para partículas de menor o mayor tamaño.

Componentes estructurales del filtro HEPA:

- Medio filtrante (papel)
- Separadores
- Marco
- Adhesivos
- Burletes de sellado

En la tabla 24 se presenta una descripción de los componentes de los filtros HEPA:

Tabla 24
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS FILTROS HEPA

Elemento	Descripción
Medio filtrante	Elemento activo del filtro encargado de la retención de partículas. Puede estar fabricado con fibras de celulosa y amianto (económicas pero con baja resistencia térmica y a la humedad), microfibras de vidrio (las más utilizadas actualmente por su alta eficiencia y estabilidad), fibras termoplásticas (con buena compatibilidad química pero limitada resistencia térmica) o microfibras cerámicas para aplicaciones de altas temperaturas.
Separadores	Permiten mantener los pliegues del medio filtrante paralelos y facilitan el flujo uniforme del aire. En filtros HEPA, la velocidad típica del aire es cercana a 2,5 cm/s, con una caída de presión aproximada de 25 mm de columna de agua. Los separadores pueden ser de papel Kraft, aluminio o acero inoxidable, según la aplicación.
Marcos	Estructura que soporta el medio filtrante. En aplicaciones hospitalarias predominan los marcos metálicos por su resistencia a la humedad y a la temperatura, aunque también existen marcos plásticos para filtros pequeños y marcos cerámicos para condiciones térmicas extremas.
Adhesivos	Materiales utilizados para fijar el medio filtrante al marco del filtro. Generalmente se emplean adhesivos de goma o siliconados en condiciones normales, mientras que los adhesivos refractarios se utilizan cuando se requiere resistencia a altas temperaturas.
Burletes de sellado	Elementos que evitan fugas de aire entre el filtro y la estructura portante. Pueden ser de goma, neopreno o fibra de vidrio y materiales minerales, dependiendo de las condiciones térmicas de operación.
Instalación y sellado	La correcta instalación del filtro HEPA es fundamental para garantizar su eficiencia. Defectos de montaje, golpes o un sellado inadecuado pueden provocar fugas de aire y comprometer el control de la contaminación.

Presión: En las instalaciones hospitalarias, de manera general, se requiere mantener una presión positiva, superior a la presión de los espacios circundantes, con el fin de dirigir el flujo de aire hacia áreas no estériles y facilitar la eliminación de partículas suspendidas. En el caso de los quirófanos, esta condición debe ser más estricta, estableciendo una mayor presión interna y un patrón de flujo de aire preferentemente laminar, lo que permite reducir la generación de turbulencias y minimizar el riesgo de contaminación del campo quirúrgico. En función de su uso, puede clasificarse de la siguiente manera:

- **Presión positiva:** se aplica en áreas que requieren un aislamiento protector, tales como quirófanos, salas de internación de pacientes inmunocomprometidos y unidades de quemados. En estos espacios, el objetivo principal es impedir la entrada de contaminantes desde zonas adyacentes, por lo que el caudal de aire impulsado debe ser mayor que el caudal de aire extraído, generando una presión interna superior.

Requisitos de presión positiva:

- **Presión diferencial positiva:** se debe mantener una diferencia de presión positiva aproximada de +2.5 Pa respecto a los espacios adyacentes, con el propósito de asegurar que el flujo de aire se dirija desde el ambiente controlado hacia las zonas colindantes.
- **Ubicación de los retornos de aire:** las rejillas de retorno deben colocarse a una altura comprendida entre 75 mm y 150 mm por encima del nivel del piso terminado, favoreciendo la evacuación de contaminantes y partículas suspendidas en el ambiente.

El funcionamiento del aislamiento por presión positiva, ampliamente utilizado en instalaciones hospitalarias, se basa en el empleo de sistemas de ventilación y purificación del aire que permiten controlar la dirección del flujo y mantener condiciones ambientales seguras. Este principio de operación se representa de manera esquemática en la figura 23.

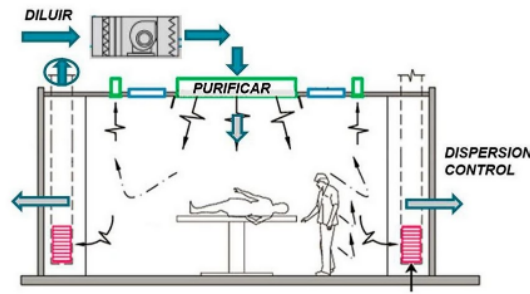


Figura 23. Esquemático de funcionamiento para aislamiento positivo [137].

Evaluación de la presión positiva del quirófano

La evaluación de la presión positiva del quirófano se realizó a partir del balance entre el caudal de aire de impulsión (Q_s) y el caudal de aire de extracción (Q_e). Este balance permite controlar la presurización del ambiente quirúrgico y garantizar un flujo de aire desde las zonas de mayor limpieza hacia áreas de menor clasificación.

El control del sistema se establece mediante la siguiente relación:

$$Q_s > Q_e \quad (11)$$

En la práctica, se considera un caudal de aire en exceso comprendido aproximadamente entre el 5 % y el 15 % del caudal total de impulsión, lo cual permite asegurar un diferencial de presión positivo dentro del quirófano.

El diferencial de presión entre el quirófano y los espacios adyacentes se evalúa mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P = P_{\text{quirófano}} - P_{\text{adyacente}} \quad (12)$$

donde:

- ΔP : diferencial de presión [Pa].
- $P_{\text{quirófano}}$: presión interior del quirófano [Pa].
- $P_{\text{adyacente}}$: presión del área colindante [Pa] [138].

El diseño del sistema de climatización se consideró conforme cuando el valor del diferencial de presión resultó positivo, con un valor mínimo de $\Delta P \geq +2,5$ Pa. Esta condición garantiza que el flujo de aire se dirija desde el área quirúrgica hacia los espacios adyacentes, evitando el ingreso de aire potencialmente contaminado y contribuyendo al control de infecciones dentro del quirófano.

- **Presión negativa:** se utiliza en ambientes destinados al aislamiento de pacientes con enfermedades infecciosas de transmisión aérea, como habitaciones de aislamiento respiratorio, así como en salas de autopsia y morgue. En estos casos, se busca evitar que el aire contaminado salga del recinto hacia otras áreas del hospital, por lo que el caudal de extracción debe ser mayor que el de impulsión.

Flujo de aire: El flujo de aire unidireccional, comúnmente denominado flujo laminar, es el sistema de ventilación recomendado para quirófanos debido a su capacidad para mantener condiciones ambientales controladas y reducir el riesgo de contaminación. Este tipo de flujo se caracteriza por el suministro de aire altamente filtrado, generalmente a través de filtros HEPA, que ingresa de forma uniforme desde el techo y se desplaza de manera vertical hacia las zonas de extracción, evitando la formación de turbulencias.

De esta forma, el aire limpio barre continuamente el campo quirúrgico y arrastra las partículas contaminantes hacia áreas de menor clasificación, contribuyendo al control de infecciones y al mantenimiento de la presión positiva del quirófano respecto a los espacios adyacentes.

Cálculo de la tasa de renovación de aire (ACH)

La tasa de renovaciones de aire por hora (ACH) se determina a partir del caudal total de aire suministrado al quirófano y del volumen del espacio, de acuerdo con los criterios de ventilación aplicables a áreas quirúrgicas como se expresa en la ecuación (13).

$$ACH = \frac{Q}{V} \quad (13)$$

donde:

- **ACH:** renovaciones de aire por hora (h^{-1}).
- **Q:** caudal total de aire suministrado (m^3/h).
- **V:** volumen del quirófano (m^3) [139].

Cálculo del caudal

El caudal de ventilación, expresado en pies cúbicos por minuto (CFM), se determina a partir de la relación entre el número de renovaciones de aire por hora y el volumen del área a ventilar, conforme a los criterios establecidos por la normativa ASHRAE [139]. Este parámetro permite cuantificar el flujo de aire necesario para garantizar condiciones adecuadas de ventilación en espacios hospitalarios. Para su cálculo se emplea la ecuación (14):

$$CFM = \frac{ACH \times V}{60} \quad (14)$$

Selección de accesorios del sistema

El dimensionamiento de los ductos de suministro y retorno constituye una etapa fundamental en el diseño del sistema de acondicionamiento de aire. Para ello, se deben calcular y definir los elementos de conducción del aire, tales como ductos, rejillas, difusores y demás componentes del sistema HVAC, garantizando una adecuada distribución del caudal requerido en cada espacio. Este proceso se desarrolla tomando como referencia los lineamientos establecidos en la normativa, considerando los siguientes criterios:

- Determinar el caudal de aire necesario para cada área, ramal o zona del sistema.
- Definir una trayectoria de los ductos que facilite su instalación, montaje y mantenimiento.
- Seleccionar las dimensiones de los ductos de suministro y retorno en función del caudal de aire, expresado en CFM, como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25
CAPACIDAD DE CFM DE CONDUCTOS CUADRADOS Y REDONDOS DE DIFERENTES TAMAÑOS [140].

Cubic Feet Per Min	Rectangular Duct Height (in)					Round Duct (in)
CFM	4"	6"	8"	10"	12"	
50	6 x 4					5
75	6 x 4					6
100	8 x 4	6 x 6				6
125	10 x 4	6 x 6				7
150	10 x 4	8 x 6				7
175	12 x 4	8 x 6				8
200	14 x 4	8 x 6				8
225	16 x 4	10 x 6				8
250	16 x 4	10 x 6				9
275		12 x 6	8 x 8			9
300		12 x 6	8 x 8			9
400		14 x 6	10 x 8			10
500		18 x 6	12 x 8	10 x 10		11
600		20 x 6	14 x 8	12 x 10		12
700		24 x 6	16 x 8	12 x 10		12
800		26 x 6	18 x 8	14 x 10	12 x 12	13
900		30 x 6	20 x 8	16 x 10	12 x 12	14
1000			22 x 8	16 x 10	14 x 12	14
1100			24 x 8	18 x 10	16 x 12	15
1200			26 x 8	20 x 10	16 x 12	15
1300			28 x 8	20 x 10	18 x 12	16
1400			30 x 8	22 x 10	18 x 12	16
1500				24 x 10	20 x 12	16
1600				24 x 10	20 x 12	17
1700				26 x 10	22 x 12	17
1800				28 x 10	22 x 12	18
1900				30 x 10	22 x 12	18
2000					24 x 12	20

Dimensionamiento de ductos

El área del ducto principal se calcula a partir del caudal de aire y la velocidad recomendada mediante la siguiente expresión:

$$A_d = \frac{Q}{v_d} \quad (15)$$

donde:

- A_d : área del ducto [m^2].
- Q : caudal de aire [m^3/s].
- v_d : velocidad del aire en el ducto [m/s], generalmente entre 6 y 10 m/s para impulsión en aplicaciones hospitalarias.

Cálculo de pérdidas de carga en ductos y accesorios

La pérdida total de presión del sistema se determina como la suma de las pérdidas en ductos, filtros y accesorios, según la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{ductos} + \Delta P_{filtros} + \Delta P_{accesorios} \quad (16)$$

Las pérdidas de presión en los accesorios, tales como codos, transiciones, difusores y rejillas, se calculan mediante:

$$\Delta P_{acc} = \sum K \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (17)$$

donde:

- K : coeficiente de pérdida del accesorio.
- ρ : densidad del aire (aproximadamente 1,2 kg/m³).
- v : velocidad del aire [m/s] [138].

Selección de difusores y rejillas

El número de difusores necesarios para la correcta distribución del aire se obtiene mediante:

$$n = \frac{Q}{Q_{dif}} \quad (18)$$

donde:

- n : número de difusores.
- Q : caudal total de aire suministrado [m³/s].
- Q_{dif} : caudal de aire por difusor [m³/s] [138].

VI-D4. Sistema de Gases medicinales: El análisis de este sistema resulta fundamental, dado que los gases medicinales constituyen un servicio crítico para la seguridad del paciente, la eficiencia de los procedimientos endoscópicos y el correcto desempeño del personal de salud.

Desde el punto de vista normativo, se realizó una revisión de estándares internacionales ampliamente aceptados en el ámbito hospitalario, tales como la norma NFPA 99 [90], la norma ISO 7396-1 [91], para infraestructura sanitaria. Estas normativas definen los requisitos mínimos de diseño, identificación, seguridad, pruebas y mantenimiento de los sistemas de distribución de gases medicinales en áreas críticas como quirófanos y salas de procedimientos invasivos.

A nivel nacional, se consideraron las Normas Técnicas Ecuatorianas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), las cuales regulan aspectos de seguridad, identificación y manejo de gases comprimidos aplicables al entorno hospitalario. Entre ellas se destacan:

- **NTE INEN 811:** Identificación de cilindros que contienen gases para uso médico [141].
- **NTE INEN 2 343:2004:** requisitos de oxígeno [142].
- **NTE INEN 2 378:2013:** requisitos de aire [143].

Para el quirófano y las distintas áreas se consideran los siguientes gases medicinales: oxígeno, aire medicinal, vacío clínico y óxido nitroso los cuales son indispensables para la atención segura del paciente y el desarrollo adecuado de los procedimientos quirúrgicos. En la tabla 26 se menciona las funciones primordiales de los gases medicinales mencionados.

Tabla 26
GASES MEDICINALES Y SUS APLICACIONES EN EL QUIRÓFANO

Gas medicinal	Aplicación y función dentro del quirófano
Oxígeno	Se utiliza para el soporte respiratorio del paciente durante procedimientos quirúrgicos, sedación o anestesia, garantizando una adecuada oxigenación tisular durante toda la intervención.
Aire medicinal	Empleado como gas de soporte para equipos médicos y anestésicos, así como para la ventilación asistida del paciente durante procedimientos quirúrgicos y diagnósticos.
Vacío clínico	Utilizado para la aspiración de fluidos corporales, secreciones y residuos, permitiendo mantener el campo quirúrgico limpio y despejado durante la intervención.
Óxido nitroso	Gas anestésico complementario utilizado en procedimientos que requieren sedación controlada, contribuyendo al confort del paciente y al manejo anestésico.

Redes de gases medicinales

Las redes de gases medicinales constituyen un conjunto de sistemas centralizados de suministro y distribución diseñados para garantizar la provisión continua, segura y controlada de gases esenciales en áreas críticas como el quirófano.

Estos sistemas están conformados por tuberías, válvulas, dispositivos de control y puntos de conexión que permiten que los gases medicinales lleguen al paciente y al equipamiento biomédico con las condiciones de calidad, presión y pureza requeridas.

La implementación de sistemas centralizados reduce la manipulación y el traslado de cilindros dentro de áreas quirúrgicas, lo que incrementa la seguridad operativa, optimiza el uso del espacio, disminuye la carga de trabajo del personal de salud y asegura un suministro constante durante los procedimientos quirúrgicos, contribuyendo así a la eficiencia y seguridad de la atención médica.

Tubería de la red de gases medicinales

La tubería constituye el elemento principal de la red de distribución, dado que permite transportar los gases medicinales desde la central de suministro hasta las tomas de consumo en el quirófano, manteniendo las condiciones adecuadas de presión y calidad. Estas tuberías deben estar protegidas frente a factores como corrosión, temperaturas extremas y posibles daños mecánicos.

- **Configuración de la red:** El sistema de distribución se organiza a partir de una red principal que se subdivide en ramales secundarios hacia las distintas áreas hospitalarias, lo que permite una distribución eficiente y equilibrada de la presión. De forma general, el sistema opera en un rango aproximado de presión entre 50 y 60 psi, lo que posibilita la reducción del diámetro de las tuberías en los ramales secundarios según la cantidad de puntos de consumo.
- **Diámetros mínimos normativos:** De acuerdo con la normativa NFPA 99, los diámetros mínimos individuales recomendados son de Ø 1/2" para oxígeno, aire medicinal y óxido nitroso, y de Ø 3/4" para el sistema de vacío clínico, garantizando un suministro adecuado y seguro en áreas críticas, en la tabla 27 se muestran estos diámetros para cada gas.

Tabla 27
DIÁMETROS MÍNIMOS PARA LAS TUBERÍAS DE GASES MEDICOS [144].

Diámetros Mínimos Requeridos por la NFPA 99	
GAS	DIÁMETRO MÍNIMO
Oxígeno	½"
Aire comprimido	½"
Óxido nitroso	½"
Vacío	¾"

Fórmula para cálculo de diámetro tubería

$$D = 18,8 \cdot \left(\frac{Q}{V \cdot P} \right)^{\frac{1}{2}} [\text{mm}] \quad (19)$$

Donde:

- D : diámetro interior de la cañería, en milímetros [mm].
- V : velocidad del fluido, en metros por segundo [m/s].
- Q : caudal total, en metros cúbicos por hora [m³/h].
- P : presión de trabajo a la que se somete la cañería [145].

Una vez obtenido el diámetro, se procede a calcular la pérdida de presión en cada tramo utilizando la siguiente ecuación:

Calcular las pérdidas de presión

Mediante la ecuación (20), se realiza de forma independiente para cada tipo de gas, es posible verificar que las condiciones de funcionamiento se mantengan dentro de los límites admisibles.

$$P_2 = \left[P_1^2 - \left(\frac{Q \cdot G^{0,425}}{0,13 \cdot D^{2,725}} \right) \cdot L \right]^{0,5} \quad (20)$$

Donde:

- Q : Caudal, en metros cúbicos por hora [m³/h].
- G : Gravedad específica del combustible.
- P_1 : Presión inicial del tramo, en bar.
- P_2 : Presión final del tramo, en bar.
- L : Longitud de la tubería, en metros [m].
- D : Diámetro de la tubería, en milímetros [mm] [145].

Dichos límites máximos permitidos se establecen conforme a valores normativos, los cuales se presentan en la tabla 28.

Tabla 28
PÉRDIDAS DE PRESIÓN POR CADA GAS [144].

SUMINISTRO	PRESIÓN DE SALIDA A LOS SERVICIOS	CAÍDA DE PRESIÓN DEL SISTEMA
Oxígeno	50 a 55 PSI	< 5 PSI
Óxido nitroso	50 a 55 PSI	< 5 PSI
Aire comprimido	50 a 55 PSI	< 5 PSI
Vacío	15 Pulg. Hg	< 4 Pulg. Hg o 3 Pul Hg

- **Material de la tubería:** El material recomendado para la conducción de gases medicinales es la tubería de cobre tipo K sin costura rígida, debido a su resistencia a la presión, baja susceptibilidad a la corrosión, adecuada tolerancia a la temperatura y compatibilidad con gases de uso médico, conforme a lo establecido por la NFPA 99 y la CGA.
- **Instalación y manipulación:** La instalación de las tuberías debe realizarse de forma empotrada o sobre cielo raso falso, utilizando uniones soldadas. Durante el corte y montaje se deben emplear herramientas limpias y libres de grasa o aceite, evitando la introducción de partículas o contaminantes que puedan comprometer la seguridad del sistema.
- **Identificación y señalización:** Las tuberías de gases medicinales deben identificarse mediante etiquetas colocadas a intervalos no mayores a 6 metros, así como en puntos de derivación. Adicionalmente, se debe colocar al menos una identificación por cada ambiente, indicando el tipo de gas y el sentido del flujo, complementada con el color normativo correspondiente al gas transportado.

Código de colores de tuberías

La tabla 29 presenta la identificación cromática de los principales gases medicinales utilizados en el quirófano, conforme a los criterios de señalización empleados en los sistemas de distribución hospitalaria.

Tabla 29
IDENTIFICACIÓN CROMÁTICA DE GASES MEDICINALES

Gas medicinal	Color de identificación
Oxígeno	Verde
Aire medicinal	Amarillo
Vacío clínico	Blanco
Óxido nitroso	Azul

Soportes y accesorios

Las tuberías que conforman las redes de gases medicinales, ya sean dispuestas de forma horizontal o vertical, deben contar con sistemas de soporte adecuados que garanticen su estabilidad y seguridad estructural.

Estos soportes pueden estar constituidos por elementos como ganchos, platinas o perfiles fabricados en materiales resistentes, tales como el aluminio, seleccionados en función del diámetro de la tubería y la longitud de los tramos instalados. Con el fin de prevenir la acumulación de humedad y evitar el contacto directo entre superficies metálicas, se recomienda incorporar elementos aislantes, como recubrimientos plásticos o de neopreno, entre la tubería y el soporte.

Asimismo, la separación máxima entre los puntos de soporte debe establecerse conforme al diámetro de la tubería, de acuerdo con los criterios establecidos en la normativa NFPA 99 5.1.10.6.4.4. En la tabla 30 se muestran los diámetros relativo con respecto a la distancia entre de soportes de tubería:

Tabla 30
DISTANCIA ENTRE DE SOPORTES DE TUBERÍA [144].

DIAMETRO DE LA TUBERÍA	DISTANCIA DEL SOPORTE
¼ " (0.635 cm) nominal	6 pies (1.52m)
3/8"(0.953cm) nominal	6 pies (1.83 m)
1/2 " (1.27 cm) nominal	6 pies (1.83 m)
3/4 " (1.91cm) nominal	7 pies (2.13 m)
1" (2.54cm) nominal	8 pies (2.44 m)
1 ¼(3.175 cm) nominal	9 pies (2.74 m)
1 1/2 (3.81cm)nominal y de mayor diámetro	10 pies(3.05 m)
Derivaciones verticales, todas las medidas	Cada piso, pero no exceder de 15 pies(4.57 m)

Los accesorios utilizados en redes de gases medicinales deben ser compatibles con tuberías de cobre tipo K y estar diseñados específicamente para uniones soldadas.

Estas uniones se realizan mediante conexiones tipo campana o socket, empleando procesos de soldadura de alta temperatura que garanticen la hermeticidad y seguridad del sistema. Para la preparación de las uniones, no se deben utilizar elementos abrasivos que generen residuos o contaminantes [146].

- **Características de los accesorios:** Elementos como codos, reducciones, tees y cambios de dirección deben ser fabricados sin costura y presentar condiciones adecuadas de limpieza antes de su instalación, de forma similar a la tubería, para evitar la presencia de partículas o impurezas dentro del sistema de distribución de gases.
- **Válvulas de piso o de área** Las válvulas de corte por piso o área constituyen dispositivos de seguridad y mantenimiento cuya función principal es interrumpir de manera inmediata el suministro de gas medicinal en una zona específica del establecimiento de salud, sin afectar el funcionamiento del resto del sistema.

Ubicación y operación de válvulas

Las líneas principales de suministro deben contar con válvulas de corte ubicadas en puntos de fácil acceso y claramente identificables, permitiendo su accionamiento rápido en caso de emergencia. La apertura o cierre del suministro se realiza mediante un giro de 90° de la manija, y el diámetro de la válvula se selecciona según el tipo de gas y la ubicación dentro de la red.

Caja de corte

Los sistemas centralizados de gases medicinales deben incorporar cajas de corte que permitan el control y aislamiento del suministro ante situaciones de emergencia o durante labores de mantenimiento, especialmente en áreas críticas como el quirófano.

- **Instalación de cajas de corte:** Las cajas de corte se instalan empotradas en la pared, alineadas verticalmente y dimensionadas según la cantidad de gases que controlan. Estas se alojan en estructuras metálicas con ventanillas removibles que facilitan la operación manual de las válvulas.
- **Configuración y localización:** Las cajas de corte pueden ser sencillas, dobles, triples o cuádruples, dependiendo del número de gases y la inclusión del sistema de vacío. Deben ubicarse en lugares visibles, accesibles y fuera del área directamente abastecida, permitiendo una intervención segura y rápida del personal autorizado.

Estaciones de salida (tomas) para gases medicinales

Las puntos de salida, también denominadas tomas de gases medicinales, constituyen los puntos terminales

del sistema de distribución y permiten el suministro de gases como oxígeno, aire medicinal, vacío, óxido nitroso y la evacuación de gases anestésicos. Su instalación se realiza de forma empotrada en la pared y debe cumplir con las normativas técnicas y de seguridad vigentes.

- **Configuración y diseño:** El sistema de tomas será de tipo modular, permitiendo la instalación flexible de diferentes gases en diversas combinaciones o secuencias, según las necesidades del área clínica.
- **Sistema de seguridad:** Cada toma estará conformada por una válvula primaria y una válvula secundaria. La válvula secundaria se cerrará automáticamente cuando la primaria sea retirada, interrumpiendo el flujo de gas y garantizando condiciones seguras de operación. Asimismo, el diseño evitará la intercambiabilidad accidental de componentes entre tomas destinadas a diferentes gases.
- **Tipos de tomas:** Existen dos configuraciones principales de tomas para gases medicinales: tomas de pared y tomas cieliticas.
Tomas de pared: Las tomas empotradas en pared se instalarán a una altura aproximada de 1,50 m sobre el nivel del piso, manteniendo una distancia entre ejes de 20 cm. Estas tomas serán de tipo acople rápido, facilitando una conexión segura y eficiente de los equipos médicos.

Oxígeno medicinal: En entornos hospitalarios se suministra en fase gaseosa y debe cumplir estrictos criterios de pureza y calidad para garantizar su seguridad clínica. De acuerdo con los parámetros técnicos de referencia, este gas presenta una pureza mínima del 99.5 % v/v, asegurando su idoneidad para uso terapéutico y anestésico. Asimismo, el contenido de humedad se mantiene dentro de límites controlados, con un valor máximo de 60 ml/m³, a fin de evitar la corrosión del sistema y la contaminación del suministro. La presencia de impurezas como monóxido de carbono y dióxido de carbono se restringe a concentraciones muy bajas, con valores máximos de 0.001 ml/m³ y 0.03 ml/m³, respectivamente, garantizando condiciones seguras para su administración en el quirófano.

Aplicaciones del oxígeno medicinal

Se emplea en el quirófano como gas esencial para el soporte respiratorio y el desarrollo seguro de diversos procedimientos médicos y quirúrgicos, entre los cuales se destacan:

- Soporte respiratorio intraoperatorio.
- Administración durante anestesia general.
- Sedación en procedimientos endoscópicos.
- Apoyo en procedimientos de gastroenterología.
- Manejo de pacientes con insuficiencia respiratoria.

La tabla 31 resume las principales precauciones y riesgos asociados al uso del oxígeno medicinal en el quirófano, destacando las medidas de seguridad necesarias para su manejo y administración.

Los criterios técnicos de almacenamiento y distribución del oxígeno medicinal descritos a continuación son plenamente aplicables a áreas quirúrgicas, incluyendo los quirófanos, donde se requiere un suministro continuo, seguro y normativamente controlado para garantizar la atención clínica y el desarrollo adecuado de los procedimientos médicos.

Condiciones de operación

- Presión nominal de trabajo del sistema: 55 psi.
- Caída máxima de presión permitida en la toma más alejada: 5 psi.
- Rango general de presión de trabajo del sistema: entre 2 y 14 bar, estableciéndose comúnmente un valor operativo cercano a 9 bar.

Almacenamiento en estado gaseoso

- Uso de bancos de cilindros (manifolds) para demandas bajas o medianas.
- Sistemas de conmutación manual o semiautomática.

Tabla 31
PRECAUCIONES Y RIESGOS DEL OXÍGENO MEDICINAL.

PRECAUCIONES	RIESGOS
— Prohibición estricta de fumar o utilizar llamas abiertas en áreas donde se suministra oxígeno medicinal. — No aplicar grasas, aceites ni lubricantes en válvulas, conexiones o accesorios que entren en contacto con O₂. — Manipular los sistemas de oxígeno conforme a los procedimientos de seguridad establecidos. — En caso de manejo de oxígeno en estado líquido, utilizar equipos de protección personal como guantes térmicos, mangas largas y protección facial.	— Dificultad de detección por ser un gas incoloro, inodoro e insípido. — Incremento del riesgo de incendio debido a su carácter comburente. — Posibles quemaduras por frío extremo durante el contacto con oxígeno líquido. — Aceleración de la combustión de materiales inflamables en ambientes enriquecidos con oxígeno. — Riesgo de fugas si no se mantiene adecuadamente la red de distribución.

- Capacidad referencial de cilindros: 10 m³.
- Adecuado para quirófanos de baja rotación o como sistema de respaldo.

Almacenamiento en estado líquido

- Almacenamiento en termos criogénicos para consumo moderado.
- Flujo continuo aproximado: 9 m³/h.
- Presencia de dispositivos de seguridad como discos de ruptura, con rangos entre 24 y 28 bar.

Almacenamiento criogénico para alta demanda

- Uso de tanques criogénicos de gran capacidad para hospitales de alta complejidad.
- Rango de presión de trabajo del tanque: entre 15 y 20 bar.
- Sistema recomendado para áreas quirúrgicas con elevada carga operativa.

La figura 24 se ilustra un esquema del sistema de distribución de oxígeno medicinal, el funcionamiento de un sistema centralizado de suministro conformado por un suministro primario, secundario y de reserva, cuyo objetivo es garantizar la continuidad y seguridad del flujo de gas hacia las áreas hospitalarias críticas, como los quirófanos.

El oxígeno proveniente de los bancos de cilindros, inicialmente a alta presión, es conducido a través de válvulas de control y reguladores que reducen y estabilizan la presión hasta valores operativos del orden de 50 a 55 psig, adecuados para la red de distribución interna. Mediante válvulas de cheque e interruptores actuantes, el sistema permite la conmutación automática o manual entre las diferentes fuentes de suministro en caso de caída de presión o falla del banco principal, evitando interrupciones en el servicio. Adicionalmente, incorpora válvulas de corte y dispositivos de alivio de presión que protegen la instalación frente a sobrepresiones y facilitan las labores de mantenimiento, asegurando así un suministro continuo, controlado y conforme a los requerimientos de seguridad exigidos en entornos quirúrgicos.

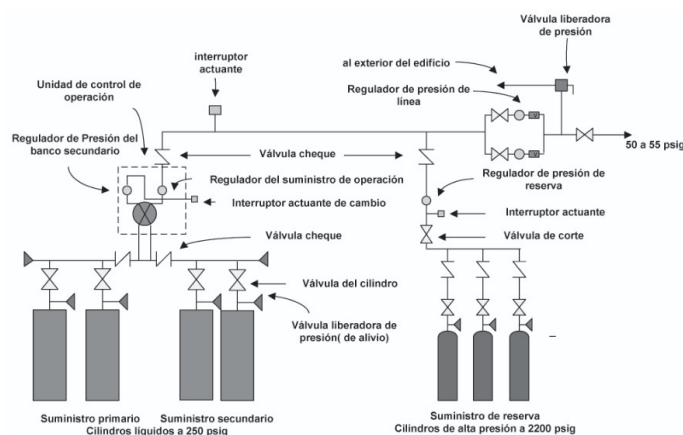


Figura 24. Sistema de distribución de oxígeno medicinal.

Aire medicinal: El aire medicinal es un gas comprimido de alta pureza que ha sido sometido a procesos de filtración, secado y purificación, con el fin de eliminar partículas, humedad, aceites y contaminantes. Este gas debe estar disponible de manera continua en áreas hospitalarias críticas, especialmente en los quirófanos y zonas de atención clínica, donde se emplea como soporte respiratorio y como gas auxiliar en diversos procedimientos médicos. Su calidad y disponibilidad constante resultan esenciales para garantizar la seguridad del paciente y el correcto funcionamiento de los equipos médicos.

Propiedades físicas y químicas:

- Apariencia: gas incoloro, inodoro e insípido.
- Estado físico: gaseoso a condiciones ambientales.
- Densidad: aproximadamente 0.001985 g/m^3 .
- Temperatura de ebullición: -194.3°C .
- Punto crítico: -140.3°C a 37.74 bar .
- Inflamabilidad: no inflamable.
- Comportamiento químico: gas comburente que favorece la combustión.

El aire medicinal es utilizado en el entorno quirúrgico y hospitalario para las siguientes aplicaciones generales:

- Asistencia respiratoria durante procedimientos quirúrgicos.
- Alimentación de equipos de anestesia y ventilación mecánica.
- Uso en incubadoras y unidades de cuidados especiales.
- Apoyo en terapias respiratorias controladas.

La producción de aire medicinal se realiza mediante un sistema diseñado para garantizar un suministro continuo, seguro y de alta pureza, cumpliendo con los requerimientos hospitalarios. Este proceso inicia con un filtro primario que impide el ingreso de partículas u objetos de tamaño medio o grande que puedan dañar los equipos.

El aire es comprimido mediante un compresor de desplazamiento positivo de tipo émbolo recíprocante, capaz de mantener una presión de salida controlada, la cual no debe ser inferior a 3 bar ni superior a 9 bar , asegurando así un funcionamiento adecuado de los dispositivos médicos.

Posteriormente, el sistema incorpora trampas de agua y separadores que permiten remover la humedad condensada, así como filtros coalescentes encargados de eliminar restos de agua y aceites presentes en el aire comprimido. Adicionalmente, se dispone de baterías de cilindros como respaldo, las cuales garantizan la continuidad del suministro en caso de fallas del sistema principal, aspecto crítico en áreas como los quirófanos,

en la figura 25 se muestra un esquema del sistema de distribución de aire medicinal.

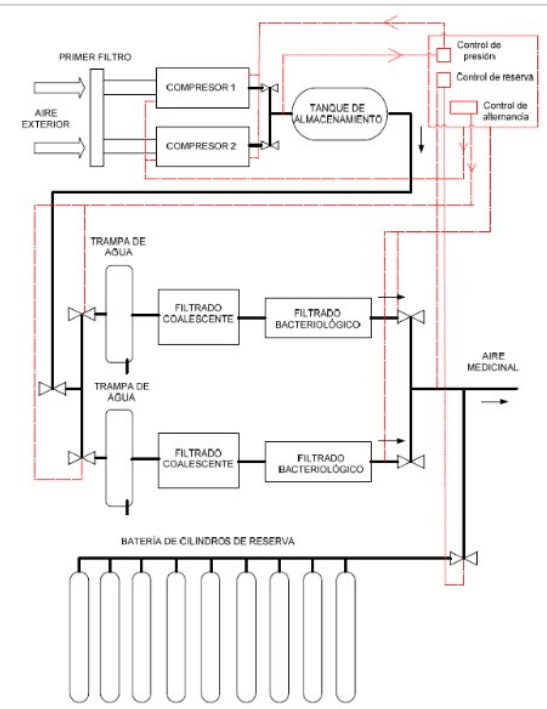


Figura 25. Sistema de distribución de aire medicinal

La etapa final del sistema de producción de aire medicinal incorpora elementos de seguridad y redundancia que aseguran la calidad microbiológica y la continuidad del servicio. En este sentido, se emplean filtros bacteriológicos tipo HEPA, con una eficiencia aproximada del 99 % en la retención de bacterias y esporas, lo que garantiza un aire libre de contaminantes para su uso clínico.

Asimismo, el sistema debe disponer de al menos dos compresores, configurados para operar de forma alternada o en respaldo, permitiendo mantener el suministro ante eventuales fallas o mantenimientos programados. La potencia de los motores asociados a los compresores se selecciona en función de la demanda del sistema y de los criterios técnicos establecidos, los cuales se determinan conforme a los valores indicados en la tabla 32.

Tabla 32
RELACIÓN REFERENCIAL ENTRE POTENCIA DEL COMPRESOR Y LONGITUD DE LA RED DE AIRE MEDICINAL

PLANTA DE AIRE DUPLEX MODULAR												
POTENCIA (HP)	LONGITUD DE LA TUBERÍA EN PIES											
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500
7.5	2	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3	3
10	2	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5
15	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4	4
20	2.5	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4	5	5	5	5

Vacío (sistema de succión): El sistema de vacío medicinal no corresponde estrictamente a un gas, sino a un servicio hospitalario cuya función principal es generar presión negativa, produciendo un efecto de succión

controlada. Esta característica permite la extracción eficiente de fluidos, secreciones y residuos biológicos, lo que resulta fundamental durante procedimientos quirúrgicos y en la atención clínica de pacientes. En el entorno quirúrgico, el vacío medicinal contribuye de manera directa a mantener despejadas las vías respiratorias del paciente, asegurar la limpieza del campo operatorio y facilitar el drenaje continuo de sangre y secreciones, mejorando así la visibilidad del cirujano y reduciendo el riesgo de contaminación.

El sistema de vacío medicinal opera generalmente con una presión de trabajo aproximada de 19 pulgadas de mercurio (inHg), garantizando una capacidad de succión adecuada para aplicaciones clínicas y quirúrgicas. Para asegurar un funcionamiento eficiente en toda la red, la caída de presión máxima permitida en la toma más alejada no debe superar las 4 inHg, lo que permite mantener un desempeño uniforme del sistema incluso en áreas distantes de la sala de máquinas. Las bombas de paletas deslizantes son las más utilizadas en instalaciones hospitalarias debido a su confiabilidad, bajo nivel de ruido y capacidad para operar de forma continua. El sistema de conducción de vacío se diseña mediante tuberías específicas, resistentes a la corrosión y fáciles de desinfectar, garantizando condiciones de higiene, seguridad y continuidad del servicio, la figura 26 se observa el esquema de los componentes de funcionamiento del sistema.

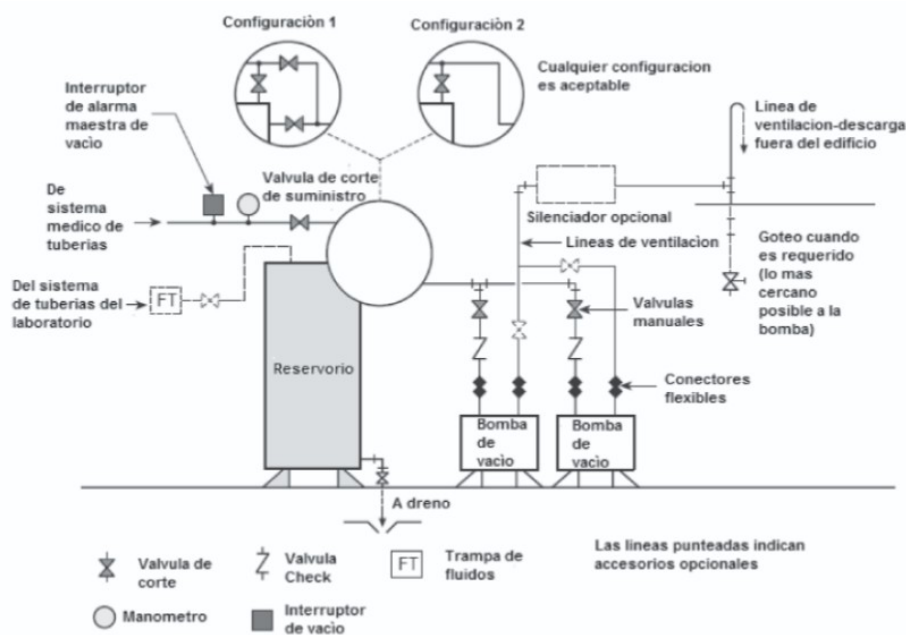


Figura 26. Componentes de la fuente de aire comprimido [144]

El caudal de operación de los sistemas de vacío medicinal puede verse afectado cuando la instalación se ubica en zonas con una altitud diferente al nivel del mar. A medida que aumenta la altura, la densidad del aire disminuye, lo que provoca una reducción en la capacidad efectiva de succión y en el caudal disponible del sistema. Por esta razón, resulta imprescindible realizar un ajuste del caudal máximo de diseño, con el fin de compensar las pérdidas asociadas a la altitud y garantizar un desempeño adecuado en todas las áreas clínicas y quirúrgicas.

Para efectuar esta corrección existen diversas tablas y criterios de referencia, cuya aplicación depende del enfoque del diseñador y de la tecnología empleada en el sistema de vacío. No obstante, para este análisis se utilizará los factores de corrección, lo cual describe la tabla 33.

Tabla 33
CAUDAL DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VACÍO

ALTITUD	PRESIÓN BAROMÉTRICA NORMAL	MULTIPLICADOR USADO
PIES	(PULGADAS DE MERCURIO)	PARA UN SCFM REQUERIDO
0	29.92"Hg(760 mm Hg)	1
500	29.39"Hg(760 mm Hg)	1.02
1000	28.36"Hg(747mm Hg)	1.04
1500	28.33"Hg(733mm Hg)	1.06
2000	27.82"Hg(707 mm Hg)	1.08
2500	27.32"Hg(694 mm Hg)	1.1
3000	26.82"Hg(681 mm Hg)	1.12
3500	26.33"Hg(669 mm Hg)	1.14
4000	25.84 Hg(656 mm Hg)	1.16
5000	24.90 Hg(633mm Hg)	1.2
6000	23.98"Hg(609 mm Hg)	1.25
7000	23.09"Hg(587 mm Hg)	1.3
8000	22.23"Hg(565 mm Hg)	1.35
9000	21.39"Hg(543 mm Hg)	1.4
10000	20.58"Hg(523 mm Hg)	1.45

Una vez corregido el caudal requerido en función de la altitud del sitio de instalación, se procede al dimensionamiento de la potencia del motor del compresor. Para este cálculo se emplean parámetros de referencia, como los valores indicados en la tabla 34.

Tabla 34
POTENCIA DEL COMPRESOR DE AIRE COMPRIMIDO

PUMP	CAPACIDAD DE LA PLANTA (NFPA)	CAPACIDAD DE UNA BOMBA (NFPA) SCFM @ 19" HG.	TAMAÑO RECEPTOR (GALONES)
CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR	SCFM @ 19" HG. SIN BOMBA DE RETARDO		
1	5.0.	5.0.	80
1.5	6.4	6.4	80
2	9.3	9.3	80
3	12.9	12.9	120
5	20	20	120
7.5	40.8	40.8	200
10	60.4	60.4	200

VI-D5. Sistema Eléctrico: Las instalaciones eléctricas comprenden el conjunto de elementos y condiciones necesarias para convertir, conducir y suministrar energía eléctrica desde los sistemas de distribución principales hasta los equipos que requieren este servicio. Por ello, durante las etapas de diseño e implementación, es indispensable considerar una serie de criterios fundamentales, entre los cuales destacan:

- Seguridad de los usuarios, garantizando medidas de protección frente a riesgos de electrocución e incendio.
- Protección de los equipos, mediante dispositivos que mitiguen daños ocasionados por incendios, variaciones en la calidad del suministro eléctrico y descargas atmosféricas.
- Continuidad del suministro, asegurando la operación ininterrumpida ante fallas en las fuentes de energía o interrupciones del sistema eléctrico.
- Optimización del consumo energético y sostenibilidad ambiental, permitiendo una adecuada selección de las fuentes de alimentación, el dimensionamiento correcto de la demanda eléctrica y el control de los costos asociados.
- Facilidad de operación y mantenimiento, favoreciendo la accesibilidad y eficiencia en la gestión de los sistemas eléctricos instalados.

En este contexto, todas las intervenciones técnicas relacionadas con los sistemas eléctricos deben ser ejecutadas exclusivamente por personal calificado y debidamente certificado.

Para garantizar la confiabilidad de una instalación eléctrica, es imprescindible que los materiales utilizados en su adquisición e instalación cuenten, como mínimo, con certificaciones emitidas por organismos internacionales reconocidos, como la Comisión Electrotécnica Internacional.

En relación con el diseño de las instalaciones eléctricas, se deben considerar los siguientes lineamientos:

- Emplear materiales cuya simbología y terminología estén estandarizadas y reconocidas a nivel internacional.
- Seleccionar únicamente componentes eléctricos que dispongan de certificaciones internacionales vigentes.
- Aplicar las recomendaciones técnicas internacionalmente aceptadas por los organismos reguladores correspondientes.

Adicionalmente, es obligatorio cumplir con todas las disposiciones y restricciones establecidas en la normativa nacional aplicable, aun cuando estas no coincidan completamente con estándares o recomendaciones internacionales. Antes de proceder con la instalación de cualquier equipo eléctrico, se debe revisar la información técnica indicada en la placa de identificación o en el manual del fabricante, verificando que el equipo cumpla íntegramente con los requisitos exigidos por la normativa local.

Como marco de referencia, se consideran las principales normativas internacionales y nacionales vigentes, entre las cuales se incluyen:

- NFPA 99 – Health Care Facilities Code (instalaciones eléctricas en áreas críticas) [90].
- IEC 60364-7-710 (instalaciones eléctricas en locales médicos) [147].
- IEC 60601-1 (seguridad de equipos electromédicos) [92].
- Código Eléctrico Nacional del Ecuador (CEN / NEC) [148].

Las instalaciones eléctricas en centros de atención médica deben cumplir tanto con los requisitos generales de las instalaciones de uso final como con disposiciones específicas aplicables a clínicas, hospitales y centros de salud.

- Los establecimientos hospitalarios con acometida eléctrica en media tensión deben disponer de un sistema de transferencia automática que permita la conexión inmediata a una fuente alterna de alimentación.
- En los centros de atención hospitalaria debe instalarse una fuente alterna de energía eléctrica que entre en funcionamiento en un tiempo máximo de 10 segundos después de una interrupción del suministro normal, complementada con un sistema de transferencia automática con posibilidad de conmutación manual al sistema normal en caso de falla.
- En áreas críticas, cuando la demanda máxima del sistema eléctrico esencial no supere los 150 kVA, se permite el uso de un único conmutador de transferencia para uno o varios ramales o sistemas eléctricos.
- En áreas médicas críticas donde la continuidad del suministro eléctrico es vital para la preservación de la vida, debe implementarse un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) en línea para equipos de soporte vital, control de gases medicinales y sistemas de comunicación.
- Los circuitos alimentadores de áreas críticas deben mantener una variación de tensión no mayor a $\pm 3\%$ y contar con protección escalonada contra sobretensiones, utilizando dispositivos de protección extraíbles que faciliten su reemplazo ante fallas.
- En quirófanos y demás áreas médicas críticas, como unidades de cuidados intensivos, salas de cirugía, neonatología, salas de parto y laboratorios de procedimientos invasivos, debe instalarse un sistema de potencia aislado (sistema IT), conectado a circuitos exclusivos del área, diseñados con conductores de muy baja corriente de fuga para reducir riesgos eléctricos al paciente; en la figura 27 se ilustra un sistema eléctrico esencial en hospitales.

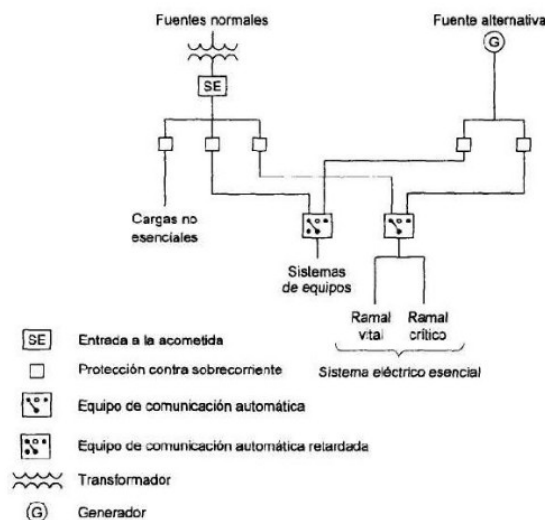


Figura 27. Sistemas eléctricos esenciales en hospitales

Las instalaciones de salud, como clínicas y hospitales, disponen de diversos ambientes que se clasifican en áreas de uso médico y áreas de uso no médico. Estas últimas incluyen espacios como salas de espera, oficinas, áreas técnicas y servicios higiénicos. Por su parte, las áreas de uso médico se organizan en distintos grupos según el nivel de riesgo y el tipo de utilización, tal como se presenta en la tabla 35.

Tabla 35
CLASIFICACIÓN DE ÁREAS MÉDICAS SEGÚN GRUPO DE APLICACIÓN Y TIPO DE UTILIZACIÓN

Grupo de aplicación	Tipo de sala de acuerdo a la utilización	Tipo de utilización médica
0	Salas de internación Salas de esterilización para cirugías Salas de lavado para cirugías Consultorios de medicina humana y dental	No existe utilización de equipos electromédicos aplicados al paciente.
1	Salas para ecografía Salas para internación Salas para terapia física Consultorios de medicina humana y dental Salas para diagnóstico radiológico y tratamiento Salas de parto	Utilización de equipos electromédicos aplicados a través de aberturas naturales del cuerpo o en procedimientos quirúrgicos menores (cirugía menor).
2a	Salas de preparación para cirugía Salas para endoscopía Salas para diálisis Salas para yesos quirúrgicos Salas para hidroterapia	Procedimientos de cirugía menor sin introducción de catéteres en el corazón y sin riesgo significativo de microchoque.
2b	Salas para ambulatorios quirúrgicos Quirófanos Salas de recuperación postquirúrgica Salas de examen intensivo Unidades de cuidados intensivos (UCI) Salas de diagnóstico y tratamientos invasivos guiados por imágenes Salas de cateterismo cardíaco Quirófanos de obstetricia Salas de neonatología	Procedimientos quirúrgicos mayores, introducción de catéteres intracardíacos, uso de equipos electromédicos para soporte vital y alto riesgo de microchoque.

- **Grupo 2a:** Corresponde a áreas con sistema de suministro eléctrico aislado tipo IT, en las cuales se permite la instalación de monitores de aislamiento basados en resistencia o en impedancia para la supervisión del estado del sistema eléctrico.
- **Grupo 2b:** Corresponde a áreas con sistema de suministro eléctrico aislado tipo IT; no obstante, en estas áreas la normativa establece que únicamente pueden instalarse monitores de aislamiento de tipo impedancia, conocidos como monitores de corriente total de fuga, debido a su función de detección de corrientes peligrosas para el paciente.

En función de la clasificación presentada, el quirófano de gastroenterología se enmarca dentro del Grupo 2b, debido al uso de equipos electromédicos invasivos y a la necesidad de garantizar la continuidad del suministro eléctrico para la preservación de las funciones vitales del paciente. Por esta razón, el diseño del sistema eléctrico debe considerar los siguientes criterios normativos [149]:

- **Sistema de potencia aislado:** El sistema debe incorporar un transformador de aislamiento (este no debe tener una potencia nominal inferior a 0,5 kVA ni superior a 10 kVA en áreas de cuidados críticos) lo cual permita limitar las corrientes de fuga con el fin de reducir el riesgo eléctrico para el paciente y el personal de salud.
- El monitor de aislamiento debe generar una alarma cuando la resistencia de aislamiento entre fase y tierra sea inferior a 50 k Ω .
- Garantizar la calidad y continuidad del suministro eléctrico, incluyendo la protección frente a sobretensiones transitorias, como las producidas por descargas atmosféricas, y evitando eventos adversos durante los procedimientos médicos.
- Prever espacios adecuados para la correcta instalación, operación y mantenimiento del sistema eléctrico.
- Minimizar el riesgo de microchoque mediante el uso de sistemas eléctricos apropiados para áreas médicas críticas.
- Mantener la resistencia eléctrica de los pisos dentro de un rango comprendido entre 27 k Ω y 47 k Ω , conforme a los requerimientos de seguridad eléctrica.
- En salas de cirugía y áreas de cuidados críticos, la longitud de los conductores y la calidad de su aislamiento deben limitar las corrientes de fuga a valores no superiores a 10 μ A y evitar tensiones que puedan inducir corrientes en el paciente mayores a 10 mA, considerando una resistencia promedio del cuerpo humano con piel abierta de 500 Ω .
- La tensión del secundario del transformador no debe exceder los 250 V, y el transformador debe construirse con aislamiento tipo H, F o B, conforme a normas técnicas internacionales.
- El transformador debe ser capaz de suministrar hasta el 150 % de su potencia nominal para atender cargas intermitentes elevadas, garantizando que, ante una primera falla de línea a tierra, la corriente se mantenga en valores cercanos a 5 mA sin interrupción del suministro eléctrico.
- En el secundario del transformador deben instalarse interruptores bipolares con una corriente nominal mínima de 20 A, los cuales deben abrir ambos conductores únicamente ante la presencia de una segunda falla que provoque un cortocircuito.
- El **tablero de aislamiento** debe cubrir todos los circuitos del área crítica, incluyendo la luminaria cialítica, independientemente de su tensión de alimentación.
- Los **tomacorrientes** destinados a áreas de pacientes deben diseñarse para soportar la operación simultánea de múltiples equipos médicos, derivándose de fuentes de energía confiables y de respaldo. Estos deben ser del tipo hospitalario, con conexión efectiva a tierra y sin el uso de extensiones eléctricas. Disponer de tomacorrientes polarizados, considerando que:
 - Cada tomacorriente se dimensiona para una carga nominal de 200 W.
 - Cada circuito alimente un máximo de 10 tomacorrientes.
 - El calibre de los conductores no sea inferior a 6 mm² (No. 10 AWG).
 - Para salidas destinadas a equipos de alto consumo, como esterilizadores o sistemas de calefacción, se disponga de circuitos independientes con conductores de calibre no menor a 4 mm² (No. 12 AWG).
 - La caída de tensión no supere el 3 % en el punto más alejado del circuito.

- Los tomacorrientes en áreas de pacientes generales y críticos deben diseñarse para permitir la operación simultánea del mayor número de equipos médicos y deben alimentarse desde al menos dos fuentes de energía distintas o desde la fuente de suplencia, mediante sistemas de transferencia automática.
- Los tomacorrientes deben ser dobles, con polo a tierra (mediante conductores de cobre aislados) y de tipo grado hospitalario; en áreas de pacientes generales se debe disponer de un mínimo de cuatro tomacorrientes dobles, mientras que en áreas de pacientes críticos se debe contar con al menos seis tomacorrientes dobles.
- Los interruptores automáticos no deben utilizarse como dispositivos de control para el encendido y apagado de la iluminación en centros de atención hospitalaria.
- Contar con tableros eléctricos destinados al control, protección y medición de los circuitos de tomacorrientes, tomas especiales y sistemas de alumbrado.
- Implementar un sistema de puesta a tierra mediante una malla de tierra que permita la protección frente a cortocircuitos y limite tensiones peligrosas originadas por fenómenos eléctricos o naturales.
- Los **tableros eléctricos secundarios** deberán organizarse por zonas funcionales del bloque quirúrgico, considerando quirófanos y sus áreas asociadas, con el fin de facilitar la sectorización del sistema eléctrico y mejorar la seguridad operativa.
- Estos tableros deben ubicarse lo más próximos posible a las áreas que alimentan, garantizando:
 - Acceso rápido y seguro.
 - Facilidad para labores de operación, inspección y mantenimiento.
- Desde el tablero principal, se recomienda diferenciar claramente los circuitos destinados a:
 - Alumbrado.
 - Tomacorrientes.
 - Cargas especiales o de alto consumo.
 - Todos estos circuitos deben contar con protección mediante disyuntores termomagnéticos adecuados.

El cableado y los dispositivos de protección deberán estar correctamente dimensionados para soportar las demandas eléctricas de los circuitos de iluminación, tomacorrientes y tomas especiales, asegurando un funcionamiento seguro y continuo del sistema eléctrico del quirófano.

Una vez determinada la carga total demandada por la instalación eléctrica, es necesario dimensionar el transformador considerando criterios técnicos que garanticen un suministro seguro y confiable.

- Para la selección del transformador se deben evaluar los siguientes aspectos fundamentales:
 - Potencia máxima que deberá suministrar el transformador.
 - Posibles incrementos de carga por futuras ampliaciones o incorporación de nuevos equipos.
 - Potencia instalada, definida como la suma de las potencias nominales de todos los equipos eléctricos conectados.
 - La potencia instalada, expresada en kW, sirve como base para la selección de la potencia nominal de los generadores de emergencia o sistemas UPS.
 - Potencia aparente, expresada en kVA, correspondiente a la suma aritmética de los kVA individuales de cada equipo.
 - Niveles de tensión primaria y secundaria del transformador.
 - Regulación de tensión en la salida.
 - Frecuencia de operación.
 - Condiciones térmicas externas e internas.
 - Altura sobre el nivel del mar, debido a su influencia en la capacidad de disipación térmica.

- Para el cálculo de la potencia requerida del transformador se utiliza la ecuación (21), una vez obtenida la demanda total de carga, se emplean relaciones de dimensionamiento adecuadas al tipo de sistema eléctrico [150].

$$kVA = \frac{V \cdot I}{1000} \quad (21)$$

- En sistemas trifásicos, el dimensionamiento del transformador se realiza considerando la ecuación (22) correspondiente a este tipo de configuración, garantizando una correcta distribución de la carga eléctrica [150].

$$kVA = \frac{V \cdot I \cdot \sqrt{3}}{1000} \quad (22)$$

El transformador seleccionado debe cumplir con la normativa técnica vigente, en particular con la norma NTE INEN 2684, correspondiente a transformadores de distribución trifásicos.

VI-D6. Sistema de telecomunicaciones: Para el diseño del sistema de telecomunicaciones del quirófano y del conjunto quirúrgico, es indispensable integrar diversos componentes asociados a las tecnologías de la información y la comunicación, los cuales permiten garantizar la continuidad operativa, la coordinación del personal y la seguridad del paciente.

- Registros electrónicos de pacientes para gestión de información clínica.
- Formularios y solicitudes digitales para procesos médicos y administrativos.
- Sistemas PACS para almacenamiento y visualización de imágenes médicas.
- Telefonía fija e inalámbrica para comunicación entre quirófanos y áreas de apoyo.
- Computadoras y dispositivos móviles para el personal de salud.
- Sistemas de alarmas centralizadas para emergencias.
- Sistemas de identificación y trazabilidad mediante códigos de barras.
- Red inalámbrica segura en quirófanos y áreas adyacentes.
- Sistemas de videoconferencia para soporte clínico y telemedicina.
- Salas técnicas para control de telecomunicaciones.
- Sistemas de perifoneo y radio de emergencia.

Para el diseño del sistema de telecomunicaciones del quirófano y de las áreas de apoyo del conjunto quirúrgico, es indispensable definir un sistema de cableado estructurado que integre de manera ordenada los equipos de comunicación, conectores, canalizaciones y tipos de cable necesarios para la transmisión de voz, datos y video. Este sistema constituye la base física que permite la interoperabilidad y confiabilidad de las redes de información clínica y operativa dentro del área quirúrgica.

El cableado estructurado debe diseñarse y ejecutarse como una metodología estandarizada, garantizando compatibilidad, seguridad y facilidad de mantenimiento, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las normas ANSI/TIA-1179 [151] para instalaciones de salud, TIA-568 para sistemas de cableado de telecomunicaciones y TIA-569 para canalizaciones y espacios. La aplicación de estas normas permite asegurar un desempeño adecuado de la red, minimizar interferencias con equipos electromédicos y facilitar futuras ampliaciones o reconfiguraciones del sistema en el quirófano y sus áreas adyacentes.

- La selección del tipo de cableado estructurado debe realizarse en función de la configuración arquitectónica de la edificación. De manera general, el sistema puede clasificarse en cableado horizontal y cableado vertical, como se muestra en la figura 28.

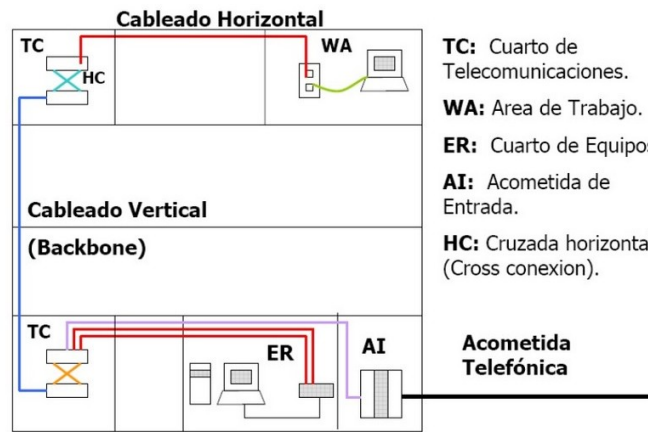


Figura 28. Sistema de Cableado estructurado (SCE)

En edificaciones de una sola planta, la distribución del cableado se realiza principalmente de forma horizontal; mientras que en edificaciones de varios niveles se adopta un esquema mixto que combina cableado vertical para la interconexión entre pisos y cableado horizontal para la distribución dentro de cada nivel, conforme a la organización funcional del edificio.

El objetivo principal del sistema de cableado estructurado es satisfacer las necesidades de comunicación de los usuarios durante toda la vida útil del edificio, evitando la instalación adicional de cableado.

- Este sistema permite adaptarse a modificaciones en la infraestructura física, como cambios en la distribución de áreas, puestos de trabajo o espacios funcionales.
- Facilita la integración de múltiples servicios, incluyendo datos, telefonía, video, sistemas de alarma, climatización y control de accesos, a través de una misma red.
- Permite unificar y organizar el tendido de cables, mejorando la eficiencia, el orden y el mantenimiento de la infraestructura.
- Proporciona flexibilidad frente a la evolución tecnológica de los equipos y sistemas de telecomunicaciones.

La selección del tipo de cableado se sustenta en el ancho de banda a calcular y la distancia entre nodos, estas características se muestran en la tabla 36:

Tabla 36
CRITERIOS TÉCNICOS DE CABLEADO Y CONTROL

Categoría	Criterios técnicos
Cableado de cobre (datos y control)	- Longitud máxima del enlace: $L \leq 90 \text{ m} \Rightarrow \text{UTP Cat 6A}$ - Capacidad de transmisión garantizada: $BW \leq 10 \text{ Gbps}$
Fibra óptica (video médico y backbone)	- Requerimiento de ancho de banda: $BW > 10 \text{ Gbps}$ - Tipo de fibra recomendada: Fibra óptica OM4 / OS2 - Ventaja técnica: inmunidad electromagnética frente a equipos médicos, conforme a la norma IEC 60601-1-2.
Verificación de interferencias electromagnéticas (EMI)	- Separación mínima entre cableado de telecomunicaciones y líneas eléctricas: $d \geq 300 \text{ mm}$ - Condición en cruces inevitables: $\theta = 90^\circ$ - Este criterio garantiza la integridad de las señales en ambientes con equipos de alta potencia, como electrobisturíes y generadores.

- Definir la topología de red más adecuada para el sistema de telecomunicaciones, considerando el rendimiento y la velocidad de transmisión [152]:
 - Punto a punto.
 - Bus.
 - Estrella.
 - Anillo.
- Seleccionar el medio de transmisión de datos:
 - Par trenzado de cobre.
 - Fibra óptica.
- Determinar la ubicación y distribución de los nodos de red dentro del quirófano y áreas de apoyo.
- Definir la cantidad y tipo de accesorios requeridos para el cuarto de telecomunicaciones:
 - Rack.
 - Patch panel.
 - Organizadores verticales y horizontales.
 - Barra de cobre para puesta a tierra.
- Seleccionar los accesorios necesarios en cada nodo de red:
 - Cable de par trenzado.
 - Patch cord.
 - Jack.

- Faceplate.
- f) Establecer los requisitos mínimos del servidor para el sistema de comunicación y archivo de imágenes (PACS):
 - Procesador superior a 3 GHz.
 - Memoria RAM mayor a 4 GB.
 - Almacenamiento mínimo de 1 TB.
 - Sistema de respaldo UPS.
 - Sistema operativo Windows Server.

VI-D7. Equipamiento Biomedico: Este apartado define los criterios normativos que rigen la selección, instalación, operación y seguridad del equipamiento biomédico en los quirófanos, con el objetivo de garantizar la seguridad del paciente, la protección del personal de salud y la correcta interoperabilidad de los sistemas hospitalarios. Para ello, se consideran normas internacionales que establecen los requisitos esenciales de seguridad y desempeño de los equipos electromédicos, como la serie IEC 60601 [92], que regula la seguridad eléctrica y la compatibilidad electromagnética, así como las normas ISO 14971 e ISO 13485, orientadas a la gestión de riesgos y a los sistemas de calidad en dispositivos médicos.

De manera complementaria, se incorporan las normativas nacionales vigentes en el Ecuador, emitidas por el Ministerio de Salud Pública, la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) [87] y las normas INEN aplicables a instalaciones hospitalarias, cuyo cumplimiento asegura que el equipamiento biomédico funcione bajo condiciones de seguridad, confiabilidad y compatibilidad técnica, en concordancia con el rediseño propuesto y las exigencias de un hospital de tercer nivel.

En la tabla 37 se detalla el equipamiento biomédico esencial requerido en un quirófano, considerando los criterios normativos de seguridad, desempeño y continuidad operativa. Estos equipos constituyen la base funcional del entorno quirúrgico, garantizando condiciones seguras para el paciente y el personal de salud durante los procedimientos.

Tabla 37
EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO ESENCIAL DEL QUIRÓFANO

Equipo	Normativa aplicable	Requisitos normativos y técnicos relevantes
Lámpara quirúrgica LED	IEC 60601-2-41 [153]	Establece niveles mínimos de iluminancia, uniformidad y seguridad fotobiológica para iluminación quirúrgica. Debe garantizar iluminación continua del campo operatorio. Requiere conexión al sistema eléctrico esencial y respaldo mediante UPS o circuito crítico.
Mesa quirúrgica electrohidráulica radiotransparente	IEC 60601-1 [154]/ IEC 60601-2-46 [155] / NFPA 99	Regula seguridad mecánica, estabilidad y radiotransparencia para fluoroscopia. Debe permitir posicionamiento seguro del paciente. Alimentación desde circuito esencial; se recomienda respaldo eléctrico para evitar fallos durante procedimientos.
Monitor multiparámetro	IEC 60601-2-49 / NFPA 99	Define requisitos de seguridad y desempeño para monitoreo de signos vitales. Debe operar de forma continua en eventos críticos. Conectividad a historia clínica electrónica y respaldo eléctrico mediante UPS obligatorio.
Carro de paro	MSP [156]	Establece equipamiento mínimo para reanimación cardiopulmonar. Debe ubicarse en área accesible del quirófano. Equipos eléctricos integrados requieren alimentación desde circuito esencial y respaldo eléctrico.
Unidad electroquirúrgica	IEC 60601-2-2 [157]	Regula modos de corte y coagulación, control de corrientes de fuga y seguridad eléctrica. Debe conectarse al sistema eléctrico esencial. UPS obligatorio para evitar interrupción del procedimiento.
Arco en C	IEC 60601-2-43	Define requisitos de seguridad radiológica y calidad de imagen en fluoroscopia. Requiere instalación en áreas compatibles con radioprotección. Alimentación desde circuito crítico y respaldo eléctrico recomendado.

La tabla 38 expone el equipamiento biomédico específico para procedimientos de gastroenterología, el cual responde a las necesidades diagnósticas y terapéuticas propias de esta especialidad.

Tabla 38
EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO PARA PROCEDIMIENTOS DE GASTROENTEROLOGÍA

Equipo	Normativa aplicable	Requisitos normativos y técnicos relevantes
Torre de endoscopia	ASGE [158]	Define criterios de seguridad eléctrica, calidad de imagen y compatibilidad de accesorios endoscópicos. Requiere conectividad para gestión de imágenes y respaldo eléctrico mediante UPS.
Colonoscopio	ANSI/AAMI ST91 [159] / ASGE	Regula reprocesamiento, control microbiológico y seguridad del endoscopio flexible. Debe contar con trazabilidad del uso y esterilización. Integración con sistemas de registro y respaldo energético en áreas de reproceso.
Gastroscopeco / Duodenoscopio	ANSI/AAMI ST91 / ASGE	Establece estándares para reprocesamiento y mantenimiento seguro, especialmente en procedimientos terapéuticos avanzados. Requiere control de esterilidad y registro continuo de uso.
Ecoendoscopio (EUS)	ASGE / NFPA 99	Regula seguridad del equipo combinado de ultrasonido y endoscopia. Requiere alta estabilidad eléctrica, respaldo mediante UPS y almacenamiento seguro de datos e imágenes.
Endoscopios flexibles de alta definición	ANSI/AAMI ST91	Define requisitos de reprocesamiento, almacenamiento y trazabilidad. Indispensable para procedimientos EMR y ESD. Necesita integración con sistemas de gestión hospitalaria y respaldo energético.

VI-E. Desarrollo del nuevo diseño del área quirúrgica mediante metodología BIM

VI-E1. Fase de diseño: Durante esta fase se desarrolla el modelo arquitectónico y funcional del quirófano, aplicando los principios de diseño universal, ergonomía y asepsia hospitalaria. Se definen los espacios que componen el entorno quirúrgico (área limpia, semirrestringida y restringida), los accesos de personal y pacientes, y la disposición de equipos médico conforme a los flujos de trabajo establecidos en la fase anterior. El diseño se elabora en el entorno BIM utilizando Autodesk Revit, lo que permite representar tridimensionalmente cada componente, integrando elementos estructurales, eléctricos y mecánicos recomendados.

Como resultado de este análisis, se propuso una nueva configuración espacial con dimensiones aproximadas 53.27 m de largo por 11.06 m de ancho, obteniendo una superficie espacial total de 589.16 m², lo que permitió organizar de manera eficiente la propuesta de tres quirófanos junto con sus respectivas áreas adyacentes de apoyo. Esta ampliación posibilitó la correcta distribución de zonas limpias, semirrestringidas y restringidas, además de incorporar espacios complementarios destinados a la preparación del paciente, preparación y almacenamiento de material, estación de enfermería, áreas de limpieza y circulación técnica, contribuyendo a una mejor coordinación de los procesos hospitalarios; En la tabla 39 se expresan las dimensiones y aumento porcentual del complejo.

Tabla 39
COMPARACIÓN DIMENSIONAL Y AUMENTO PORCENTUAL DEL ÁREA DEL QUIRÓFANO

Dimensiones	Estado actual (m)	Estado propuesto (m)	Incremento (%)
Largo	40.49	53.27	31.56
Ancho	7.60	11.06	45.52
Área total (m ²)	307.72	589.16	91.45

VI-E2. Distribución de los espacio y áreas: La distribución de las áreas del quirófano fue definida considerando los criterios establecidos en la normativa vigente para áreas quirúrgicas, con el objetivo de garantizar una organización espacial funcional y segura. Por lo tanto, se tomaron en cuenta los requerimientos relacionados con dimensiones mínimas, circulación, separación de áreas críticas y flujos operativos del personal, pacientes y equipamiento.

Como resultado de este proceso metodológico, en la figura 29 se presenta el boceto conceptual de la propuesta de diseño del nuevo complejo quirúrgico, el cual sirve como herramienta de planificación para verificar la correcta disposición de pasillos, espacios de trabajo y áreas funcionales, asegurando su adecuada interacción.

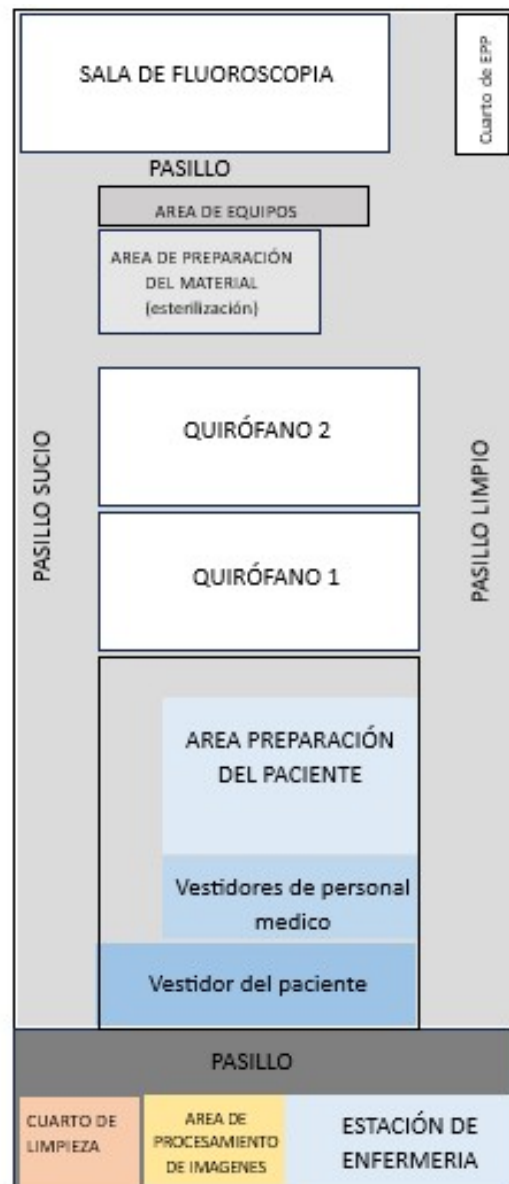


Figura 29. Boceto de diseño y distribución espacial de áreas del quirófano [Autor propio].

Área de preparación del paciente: El área de preparación del paciente se concibe como un espacio previo al ingreso al quirófano, destinado a la verificación clínica, acondicionamiento físico y preparación inicial del paciente antes del procedimiento. Su ubicación cercana a las salas quirúrgicas permite reducir tiempos de traslado y mantener un flujo controlado, evitando el cruce con áreas contaminadas y garantizando condiciones adecuadas de bioseguridad.

Vestidores del personal médico: Los vestidores del personal médico se ubican en la zona de transición entre las áreas generales y las áreas restringidas del quirófano, con el propósito de controlar el acceso y asegurar el cumplimiento de los protocolos de bioseguridad. Estos espacios están destinados al cambio de indumentaria clínica y quirúrgica del personal antes y después de los procedimientos. Asimismo, se implementaron duchas y baños dentro de esta área, permitiendo una adecuada higiene del personal médico y contribuyendo a la prevención de infecciones. Su ubicación facilita el acceso al pasillo limpio y a las áreas quirúrgicas sin

interferir con flujos contaminados.

Vestidor del paciente: El vestidor del paciente se diseñó como un espacio destinado al cambio de vestimenta y preparación previa al procedimiento quirúrgico. Su localización próxima al área de preparación del paciente y a los quirófanos permite un ingreso ordenado y controlado, manteniendo la privacidad del paciente y asegurando condiciones adecuadas de higiene antes de su traslado al área quirúrgica.

Quirófanos 1 y 2: Los quirófanos 1 y 2 presentan características técnicas y equipamiento similares, por lo que su descripción se aborda de manera conjunta. En estos espacios se realizan procedimientos quirúrgicos y endoscópicos de gastroenterología que no requieren sistemas avanzados de imagen. Su disposición central dentro del bloque quirúrgico permite una conexión directa con el pasillo limpio para el ingreso de personal, pacientes y material estéril, así como con el pasillo sucio para la evacuación de residuos y material utilizado, garantizando la correcta segregación de flujos.

Sala de fluoroscopia: La sala de fluoroscopia está destinada a procedimientos que requieren guía por imagen en tiempo real y se encuentra equipada con un arco en C móvil. Debido a los requerimientos técnicos del equipamiento radiológico y a las condiciones de protección radiológica necesarias, esta sala se ubica de forma diferenciada respecto a los quirófanos convencionales, manteniendo accesos controlados desde los pasillos funcionales y permitiendo una operación segura para el personal y el paciente.

Área de preparación del material: El área de preparación del material se destina al acondicionamiento y suministro de instrumental estéril necesario para los procedimientos quirúrgicos. Su ubicación estratégica cercana a los quirófanos y su relación directa con el pasillo limpio facilitan el abastecimiento oportuno de material, evitando el cruce con flujos contaminados y contribuyendo al control de infecciones.

Área de equipos: El área de equipos se destina al almacenamiento y soporte del equipamiento médico utilizado durante los procedimientos quirúrgicos. Su localización permite un acceso rápido desde las salas quirúrgicas, optimizando el uso del espacio operativo y evitando la saturación de los quirófanos con elementos no esenciales durante las intervenciones.

Área de EPR: El área de Equipo de Protección Radiológica (EPR) se diseñó como un espacio específico para el almacenamiento y colocación de vestimenta de protección radiológica, incluyendo batas plumadas, protectores de cuello y gafas de protección. Esta área se ubica próxima a la sala de fluoroscopia, permitiendo que el personal médico acceda de manera rápida y segura a los elementos de protección necesarios antes de los procedimientos que implican el uso de radiación ionizante.

Estación de enfermería: La estación de enfermería se ubica en una posición estratégica dentro del bloque quirúrgico, permitiendo la supervisión general de las actividades, la coordinación del personal y el control del flujo de pacientes. Desde este espacio se facilita una respuesta oportuna ante requerimientos clínicos durante el desarrollo de los procedimientos.

Área de procesamiento de imágenes: El área de procesamiento de imágenes se destina a la visualización, análisis y gestión de los estudios obtenidos durante los procedimientos, especialmente aquellos realizados en la sala de fluoroscopia.

Cuarto de limpieza: Se localiza en relación directa con el pasillo sucio y está destinado al almacenamiento de insumos, equipos de limpieza y al manejo inicial de residuos. Esta ubicación evita interferencias con las áreas limpias y contribuye a mantener condiciones adecuadas de higiene dentro del quirófano.

Pasillos limpio y sucio: Los pasillos limpio y sucio estructuran la circulación interna del quirófano, permitiendo la segregación de flujos estériles y contaminados. El pasillo limpio se utiliza para el ingreso de pacientes,

personal y material estéril, mientras que el pasillo sucio facilita la evacuación de residuos, material utilizado y equipos contaminados, reduciendo el riesgo de contaminación cruzada y asegurando un funcionamiento ordenado de las áreas.

VI-E3. Modelado BIM arquitectónico del diseño propuesto: El nuevo diseño del complejo quirúrgico de gastroenterología se desarrolló mediante la aplicación práctica de la metodología Building Information Modeling (BIM), con el propósito de generar un modelo técnico, funcional y actualizado que integre la distribución espacial, los sistemas MEP y los requerimientos clínicos propios de un hospital de tercer nivel.

La metodología BIM permitió abordar el proceso de diseño desde un enfoque integral y coordinado, facilitando la interacción entre las disciplinas arquitectónica, eléctrica, sanitaria, mecánica y biomédica. Este enfoque garantizó que el modelo resultante no solo represente la geometría del quirófano, sino que incorpore información técnica relevante para su operación, mantenimiento y futura actualización.

El diseño arquitectónico se basó en criterios de ergonomía, seguridad del paciente y control de infecciones, incorporando elementos como muros, puertas, cielos falsos técnicos, pisos y acabados adecuados al entorno hospitalario. Asimismo, se consideraron las dimensiones mínimas requeridas para permitir la correcta operación del equipamiento biomédico y la movilidad del personal.

VI-E4. Alcance del modelado BIM: El alcance del modelado BIM desarrollado en este proyecto se centra principalmente en el rediseño integral de los quirófanos, considerando su actualización tecnológica, funcional y normativa mediante la integración de sistemas arquitectónicos y MEP, con el objetivo de garantizar un funcionamiento seguro, eficiente y acorde a los estándares hospitalarios actuales.

El modelo BIM abarca el diseño completo del complejo quirúrgico; sin embargo, el énfasis del estudio se encuentra en los quirófanos como núcleo funcional del proyecto. Las áreas adyacentes y de apoyo fueron modeladas con el propósito de contextualizar el entorno quirúrgico, optimizar los flujos de trabajo y asegurar el cumplimiento de los requerimientos técnicos y clínicos necesarios para la correcta operación de las salas de cirugía.

El alcance específico del modelado BIM incluye:

- Salas de quirófano convencional con equipamiento para procedimientos quirúrgicos y de gastroenterología.
- Quirófano con sistema de fluoroscopia (arco en C).
- Integración de equipamiento biomédico fijo y móvil.
- Modelado de sistemas MEP necesarios para la operación segura de los quirófanos.
- Diseño arquitectónico conforme a criterios de asepsia, ergonomía y zonificación hospitalaria.

Las áreas de apoyo, tales como preparación del paciente, preparación de material, vestidores, pasillos, estación de enfermería y áreas técnicas, fueron modeladas a nivel funcional y normativo, con el fin de garantizar la correcta relación espacial, operativa y sanitaria con los quirófanos, sin constituir el foco principal del análisis técnico del proyecto.

El nivel de desarrollo del modelo BIM corresponde a un LOD 300, permitiendo representar de manera precisa la geometría, ubicación, dimensiones y relaciones espaciales de los elementos arquitectónicos, sistemas MEP y equipamiento biomédico necesarios para la validación técnica y funcional del diseño.

VI-E5. Plan de Ejecución BIM (BEP): Con el fin de estructurar y organizar el desarrollo del modelo BIM, se estableció un Plan de Ejecución BIM (BEP). El objetivo del BEP es establecer una metodología clara para el desarrollo del modelo BIM, orientada a la integración de los sistemas arquitectónicos y MEP de los

quirófanos, asegurando el cumplimiento normativo, la correcta ubicación del equipamiento biomédico y la funcionalidad clínica de los espacios.

Los usos BIM considerados en el proyecto son:

- Diseño arquitectónico hospitalario.
- Coordinación de sistemas MEP.
- Integración de equipamiento biomédico.
- Validación espacial y funcional del área quirúrgica.
- Verificación del cumplimiento de estándares técnicos y normativos.

El desarrollo del modelo se realizó utilizando Autodesk Revit como plataforma BIM, permitiendo la creación de un modelo tridimensional coordinado que integra arquitectura, instalaciones eléctricas, gases medicinales, climatización, sistemas sanitarios y equipamiento médico.

Las disciplinas incluidas en el modelo BIM son:

- Arquitectura.
- Sistema eléctrico hospitalario.
- Sistema de gases medicinales.
- Sistema de climatización y ventilación.
- Sistema sanitario.
- Sistema de comunicaciones y seguridad.

El modelado se desarrolló bajo los siguientes criterios:

- Cumplimiento de normativas hospitalarias vigentes.
- Representación del equipamiento biomédico.
- Coordinación espacial entre equipos, instalaciones y arquitectura.
- Priorización del funcionamiento clínico del quirófano.

VI-F. Fase de simulación y validación del rediseño en entorno BIM

Esta fase tiene como propósito evaluar el desempeño funcional y técnico del quirófano rediseñado. El proceso se desarrolló de manera secuencial, iniciando con el análisis de los requerimientos clínicos específicos del servicio de gastroenterología y la definición de criterios de diseño arquitectónico, tecnológico y normativo aplicables al área quirúrgica.

Posteriormente, se procedió al modelado progresivo de las distintas disciplinas (arquitectura, estructura e instalaciones MEP) dentro del entorno BIM, asegurando la correcta integración de los sistemas y la compatibilidad espacial entre ellos. Esta etapa permitió detectar interferencias, optimizar la disposición del equipamiento biomédico y garantizar la coherencia entre los componentes constructivos y tecnológicos.

A través de las herramientas de Revit, se realizó la simulación digital del funcionamiento del quirófano, considerando:

- Flujos de circulación del personal médico y del paciente.
- Distribución y accesibilidad del equipamiento biomédico.
- Rutas de suministro, almacenamiento y evacuación de desechos.
- Interacción entre áreas estériles y no estériles.

Como resultado de esta fase se generaron los siguientes productos:

- Modelo BIM coordinado del quirófano de gastroenterología.
- Planos arquitectónicos y de sistemas MEP derivados del modelo.

- Tabla de implementación de equipamiento biomédico.
- Visualizaciones tridimensionales del diseño propuesto para análisis técnico y presentación.

Por último, se efectuó la validación del rediseño mediante la verificación de criterios técnicos, normativos y funcionales, evaluando aspectos como la eficiencia operativa, la ergonomía del espacio, la seguridad hospitalaria y la optimización de la circulación interna, con el fin de garantizar que la propuesta cumpla con los estándares requeridos para un hospital de tercer nivel.

VII. RESULTADOS

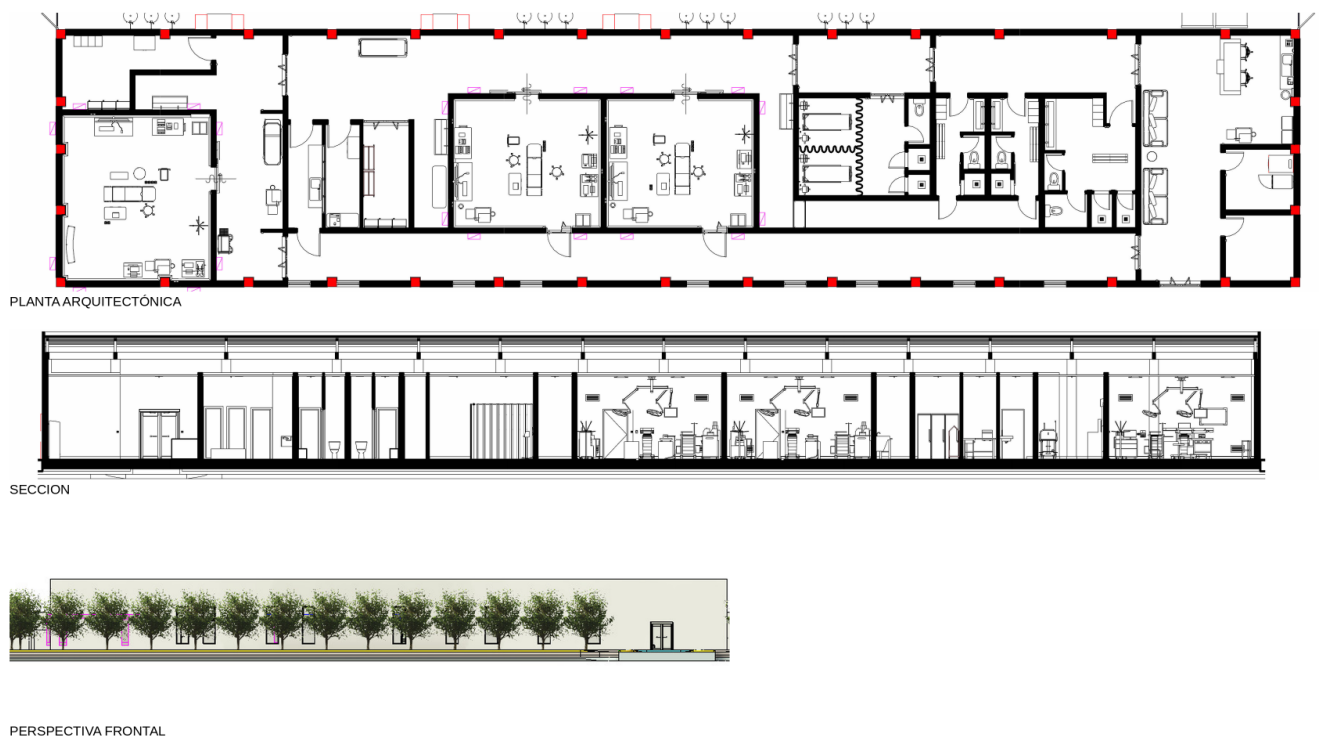
En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del rediseño del quirófano de gastroenterología para un hospital de tercer nivel, desarrollado mediante la aplicación de la metodología BIM. El proceso permitió evaluar las condiciones existentes, proponer una nueva distribución arquitectónica y modelar digitalmente el entorno quirúrgico con un Nivel de Desarrollo (LOD) 300, garantizando precisión geométrica, coherencia técnica y verificación espacial de los elementos constructivos, instalaciones y equipamiento biomédico.

Como resultado general, se obtuvo una propuesta de rediseño que optimiza la funcionalidad del quirófano, mejora la circulación interna y asegura el cumplimiento de criterios técnicos aplicables a áreas críticas hospitalarias. Asimismo, se establecieron y describieron las áreas de apoyo complementarias (como zona de preparación del material las cuales se subdividen en tres áreas, preparación del paciente, áreas de circulación limpia y sucia) con el objetivo de que los quirófanos operen de manera integrada dentro del complejo quirúrgico, asegurando un funcionamiento adecuado acorde al nivel de atención que debe ofrecer un hospital de tercer nivel.

La aplicación de la metodología BIM permitió integrar en un entorno tridimensional los espacios arquitectónicos, el equipamiento médico y los sistemas técnicos (eléctrico, gases medicinales y climatización), facilitando la detección de interferencias, la validación de normativas y la optimización del diseño. Los ambientes fueron desarrollados a nivel conceptual, priorizando la organización espacial, la compatibilidad técnica y la correcta interacción entre quirófano y áreas de apoyo, garantizando una propuesta funcional, segura y adaptable a las exigencias clínicas del servicio de gastroenterología.

Como parte de los resultados obtenidos mediante el modelado del diseño propuesto, en la figura 30 se presentan diferentes vistas arquitectónicas que permiten visualizar la configuración general del complejo y la distribución de los espacios. En el plano se observa la fachada principal del diseño, la cual cuenta con una única entrada central de 2.15 m de ancho, concebida como el acceso principal hacia las diferentes áreas funcionales del servicio. Esta entrada conduce directamente a un pasillo o vestíbulo de 3.50 m de ancho, dimensión que permite una circulación adecuada y segura de pacientes, personal de salud y equipos médicos, facilitando la circulación interna dentro de la unidad. Desde este vestíbulo se establece la comunicación con la estación de enfermería, área destinada al control y registro inicial de los pacientes, donde se realizan actividades como la verificación de datos clínicos, coordinación de procedimientos y seguimiento básico previo al ingreso a las áreas quirúrgicas.

El diseño arquitectónico corresponde a una edificación de un solo nivel en planta baja, establecida sobre un contrapiso con un espesor de 0.31 m, como base estructural. La altura total considerada desde el nivel terminado de piso hasta la cubierta es de aproximadamente 4 m, conformada por una losa de hormigón armado que permite la instalación de sistemas técnicos necesarios para el funcionamiento del área quirúrgica. En la parte frontal del exterior del complejo se diseñaron ventanas de gran dimensión con el propósito contar y ofrecer iluminación natural en las áreas administrativas y de circulación, contribuyendo a mejorar las condiciones de confort visual. El sistema de cerramiento de los muros de la edificación está compuesto por mampostería con un espesor de 20 cm, proporcionando resistencia estructural, aislamiento térmico y condiciones adecuadas de protección para el funcionamiento del establecimiento de salud.



REDISEÑO HOSPITAL DE TERCER NIVEL	
ESTUDIANTE: LUIS GREGORY ABAD	
FECHA: FEBRERO 2026	
SECCIONES Y AXONOMETRÍA	
LÁMINA A4	
ESC:	

Figura 30. Plano de fachada y vistas del diseño [Autor propio].

VII-A. Descripción técnica de áreas

El diseño arquitectónico se basó en criterios de ergonomía, seguridad del paciente y control de infecciones, incorporando elementos como muros, puertas, cielos falsos, pisos y acabados adecuados al entorno hospitalario. Asimismo, se consideraron las dimensiones mínimas requeridas para permitir la correcta operación del equipamiento biomédico y la circulación del personal.

En la tabla 40, se detallan las dimensiones correspondientes a cada uno de los ambientes que conforman el complejo quirúrgico de gastroenterología, el cual se desarrolla en planta baja y destinado exclusivamente a la realización de procedimientos quirúrgicos. Los valores de superficie y volumen fueron calculados en base a las cotas arquitectónicas del diseño general, considerando el espacio comprendido desde el nivel de piso terminado hasta el cielo raso, de altura de 3 m en todo el proyecto.

Tabla 40
ÁREAS, SUPERFICIES Y VOLÚMENES DEL COMPLEJO QUIRÚRGICO. [AUTOR PROPIO]

Nombre del área	Área (m^2)	Volumen (m^3)
Estación de enfermería	14	42
Cuarto de limpieza	7	21
Área de procesamiento de imágenes	9	27
Vestidores de pacientes	13	39
Vestidores del personal médico De hombres y mujeres	12	36
Área de preparación del paciente	24.19	72.57
Quirófano 1 y 2	36.37	109.11
Área de preparación del material	23	69
Sala de fluoroscopia	46.12	138.36
Área de EPR	14.7	44.1

VII-A1. Modelado arquitectónico de las salas quirúrgicas: El modelado de las salas de cirugía se desarrolló considerando la diferenciación funcional entre quirófanos convencionales y quirófanos con equipamiento avanzado, atendiendo a los requerimientos clínicos propios de la gastroenterología y a la incorporación de tecnologías. En este contexto, el área quirúrgica contempla dos quirófanos convencionales de cirugía con equipos específicos para procedimientos gastroenterológicos y un tercer quirófano equipado con arco en C para procedimientos que requieren fluoroscopia en tiempo real.

Las dimensiones de cada sala fueron definidas con base en criterios normativos, funcionales y de operación segura del equipamiento biomédico mientras que los acabados fueron seleccionados considerando criterios de asepsia, durabilidad, facilidad de limpieza y control de infecciones hospitalarias. La tabla 41 sintetiza las dimensiones y acabados arquitectónicos de los 3 quirófanos implementados en el diseño bajo indicaciones por el marco normativo establecido, permitiendo verificar la coherencia dimensional y funcional.

Tabla 41
DIMENSIONES Y ACABADOS ARQUITECTÓNICOS DE LAS SALAS QUIRÚRGICAS [AUTOR PROPIO].

Tipo de salas	Área (m ²)	Acabados arquitectónicos
Quirófano 1 y 2 con soporte en gastroenterología	36.37	Pisos: material continuo, antideslizante, conductor o disipativo, resistente a agentes químicos y sin juntas visibles. vinilo (PVC).
		Muros: superficies lisas, no porosas, con esquinas redondeadas (media caña) y recubrimientos lavables. Recubrimiento epóxico con grafeno
		Cielo raso: modulares sellados o continuos, con paneles desmontables para acceso técnico, resistentes a humedad. Placas de yeso laminado (PLADUR).
		Puertas: herméticas, con superficies lisas y visores cuando sea requerido.
Quirófano con arco en C (sala de fluoroscopia)	46.12	Pisos: No requiere plomo, porque el concreto estructural suele proporcionar suficiente atenuación.
		Muros: con láminas de plomo con espesor mínimo de 2 mmPb.
		Cielo raso: placas de yeso laminado (PLADUR)
		Puertas: con protección radiológica integrada 2 mmPb; incluye visor con vidrio plomado equivalente.

Equipamiento biomédico y mobiliario: Las salas de cirugía incorporan equipamiento biomédico y mobiliario acorde a los procedimientos quirúrgicos y endoscópicos a realizar; la distribución del equipamiento dentro de las salas de cirugía se realizó priorizando la ergonomía y la seguridad del acto quirúrgico. Los principales equipos considerados son:

- Mesa quirúrgica multiposición: se ubica en posición central, permitiendo acceso perimetral del equipo médico.
- Lámpara quirúrgica cielítica de alta intensidad: se disponen sobre la mesa quirúrgica, garantizando iluminación uniforme sin sombras.
- Equipo de anestesia con ventilador integrado: se coloca en la cabecera del paciente.
- Equipos de endoscopia y torre de endoscopia: se sitúan en zonas laterales, evitando interferencias con la circulación.
- Monitores de signos vitales.
- Equipo de succión quirúrgica.
- Mesa Mayo.
- Riñón quirúrgico.
- Mesa Pasteur.
- Bancos o bancos de reposo para personal.
- Arco en C (exclusivo del quirófano con fluoroscopia): se garantiza el radio de giro y desplazamiento del equipo sin obstrucciones.

Requisitos técnicos básicos del equipamiento biomédico

Para asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento, se consideraron los siguientes requisitos técnicos generales:

- Alimentación eléctrica normal y de emergencia, con respaldo mediante sistemas de energía ininterrumpida (UPS) para equipos críticos.
- Conexión a sistemas de gases medicinales (oxígeno, aire médico, vacío).
- Espacio libre perimetral para operación, mantenimiento y limpieza.
- Compatibilidad electromagnética entre equipos.
- En el quirófano con arco en C, protección radiológica en muros, puertas conforme a normativa vigente y tomas eléctricas dedicadas y estabilizadas para el generador de rayos X.

Con el propósito de sistematizar y detallar el equipamiento incorporado en el diseño, se presenta a continuación la tabla 42 que resume los equipos biomédicos y mobiliario proyectados en las diferentes áreas que conforman el complejo quirúrgico. La tabla especifica el tipo de equipo, su descripción técnica, aplicación clínica y el espacio asignado dentro del modelo.

Si bien el equipamiento se distribuye en áreas de apoyo, preparación y zonas técnicas, el enfoque principal del diseño se centró en garantizar que los quirófanos cuenten con la dotación tecnológica necesaria para procedimientos quirúrgicos y endoscópicos especializados. En este sentido, la priorización del equipamiento dentro de las salas de cirugía responde al cumplimiento normativo y operatividad del acto quirúrgico, constituyendo el núcleo tecnológico del complejo.

Tabla 42
DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO DEL COMPLEJO QUIRÚRGICO [AUTOR PROPIO].

Equipo	Descripción Técnica	Aplicación	Espacio
Mesa quirúrgica electrohidráulica	Radiotransparente, ajustes múltiples	Endoscopia / laparoscopia	Quirófanos
Lámpara quirúrgica LED	Iluminación sin sombras	Visualización operatoria	Quirófanos
Monitor multiparámetro	ECG, SpO ₂ , PANI, capnografía	Monitoreo anestésico	Quirófanos
Carro de paro	Desfibrilador, medicación	Emergencias	Cerca de los quirófanos (Estación de carro de paro)
Sistema de aspiración	Aspiración de fluidos	Endoscopia / ESD	Quirófanos
Torre de endoscopia	Cámara, luz, procesador	Diagnóstico / terapia	Quirófanos
Endoscopios flexibles	Alta resolución	CPRE, resecciones	Quirófanos
Bomba de irrigación	Flujo controlado	EMR / ESD	Quirófanos
Insuflador de CO ₂	Flujo estable	Endoscopia avanzada	Quirófanos
Unidad de electrocirugía	Corte y coagulación	Hemostasia	Quirófanos
Equipo de laparoscopia	Torre, óptica, insuflador	Cirugía mínimamente invasiva	Quirófanos
Arco en C móvil	Fluoroscopia en tiempo real	Guiado radiológico	Quirófano de fluoroscopia
Protección radiológica	Biombos y delantales plomados	Radioprotección	Área de EPR
Bomba de infusión	Dosificación precisa	Sedación	Quirófanos / Preparación del paciente
Ventilador portátil	Soporte respiratorio	Emergencias	Quirófanos
Camilla hidráulica	Regulable, lavable	Traslados de pacientes	Preparación del paciente / pasillo cerca de los quirófanos
Camilla de recuperación	Barandas, respaldo móvil	Observación pre y post procedimiento	Preparación del paciente
Lavamanos quirúrgico	Accionamiento no manual	Bioseguridad	Cerca de todos los quirófanos
Sistema de gases medicinales	O ₂ , vacío, aire médico	Soporte clínico	Quirófanos / Preparación del paciente
Computador clínico (HIS)	Acceso a historia clínica	Gestión médica	Quirófanos / Apoyo
Contenedores RPBI	Clasificación de desechos	Bioseguridad	Todos los espacios

VII-B. Integración de sistemas técnicos en las salas de cirugía

En el proceso de modelado e integración de instalaciones mediante BIM, se consideraron diversos sistemas técnicos necesarios para el funcionamiento integral del complejo quirúrgico. No obstante, dentro de las salas de cirugía, los sistemas que adquirieron carácter prioritario y esencial fueron: climatización, gases medicinales, sistema eléctrico, iluminación y telecomunicaciones, debido a su impacto directo en la seguridad

del paciente, el desempeño del equipamiento biomédico y las condiciones ambientales controladas requeridas en procedimientos de alta complejidad.

Estos sistemas garantizan el control de temperatura, presión diferencial y calidad del aire; la continuidad del suministro eléctrico normal y de emergencia; niveles adecuados de iluminación general y quirúrgica; conectividad para monitoreo y transmisión de información médica; así como el abastecimiento seguro y continuo de oxígeno, aire médico y vacío clínico.

Por su parte, el sistema hidrosanitario fue proyectado principalmente para complementar las áreas de apoyo que integran el complejo quirúrgico (tales como áreas de lavado quirúrgico, servicios sanitarios, ducha y lavamanos de los espacios auxiliares) asegurando el correcto funcionamiento operativo del bloque en su conjunto, aunque sin una incidencia directa predominante dentro de la sala quirúrgica estéril.

Cada sistema fue diseñado considerando sus requerimientos técnicos, rutas de canalización, dimensiones de tuberías y bandejas, puntos de conexión y condiciones de seguridad propias del área quirúrgica.

VII-B1. Sistema Eléctrico: El diseño del sistema eléctrico fue desarrollado en concordancia con el marco normativo nacional e internacional vigente para instalaciones en áreas hospitalarias críticas. Se integraron los criterios establecidos en la NFPA 99, la IEC 60364-7-710 y el Código Eléctrico Nacional del Ecuador, normativas que regulan las condiciones de seguridad, continuidad del servicio y requisitos técnicos en locales médicos de alto riesgo como los quirófanos.

Como resultado del dimensionamiento y distribución proyectada, cada sala quirúrgica fue equipada con doce tomacorrientes de grado hospitalario, estratégicamente distribuidos en el perímetro del área para garantizar accesibilidad, redundancia y flexibilidad en la conexión del equipamiento biomédico. La disposición consideró zonas de mayor concentración tecnológica, tales como el entorno de la mesa quirúrgica, columnas de suministro y áreas de monitoreo. Asimismo, cada quirófano cuenta con un tablero eléctrico (incluyen sistemas de energía no aislada (IT), monitores de aislamiento de línea (LIM) y protección para equipos críticos) independiente con su respectiva caja de disyuntores, permitiendo sectorización, protección diferencial y mayor seguridad operativa ante posibles fallas eléctricas. Esta configuración asegura el cumplimiento de los criterios de alimentación normal y respaldo exigidos en áreas críticas.

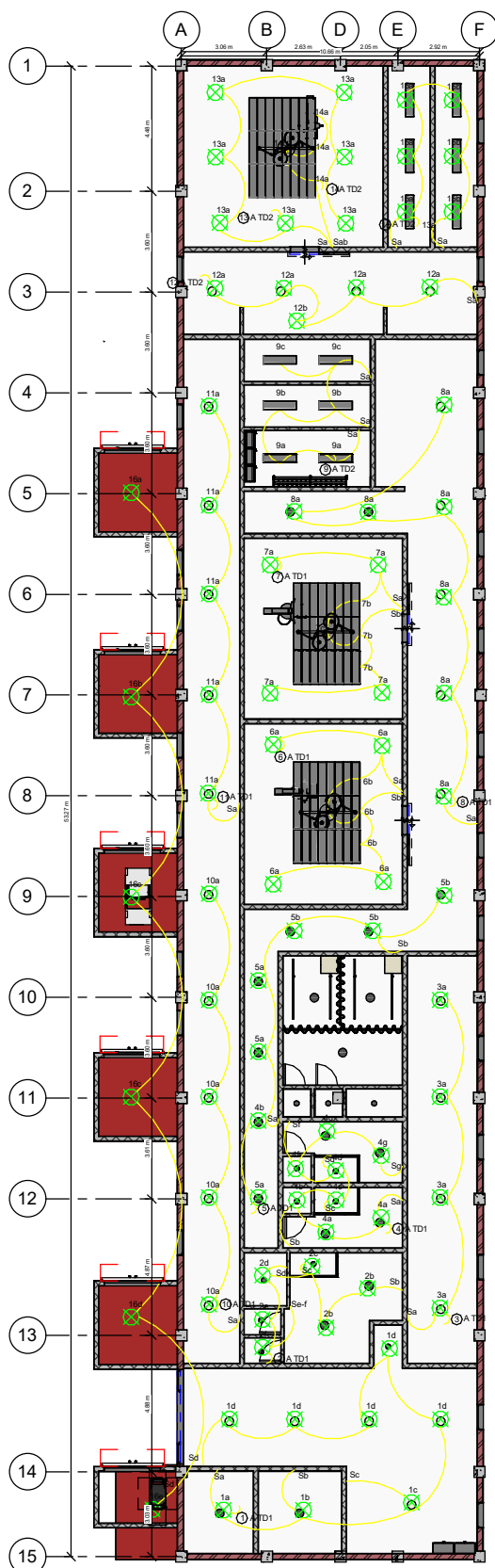
De manera complementaria, se proyectaron puntos eléctricos adicionales en las áreas de apoyo del complejo quirúrgico, tales como estación de enfermería, preparación del paciente y demás espacios donde la normativa exige disponibilidad de suministro eléctrico o donde se requiere conexión de equipos médicos y administrativos. La ubicación y cantidad de estos tomacorrientes se detallan en la figura 31, donde se evidencia la distribución integral del sistema dentro del modelo BIM.

VII-B2. Sistema de Iluminación: Para el diseño del sistema de iluminación se establecieron los criterios de las normativas nacionales e internacionales aplicables a entornos hospitalarios. Se consideraron los lineamientos de la Regulación CONELEC 004/15 del Ecuador, así como las recomendaciones de la *Facility Guidelines Institute* y la norma UNE-EN 12464-1, las cuales establecen parámetros mínimos de iluminancia, uniformidad y control lumínico en áreas quirúrgicas.

En cada quirófano se implementaron dos circuitos eléctricos independientes:

- Un circuito destinado a la iluminación ambiental general, asegurando niveles adecuados de iluminancia uniforme en el área estéril.
- Un circuito exclusivo para la lámpara cialítica, permitiendo una alimentación diferenciada y mayor confiabilidad operativa.

Los demás circuitos fueron distribuidos estratégicamente en pasillos y áreas de apoyo del complejo quirúrgico, garantizando continuidad lumínica, seguridad en la circulación y cumplimiento de los requisitos técnicos en espacios complementarios. La distribución general del sistema puede observarse en la figura 32.



2 SISTEMA ILUMINACIÓN

1 : 100

SIMBOLOGÍA



PUNTO DE LUZ



TUBERÍA PVC



NÚMERO DE CONDUCTORES POR DUCTO



PANEL DE DISYUNTORES

S

INTERRUPTOR SIMPLE

S#/#

INTERRUPTOR DOBLE

S(#)-(#)

INTERRUPTOR SIMPLE (CONEXIÓN PARALELO)



PANELES LED



LÁMPARA CIALÍTICA

NOTA:
Iluminación LED empotrada grado hospitalario con carcasa sellada IP.
distribuida según modulación arquitectónica. Luminaria cialítica en cielo reforzado.
Cableado THHN canalizado en EMT o bandeja metálica. Iluminación compatible
con RX sin interferencia electromagnética.

Figura 32. Plano del sistema de iluminación de la propuesta [Autor propio].

VII-B3. Sistema de Gases medicinales: El diseño del sistema de gases medicinales se fundamentó en la revisión de estándares internacionales ampliamente aceptados en el ámbito hospitalario, tales como la NFPA 99 y la ISO 7396-1, las cuales establecen requisitos para sistemas centralizados de suministro de gases médicos, continuidad operativa y seguridad en áreas críticas.

A nivel nacional, se consideraron las Normas Técnicas Ecuatorianas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, que regulan aspectos de identificación, calidad y manejo de gases comprimidos en entornos hospitalarios. Entre ellas se destacan la NTE INEN 811, la NTE INEN 2343:2004 y la NTE INEN 2378:2013. El sistema fue diseñado para garantizar un suministro continuo, seguro y estable durante los procedimientos quirúrgicos. Los gases contemplados en cada sala fueron oxígeno, aire médico y vacío clínico.

Los parámetros de diseño establecidos fueron los siguientes:

- Presión de suministro de oxígeno y aire médico: 50–55 psi, con una caída de presión máxima permitida de 5 psi.
- Sistema de vacío dimensionado para mantener presión negativa suficiente que garantice aspiración eficiente durante procedimientos quirúrgicos.

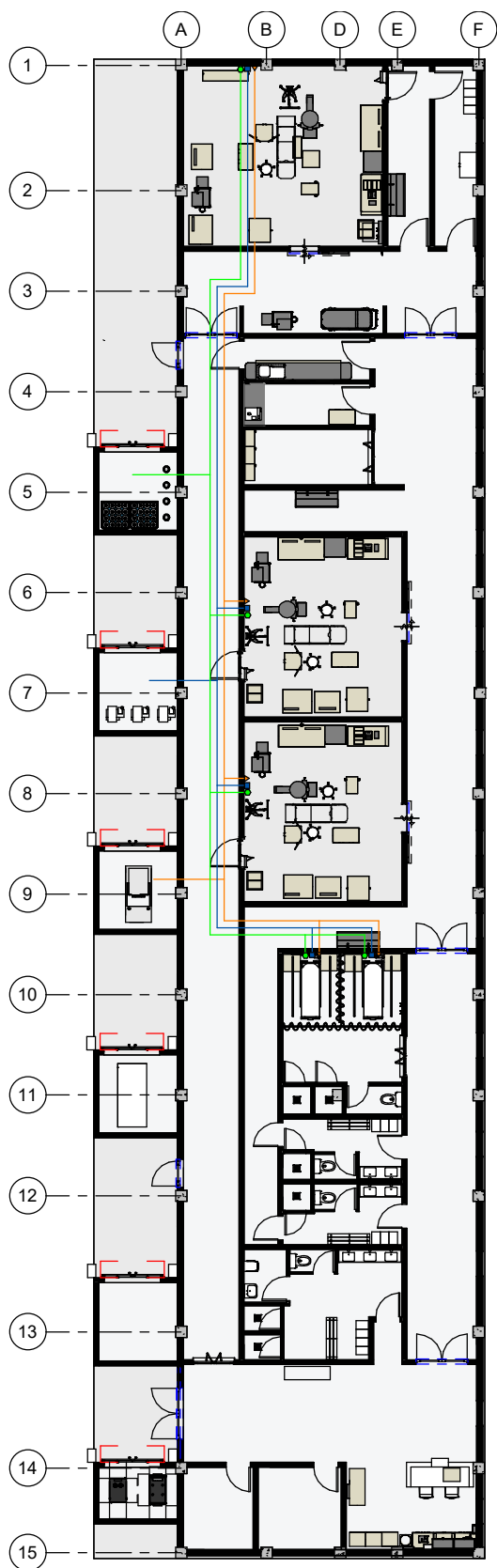
Cada quirófano fue equipado con las siguientes tomas murales:

- Oxígeno: 2 tomas.
- Aire médico: 2 tomas.
- Vacío clínico: 2 tomas.

La instalación se realizó mediante tubería de cobre grado médico, conforme a normativa hospitalaria. Las dimensiones proyectadas fueron:

- 1/2" para oxígeno y aire médico.
- 3/4" para el sistema de vacío, debido a su mayor requerimiento de caudal.

Asimismo, se aplicó identificación cromática y rotulación normalizada para cada gas, asegurando reconocimiento inmediato y reducción de riesgos operativos. En el plano técnico de la figura 33 se distinguen los circuitos mediante codificación por colores: verde para oxígeno, azul para aire medicinal y naranja para vacío.



1 SISTEMA GASES MEDICINALES 1 : 100

SIMBOLOGÍA

- TOMA DE OXÍGENO
- TOMA DE AIRE MEDICINAL
- ▼ TOMA DE VACÍO
- TUBERÍA DE OXÍGENO
- TUBERÍA DE AIRE MEDICINAL
- TUBERÍA DE VACÍO

NOTA – SISTEMA DE GASES MEDICINALES

Sistemas de gases medicinales con terminales murales de oxígeno, aire medicinal y vacío clínico. Tuberías en cobre tipos K/L y panel técnico en cabecera, conforme normativa hospitalaria.

Figura 33. Plano del sistema de Gases medicinales de la propuesta [Autor propio].

VII-B4. Sistema de climatización y ventilación (HVAC): El sistema de climatización fue modelado tomando como referencia principal la norma ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170, la cual establece parámetros específicos para el control ambiental en instalaciones hospitalarias y áreas quirúrgicas críticas. La adopción de estas directrices permitió configurar un sistema que garantiza condiciones térmicas, higiénicas y de presión adecuadas para la seguridad del paciente y del equipo médico.

Con base en dicha normativa, el diseño contempló los siguientes criterios técnicos:

- Temperatura del aire: rango entre 18 °C y 22 °C, permitiendo ajustes según el tipo de procedimiento quirúrgico y el confort térmico del personal clínico.
- Humedad relativa: entre 40 % y 60 %, con el objetivo de reducir la proliferación microbiana y prevenir descargas electrostáticas que puedan afectar al equipamiento biomédico.
- Presión del aire: mantenimiento de presión positiva del quirófano respecto a las áreas adyacentes, evitando el ingreso de aire potencialmente contaminado desde zonas de menor control ambiental.
- Renovaciones de aire: mínimo de 15 a 20 renovaciones por hora, conforme al nivel de riesgo quirúrgico y estándares internacionales aplicables.
- Flujo de aire: configuración referencial de flujo unidireccional tipo laminar en las zonas críticas sobre el campo quirúrgico, favoreciendo la evacuación de contaminantes y mejorando la calidad del aire en el entorno estéril.

El sistema fue modelado considerando la ubicación estratégica de difusores de suministro en techo, retornos perimetrales, ductos principales y equipos de tratamiento de aire, garantizando una distribución homogénea y compatible con los demás sistemas técnicos. Asimismo, se verificó la coordinación espacial para evitar interferencias entre instalaciones y asegurar el cumplimiento de los requerimientos normativos, como se muestra en el plano de la figura 34.

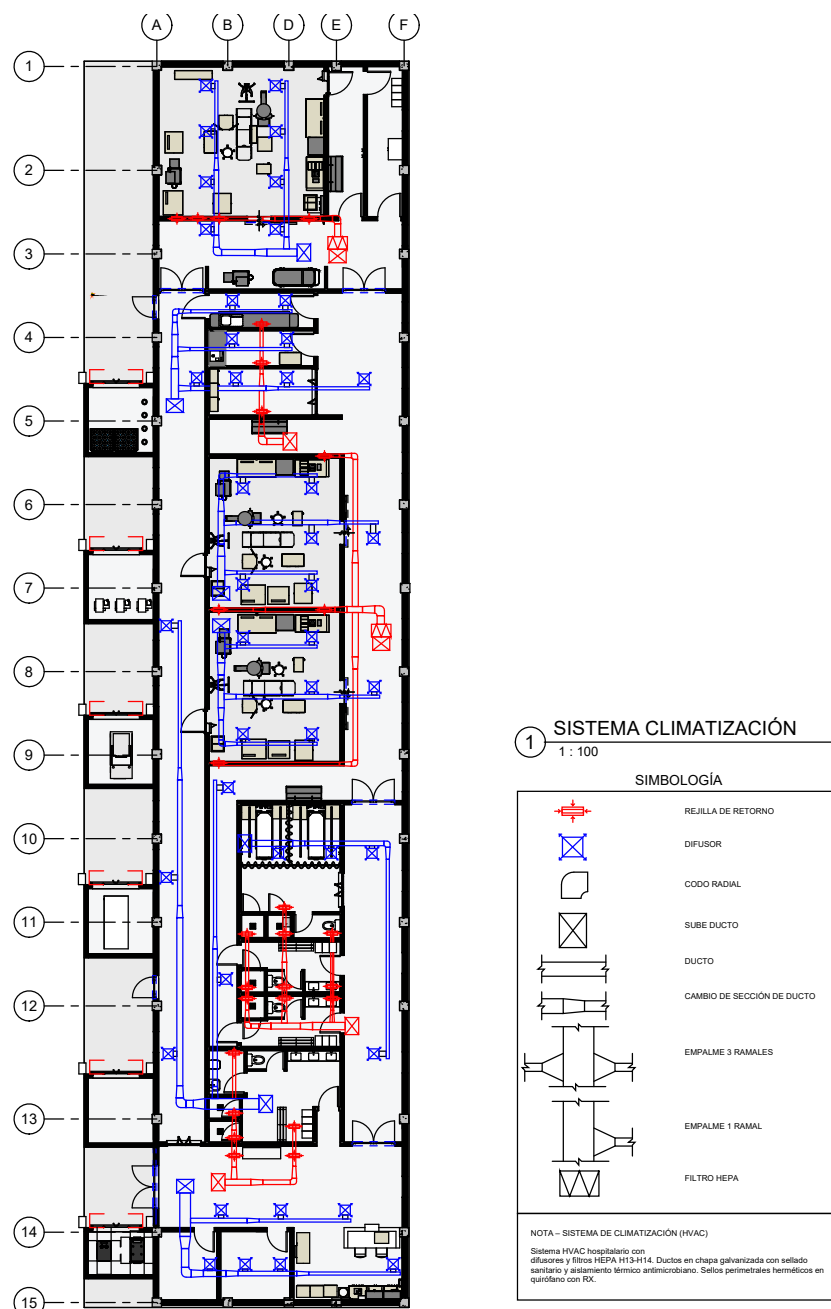


Figura 34. Plano del sistema de climatización y ventilación (HVAC) de la propuesta [Autor propio].

VII-B5. Sistema de telecomunicaciones: El sistema de telecomunicaciones fue diseñado bajo una metodología de cableado estructurado estandarizada, garantizando compatibilidad, seguridad, escalabilidad y facilidad de mantenimiento. Para su desarrollo se adoptaron los lineamientos establecidos en la norma ANSI/TIA-1179, específica para instalaciones de salud, así como las normas TIA-568 para sistemas de cableado de telecomunicaciones y TIA-569 para canalizaciones y espacios técnicos.

Como resultado del dimensionamiento proyectado, cada sala quirúrgica fue equipada con puntos de red de datos estratégicamente distribuidos, permitiendo conectividad para los siguientes sistemas:

- Monitores de signos vitales.
- Sistemas de imagen y visualización intraoperatoria.
- Registros clínicos digitales.
- Equipos de integración tecnológica quirúrgica.

El sistema fue diseñado para soportar transmisión de imágenes médicas en tiempo real, garantizando compatibilidad con plataformas hospitalarias como sistemas HIS (*Hospital Information System*) y PACS (*Picture Archiving and Communication System*), esenciales para la gestión y almacenamiento de imágenes diagnósticas.

Se empleó cableado UTP trenzado categoría 6, adecuado para entornos hospitalarios por su capacidad de transmisión de alta velocidad y estabilidad en redes internas. La canalización fue proyectada de manera independiente al sistema eléctrico, evitando interferencias electromagnéticas y cumpliendo los criterios de seguridad establecidos en normativa técnica. Para la distribución del cableado se utilizaron ductos con diámetro referencial de 1" para troncales principales y 3/4" para derivaciones hacia puntos terminales.

Además de los puntos instalados en los quirófanos, se implementaron salidas de red en áreas de apoyo y administrativas del complejo quirúrgico, tales como estación de enfermería, áreas de preparación y espacios de gestión, conforme se detalla en el plano correspondiente a la figura 35.

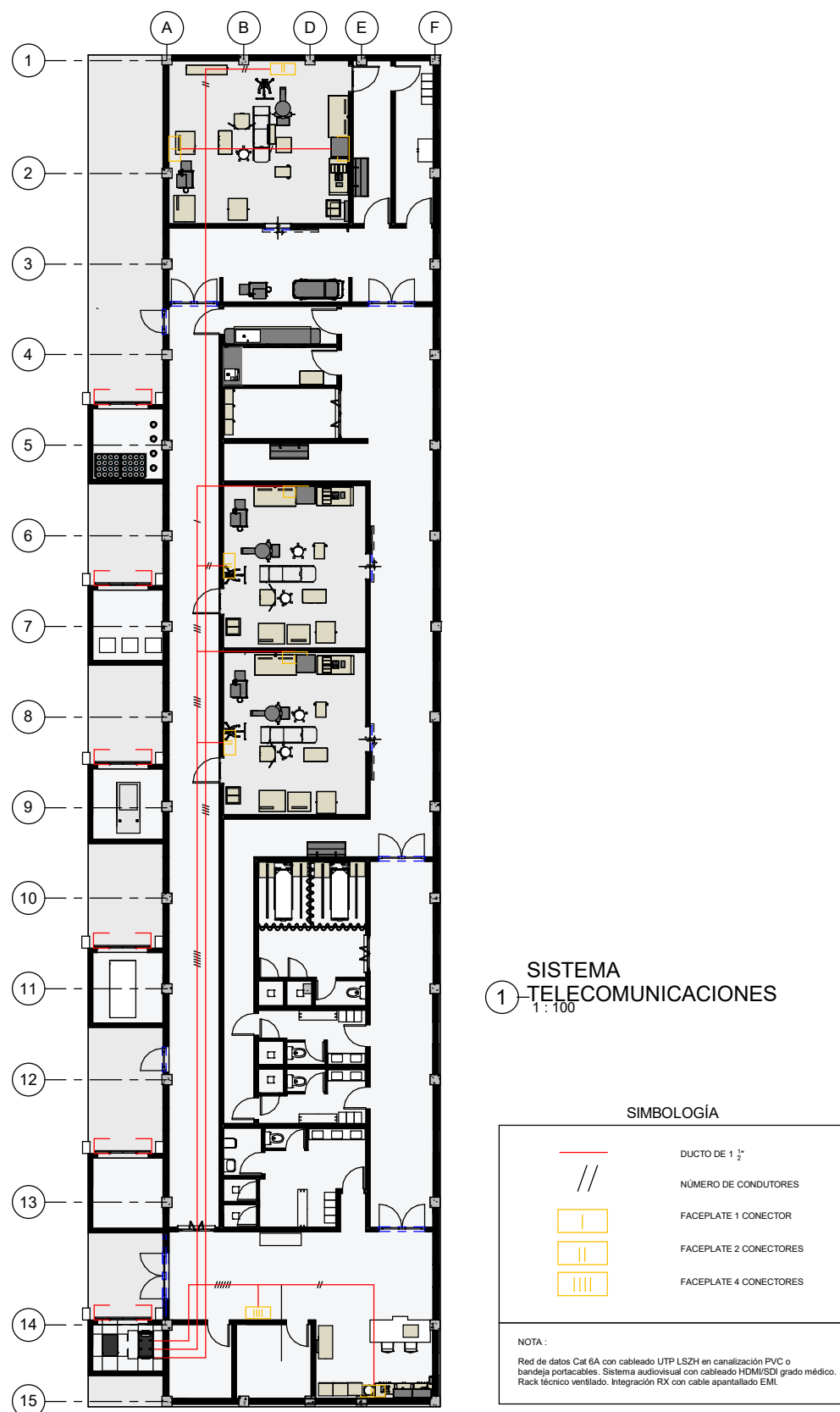


Figura 35. Plano del sistema de telecomunicaciones de la propuesta [Autor propio].

VII-B6. Sistema hidrosanitario: El sistema hidrosanitario fue diseñado conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 CAP-16, utilizada como base normativa para establecer los criterios de abastecimiento de agua potable y evacuación de aguas residuales, así como las condiciones de higiene en edificaciones hospitalarias. Asimismo, se consideró la NTE INEN 1108, garantizando que el suministro destinado a lavamanos clínicos, lavaderos quirúrgicos y servicios higiénicos cumpla con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos exigidos para consumo humano y uso sanitario. Para la selección de materiales de las redes sanitarias se aplicó la NTE INEN 1569, asegurando resistencia mecánica, durabilidad y compatibilidad con el entorno hospitalario.

Si bien este sistema no se incorpora directamente dentro de la sala quirúrgica estéril, su implementación resulta fundamental en las áreas adyacentes que complementan el complejo quirúrgico. En particular, se proyectaron lavaderos quirúrgicos destinados al lavado de manos del personal médico, los cuales requieren abastecimiento continuo de agua potable y evacuación sanitaria adecuada. Conforme a criterios de diseño hospitalario, estos lavaderos se ubicaron a una distancia no mayor a 3 m de los quirófanos, garantizando accesibilidad inmediata previo al ingreso a la sala estéril, tal como se observa en el plano correspondiente.

Adicionalmente, el sistema contempla redes de evacuación de aguas residuales para las áreas que incluyen baños, duchas y lavamanos clínicos del personal, asegurando condiciones óptimas de higiene y funcionalidad operativa del bloque quirúrgico.

En cuanto a los materiales empleados:

- Para abastecimiento de agua potable en lavaderos quirúrgicos, lavamanos y duchas se utilizó tubería PPR (polipropileno random) de uso sanitario, adecuada para sistemas de presión y resistente a la corrosión.
- Para redes de evacuación de aguas residuales en baños y duchas se empleó tubería PVC sanitaria, conforme a normativa técnica nacional.

La distribución de las redes de agua potable, desagüe y ventilación sanitaria se encuentra representada en el plano técnico correspondiente a la figura 36.

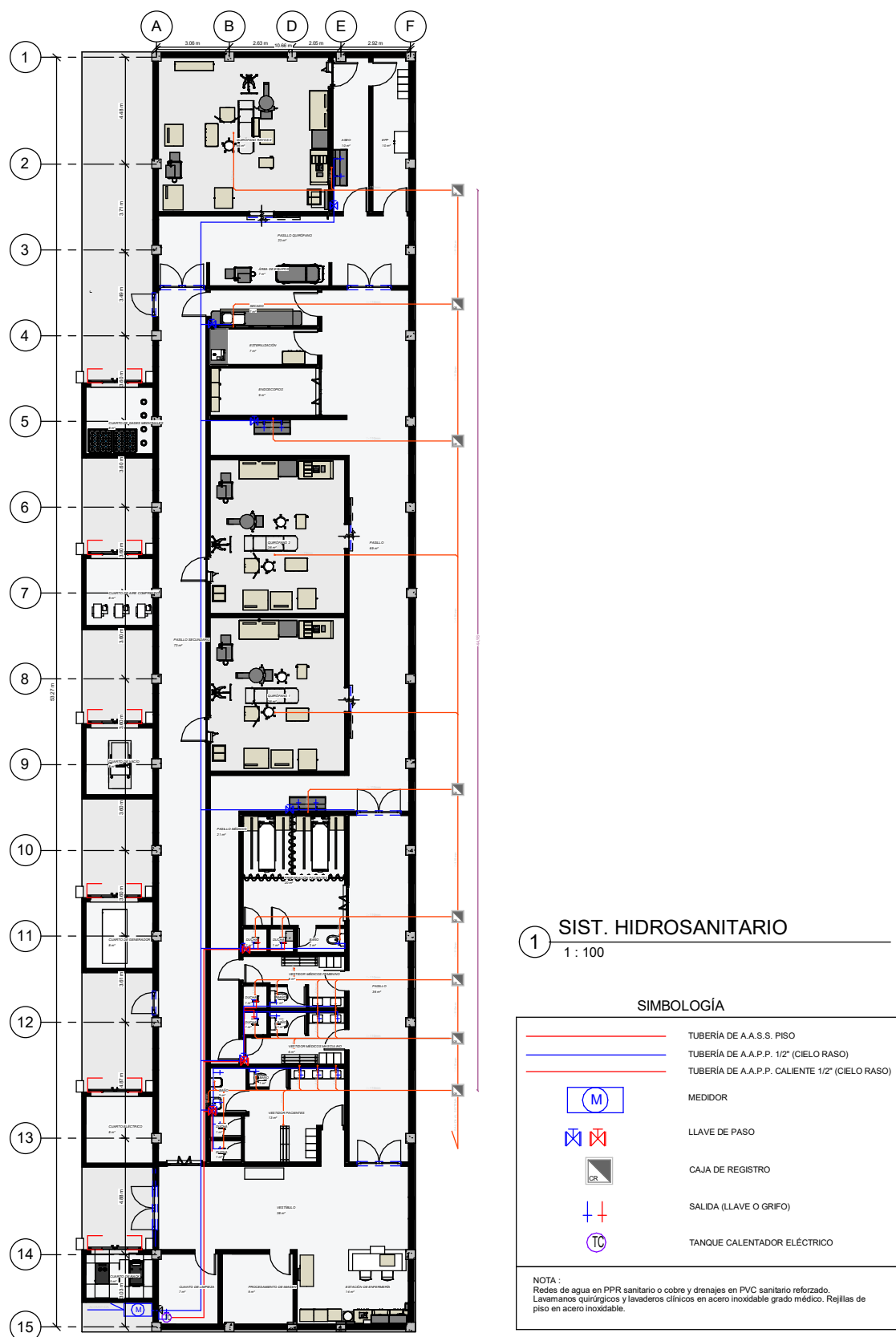


Figura 36. Plano del sistema hidrosanitario de la propuesta [Autor propio].

VII-B7. Modelado arquitectónico de las áreas semirestringida:

Área de preparación de material: El área de preparación de material se diseñó como un espacio crítico de apoyo al área quirúrgica, destinado a la recepción, limpieza, desinfección, esterilización y almacenamiento de instrumental quirúrgico y endoscópico. Su organización responde a un flujo unidireccional del material, evitando la contaminación cruzada y garantizando el cumplimiento de los protocolos de control de infecciones hospitalarias.

Esta área se subdivide en tres zonas funcionales diferenciadas:

- Zona roja (material sucio).
- Zona azul (preparación y esterilización).
- Zona verde (almacenamiento de material estéril).

La superficie requerida para la central de esterilización fue de 22.4 m², determinada por los procesos y el volumen de producción desarrollados, la cantidad de personal asignado, el equipamiento y el horario de operación del servicio [160]. La disposición espacial garantiza la separación física entre zonas y la continuidad del flujo de trabajo desde el material contaminado hasta el material estéril. En la tabla 43 se detallan las superficies implementadas para estas zonas.

Tabla 43
SUPERFICIE Y CONFIGURACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Nombre del área (Preparación del material)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
Zona roja: recepción y lavado de material sucio	6.72	20.16
Zona azul: preparación (sellado) y esterilización	6.72	20.16
Zona verde: almacenamiento de material estéril	8.96	26.88

En la tabla 44 se describen las funciones, los equipos y mobiliarios y características técnicas que complementan el área por completo, pero dividida en estas tres zonas por un muro de hormigón, cumpliendo con los procesos de esterilización.

Tabla 44
DESCRIPCIÓN DE LAS 3 ZONAS DEL ÁREA DE PREPARACIÓN DE MATERIAL

Nombre del área	Función	Equipamiento y mobiliario	Características técnicas
Zona roja: recepción y lavado de material sucio	La zona roja está destinada a la recepción del material utilizado en intervenciones quirúrgicas y endoscópicas. Esta zona cuenta con una ventana de paso controlado hacia la zona azul, permitiendo la transferencia del material previamente lavado.	■ Mesón de acero inoxidable grado médico ■ Lavadero profundo para endoscopios ■ Carrito de transporte de utensilios	■ Material del mesón y lavadero: acero inoxidable AISI 304 o superior ■ Profundidad del lavadero: 35 cm ■ Altura del mesón: 90 cm ■ Ancho mínimo del mesón: 70 cm ■ Toma de vacío médica: 1 toma ■ Tomas eléctricas grado hospitalario: 2 tomas ■ Punto de agua fría y caliente
Zona azul: preparación (sellado) y esterilización	Corresponde al área de preparación, secado, empaquetado y esterilización del material.	■ Mesón de acero inoxidable ■ Máquina de sellado térmico ■ Equipo de esterilización (autoclave o esterilizador de plasma)	■ Altura del mesón: 90 cm ■ Tomas eléctricas grado hospitalario: • Máquina de sellado: 1 toma • Esterilizador de plasma: 1 toma dedicada ■ Alimentación eléctrica: • Equipos menores: 120 V • Esterilización de plasma: 220 V, circuito exclusivo ■ Compatible con materiales termosensibles
Zona verde: almacenamiento de material estéril	Destinada al almacenamiento del material esterilizado, asegurando condiciones ambientales controladas hasta su uso.	■ Gabinete para almacenamiento de endoscopios con sistema de colgado vertical ■ Perchas y estanterías para instrumental quirúrgico	■ Gabinete con control de temperatura y humedad ■ Altura interior del gabinete: 2.10 m ■ Tomas eléctricas grado hospitalario: 2 tomas ■ Sistema de ventilación controlada

Iluminación mínima

La iluminación deberá ser uniforme, de alta intensidad y sin generación de calor. Se recomienda el uso de luminarias de bajo consumo, preferentemente de tecnología LED. Los dispositivos de iluminación instalados en el techo deberán ser herméticos, empotrados en el cielorraso al mismo nivel de la superficie, con cubiertas selladas y sin elementos sobresalientes. Los niveles de iluminancia de cada área deberán cumplir con los valores establecidos en la tabla 45.

Tabla 45
NIVELES DE ILUMINANCIA PARA EL ÁREA DE PREPARACIÓN DEL MATERIAL [160].

Área	Iluminancia mínima	Iluminancia promedio	Iluminancia máxima
Recepción	500 lux	750 lux	1000 lux
Control	1000 lux	1500 lux	2000 lux
Lavado	500 lux	750 lux	1000 lux
Acondicionado, Esterilización	200 lux	300 lux	500 lux
Almacenamiento	200 lux	300 lux	500 lux
Preparaciones asépticas	200 lux	300 lux	500 lux
Apoyo y auxiliares	200 lux	300 lux	500 lux

Área de preparación del paciente: Constituye un espacio fundamental de apoyo al área quirúrgica, destinado a la recepción, preparación previa y acondicionamiento del paciente antes de su ingreso a la sala de cirugía. En esta área se realizan actividades como el cambio de vestimenta, la verificación de condiciones clínicas básicas y la preparación inmediata para el procedimiento quirúrgico, garantizando privacidad, confort y seguridad.

El área fue diseñada para albergar dos camas hospitalarias, permitiendo la atención simultánea de pacientes y mejorando la eficiencia operativa del complejo quirúrgico. El área incorpora el siguiente equipamiento básico:

- Camas hospitalarias con barandas.
- Cabeceras técnicas con acceso a gases medicinales.
- Soportes para suero.
- Mesas auxiliares para preparación clínica.

Cada cama dispone de cabecera técnica equipada con:

- 1 toma de oxígeno.
- 1 toma de aire médico.
- 1 toma de vacío.
- 2 tomas eléctricas grado hospitalario.

El acceso al área se realiza mediante puertas tipo vaivén, permitiendo el tránsito fluido de camillas y personal de salud sin necesidad de contacto manual constante. Las puertas cuentan con superficies lisas y de fácil desinfección.

En la tabla 46 se especifican las superficies del área, lo cual permite comprender la distribución del espacio, considerando que esta área contiene servicios sanitarios integrados para la higiene previa al procedimiento quirúrgico, incluyendo baños y duchas.

Tabla 46
DIMENSIONES DE SUPERFICIE DEL ÁREA DE PREPARACIÓN DEL PACIENTE

Nombre del área (Preparación del paciente)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
Área total	24.19	72.57
Baño (inodoro)	2.04	6.12
Duchas (2 unidades)	1 c/u	6

VII-B8. Modelado del área no restringida: Los bloques que conforman esta área se describen en la tabla 47, la cual describen la superficie total de cada uno de estos espacios.

Tabla 47
SUPERFICIE DE LOS BLOQUES QUE CONFORMAN AL ÁREA NO RESTRINGIDA

Nombre del área (No restringida)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
Vestidores de médicos	20.16	60.48
Vestidor de pacientes	22.22	66.66
Estación de enfermería	14.53	43.59
Cuarto de procesamiento de imagen	8.73	26.19
Cuarto de limpieza	7.42	22.26

Vestidores de médicos: Los vestidores de médicos están diseñados para permitir la transición controlada entre la ropa de calle y la vestimenta quirúrgica, garantizando condiciones adecuadas de higiene, confort y control de infecciones previo al acceso a áreas semirrestringidas y restringidas del quirófano. Los vestidores de hombres y mujeres presentan la misma distribución, equipamiento y criterios técnicos, diferenciándose únicamente por su uso.

Equipamiento:

- Bancas fijas de material lavable y resistente a la humedad.
- Dispensador de trajes quirúrgicos.
- Casilleros individuales para almacenamiento de ropa de calle.
- Dos lavaderos de manos con accionamiento manual.
- Una ducha con una superficie de 1.07 m².
- Un baño (inodoro) con una superficie de 2.34 m².
- Dos lavamanos.

Vestidor de pacientes: Están destinados a la preparación previa al procedimiento quirúrgico, permitiendo el cambio de vestimenta y la higiene personal en condiciones seguras y confortables, cumpliendo criterios de accesibilidad y control sanitario.

Equipamiento:

- Bancas de apoyo para el cambio de vestimenta.
- Casilleros para pertenencias personales.
- Tres lavaderos de manos.
- Dos duchas con sistema de agua fría y caliente con una superficie de 1.33 m² cada una.
- Dos baños: uno grande con superficie de 2.85 m² y uno pequeño de 1.30 m².

Estación central de enfermería: Esta estación se diseña como un espacio tipo isla abierta, ubicada estratégicamente dentro de la zona no restringida, permitiendo la supervisión continua, la preparación de insumos y la coordinación del personal de enfermería durante las actividades asistenciales.

Equipamiento:

- Módulo central tipo isla.
- Carros de enfermería.
- Superficie de trabajo para preparación de insumos.
- Almacenamiento para utensilios y material médico.
- Sistema informático para registro clínico.

Instalaciones:

- Tomas eléctricas normales y reguladas.
- Tomas de datos para sistemas clínicos.
- Iluminación directa sobre superficies de trabajo.

Cuarto de procesamiento de imagen: El cuarto de procesamiento de imagen es un ambiente técnico destinado al manejo, almacenamiento y procesamiento de imágenes médicas generadas durante procedimientos de gastroenterología, asegurando condiciones adecuadas para el funcionamiento de equipos electrónicos y sistemas informáticos. Aunque no está equipado, el diseño del espacio se ambientó para estaciones de trabajo con computadoras médicas, monitores de grado médico para visualización de imágenes y servidor o sistema de almacenamiento local.

Instalaciones y tomas:

- Tomas eléctricas reguladas (120 V / 60 Hz).
- Tomas eléctricas dedicadas para equipos informáticos.
- Sistema de puesta a tierra.
- Tomas de datos (red LAN) para conexión a sistemas PACS/HIS.
- Climatización controlada para protección de equipos.

Cuarto de limpieza: Es un ambiente de apoyo ubicado en la zona no restringida, destinado al almacenamiento y manejo de insumos y equipos de limpieza utilizados en el área quirúrgica, garantizando el control sanitario y la prevención de contaminación cruzada.

En este espacio se implementó un lavadero de manos, estanterías resistentes a la humedad y productos químicos, soportes para mopas, escobas y utensilios de limpieza, y un área para almacenamiento de productos de limpieza hospitalaria.

VII-C. Sistema de pasillos y circulación

El sistema de pasillos del complejo quirúrgico fue modelado bajo el criterio de circulación diferenciada, con el objetivo de garantizar la seguridad del paciente, la eficiencia operativa y el control de infecciones, evitando la contaminación cruzada entre flujos limpios y sucios.

La distribución contempla pasillos dobles: un pasillo principal para circulación limpia y un pasillo exclusivo para residuos y material contaminado, permitiendo una separación funcional clara entre usuarios, equipos y desechos hospitalarios.

Las razones por las cuales se decidió implementar la circulación diferenciada son las siguientes:

- Separar los flujos de pacientes, personal, material limpio y material contaminado.
- Reducir el riesgo de contaminación cruzada dentro del área quirúrgica.
- Facilitar la orientación del personal sanitario mediante recorridos claramente definidos.
- Mejorar la eficiencia en los traslados y tiempos operativos.
- Cumplir con los principios de bioseguridad hospitalaria.

VII-C1. Pasillo principal (circulación limpia): El pasillo principal constituye el eje de circulación limpia del complejo quirúrgico, conectando las áreas de preparación del paciente, estación de enfermería, salas de procedimientos, vestidores y áreas de apoyo, permitiendo un flujo continuo y controlado del personal sanitario y los pacientes.

En la tabla 48 se describen características del pasillo de circulación limpia, como lo son la comunicación con las otras áreas funciones y dimensiones.

VII-C2. Pasillo de residuos y circulación sucia: El diseño incorporó un sistema de circulación diferenciada exclusivamente al traslado de material contaminado, instrumental usado y desechos hospitalarios, conectando directamente las salas de procedimientos con el área de lavado, esterilización y gestión de residuos, sin interferir con la circulación limpia.

Tabla 48
CARACTERÍSTICAS DEL PASILLO DE CIRCULACIÓN LIMPIA

Criterios	Descripción
Funciones	■ Circulación de pacientes preparados. ■ Tránsito del personal médico y de enfermería. ■ Transporte de equipos y material estéril.
Conectividad	■ Área de preparación del paciente. ■ Salas de procedimientos / quirófano. ■ Estación central de enfermería. ■ Vestidores de personal. ■ Áreas de apoyo limpio.
Requisitos dimensionales	■ Ancho: 2.50 m. ■ Altura libre: 3 m.

Se proyectó que el área de preparación de material cuente con una puerta posterior conectada directamente con este pasillo, permitiendo el ingreso de equipos e instrumental utilizados que requieren traslado hacia el área de lavado y posterior proceso de esterilización.

Asimismo, los quirófanos fueron diseñados con una puerta trasera adicional que comunica directamente con dicho pasillo técnico. Esta disposición permite que el personal de limpieza ingrese y realice los procesos de higienización y desinfección al finalizar los procedimientos quirúrgicos, retirándose por la misma vía sin necesidad de intersectar el pasillo limpio destinado al tránsito del equipo médico y pacientes. De igual manera, el pasillo posterior establece conexión directa con el último quirófano del bloque, garantizando continuidad operativa y acceso técnico independiente para mantenimiento, limpieza y gestión de material utilizado, conforme a criterios de diseño hospitalario seguro.

Esta estrategia espacial fortalece el control de infecciones y mantiene la separación funcional entre áreas limpias y áreas de manejo de material contaminado. En la tabla 49 se describen características del pasillo de circulación sucia, como lo son la comunicación con las otras áreas funciones y dimensiones.

Tabla 49
CARACTERÍSTICAS DEL PASILLO DE CIRCULACIÓN SUCIA

Criterios	Descripción
Funciones	■ Transporte de residuos hospitalarios. ■ Retiro de material e instrumental contaminado. ■ Circulación del personal de limpieza.
Conectividad	■ Salas quirúrgicas. ■ Zona roja de preparación de material. ■ Cuarto de limpieza hospitalaria.
Requisitos dimensionales	■ Ancho: 2.08 m. ■ Altura libre: 3 m.

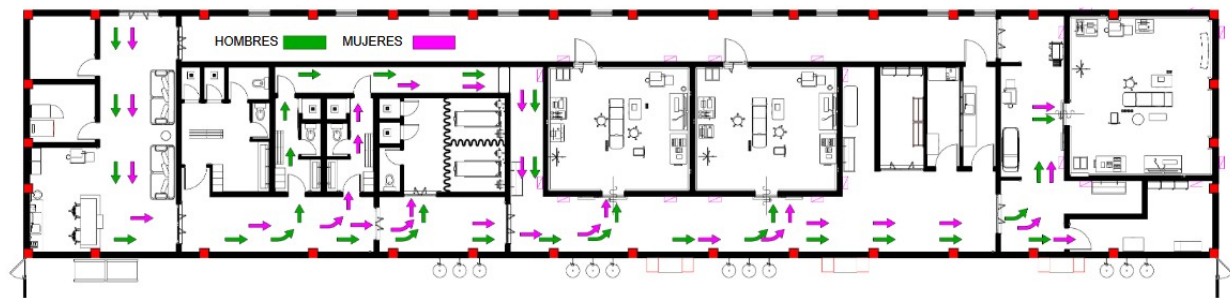
VII-C3. Criterios de circulación y señalización: La correcta operación del sistema de pasillos requiere de la capacitación del personal sanitario, reforzada mediante señalización clara y códigos de circulación, que indiquen los recorridos permitidos y restringidos dentro del complejo quirúrgico.

- Señalización visible de circulación limpia y sucia.
- Uso de colores y pictogramas normalizados.

- Indicación de sentido de circulación en pasillos críticos.
- Capacitación del personal sobre rutas permitidas según el tipo de actividad.
- Restricción del cruce de flujos para minimizar la contaminación cruzada.

VII-D. Flujo de Ingreso

VII-D1. Plano de flujo de trabajo del personal sanitario: El plano de flujo de trabajo del personal sanitario permite visualizar la organización de los recorridos destinados al equipo médico dentro del área quirúrgica, evidenciando la secuencia funcional entre los distintos ambientes que intervienen en el proceso quirúrgico, así como se ilustra en la figura 37. La distribución propuesta establece circulaciones definidas que facilitan el acceso eficiente a los espacios de apoyo y al quirófano, reduciendo interferencias durante el desarrollo de las actividades médicas y contribuyendo a mantener condiciones adecuadas de bioseguridad y control operativo.



PLANO DE FLUJO DE RECORRIDO DE PERSONAL SANITARIO

Figura 37. Plano de flujo de recorrido de personal sanitario.

VII-D2. Plano de flujo del paciente: El esquema de circulación del paciente permite identificar el recorrido establecido desde el ingreso hasta el área quirúrgica, mostrando una circulación organizada que facilita la comprensión de la distribución funcional propuesta. La trayectoria definida reduce desplazamientos innecesarios y evita cruces con otras circulaciones internas, favoreciendo un traslado seguro y ordenado del paciente, además de contribuir al cumplimiento de los criterios de bioseguridad hospitalaria dentro del área quirúrgica.

De acuerdo con el diseño planteado, el paciente ingresa al bloque quirúrgico y realiza inicialmente su registro y verificación administrativa en la estación de enfermería. Posteriormente, es dirigido al área de vestidores, donde se realiza el cambio de indumentaria conforme a los protocolos hospitalarios.

Una vez preparado, el paciente pasa al área de preparación prequirúrgica, espacio destinado a la revisión de exámenes, verificación de historia clínica, toma de signos vitales y demás evaluaciones previas al procedimiento. En los casos que lo requieran, el proceso de anestesia se realiza conforme a la condición clínica y al tipo de intervención programada.

Finalmente, el paciente es trasladado al quirófano correspondiente mediante un recorrido directo y controlado, evitando interferencias con otras circulaciones del personal, material limpio o material contaminado, garantizando así un flujo funcional eficiente y alineado con los principios de seguridad hospitalaria. Toda la circulación del paciente en el bloque quirúrgico se observa en la figura 38.

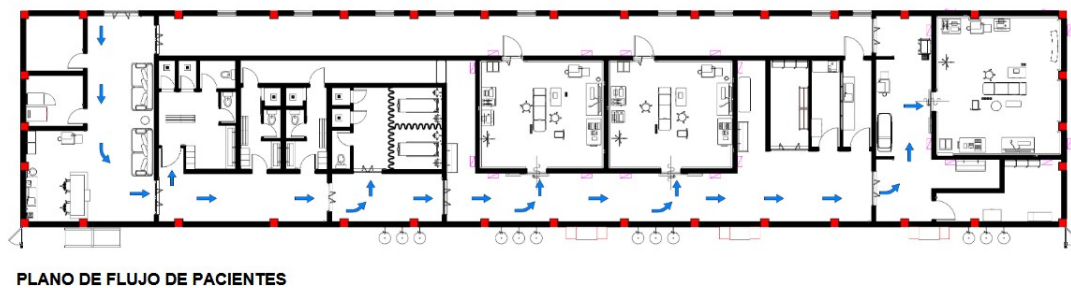


Figura 38. Plano de flujo de pacientes.

VII-E. Diseño 3D

La representación tridimensional del complejo quirúrgico permite visualizar de manera integral las dimensiones reales de los espacios, la jerarquización de zonas limpias y de apoyo, así como la conectividad funcional entre quirófanos, áreas de preparación, circulación técnica y estaciones de trabajo facilitando la interpretación visual del proyecto. La figura 39 presenta una lámina donde se muestra, una vista general del complejo quirúrgico completo, donde se aprecia la organización global del bloque y la disposición estratégica de cada ambiente. Asimismo, se incluye un modelo tridimensional de uno de los quirófanos, con el fin de destacar la configuración interna, ubicación del equipamiento biomédico, permitiendo comprender de forma clara la propuesta espacial desarrollada.

3D DEL COMPLEJO QUIRÚRGICO

QUIRÓFANO

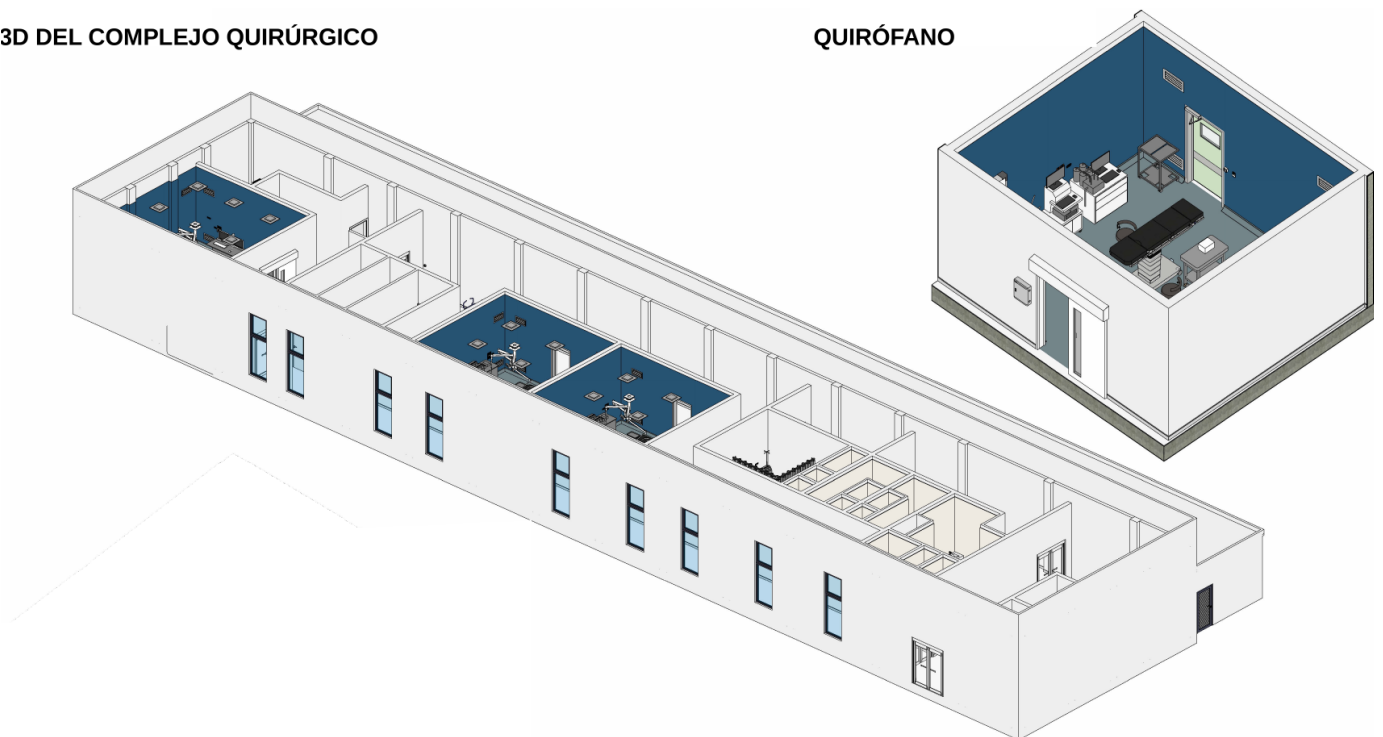


Figura 39. Plano de vista del diseño tridimensional.

Resultados del Diseño Integrado en BIM

En la figura 40 se muestra una vista general de un quirófano modelado tridimensional mediante la metodología BIM que permitió integrar en un solo entorno digital los sistemas arquitectónicos, eléctricos, sanitarios y de climatización del complejo quirúrgico. A través de este modelado se logró visualizar de manera detallada la distribución espacial de cada área, la interrelación entre instalaciones y la ubicación precisa de equipos y luminarias. Asimismo, el uso de BIM facilitó la detección temprana de interferencias entre especialidades (clash detection), optimizando la coordinación del diseño y reduciendo posibles errores en la etapa constructiva.

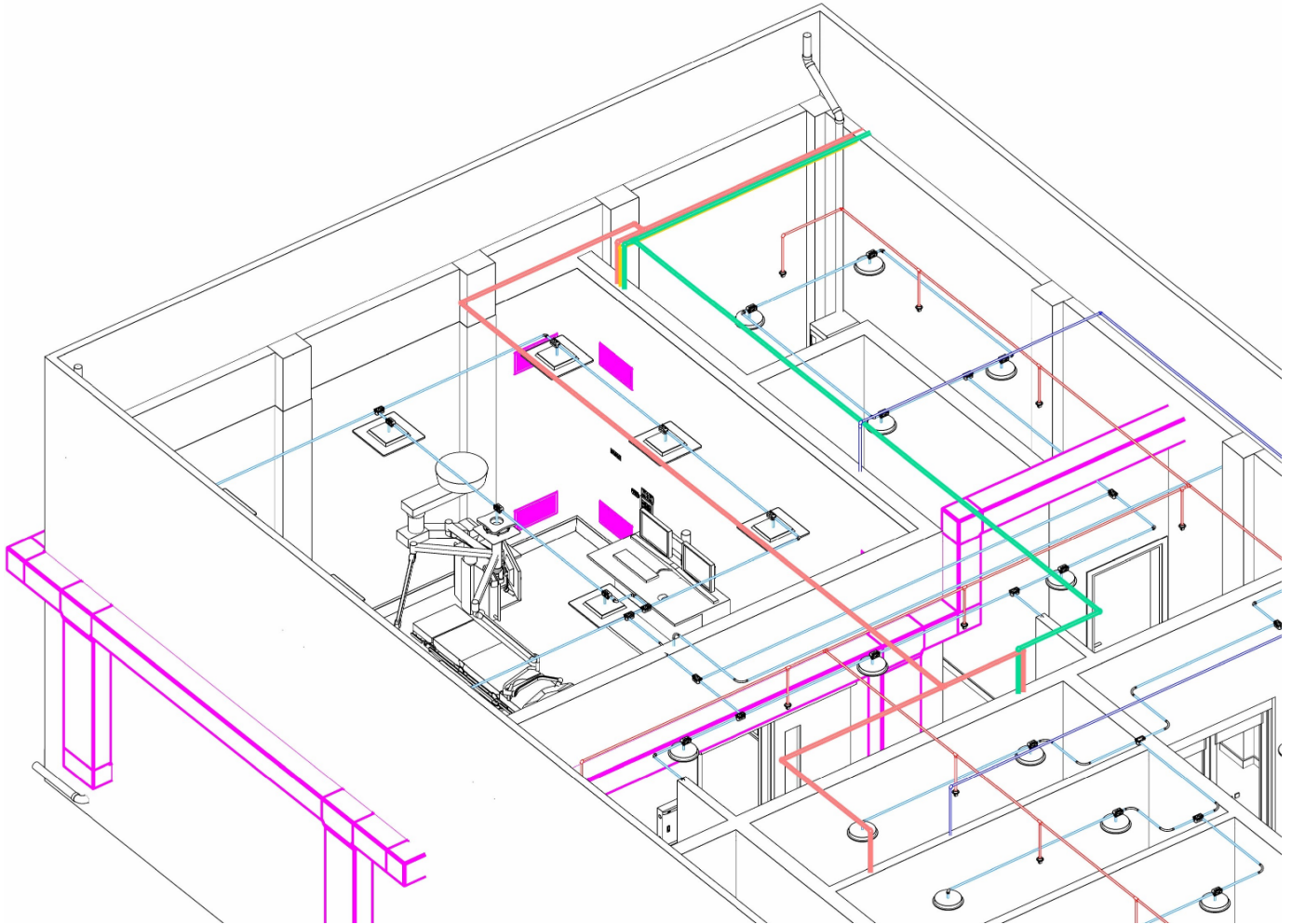


Figura 40. Modelo tridimensional del quirófano con integración de sistemas bajo metodología BIM.

En la imagen se pueden observar lo modelado de los sistemas requeridos de un quirófano como el de gases medicinales, iluminación y climatización en base a la información implementada de las normativas mencionadas en el marco normativo. Esta corresponde al quirófano de fluorocopia y su área adyacente de Equipos de Protección Respiratoria (EPR), donde se visualiza la distribución y coordinación de los siguientes sistemas:

- **Magenta:** Sistema climatización.
- **Rosado:** Sistema de vacío.
- **Amarillo:** Sistema de gases medicinales.
- **Verde menta:** Sistema de oxígeno.

- **Celeste:** Sistema eléctrico.

En la figura 41 observamos solamente los sistemas modelados y equipamiento.

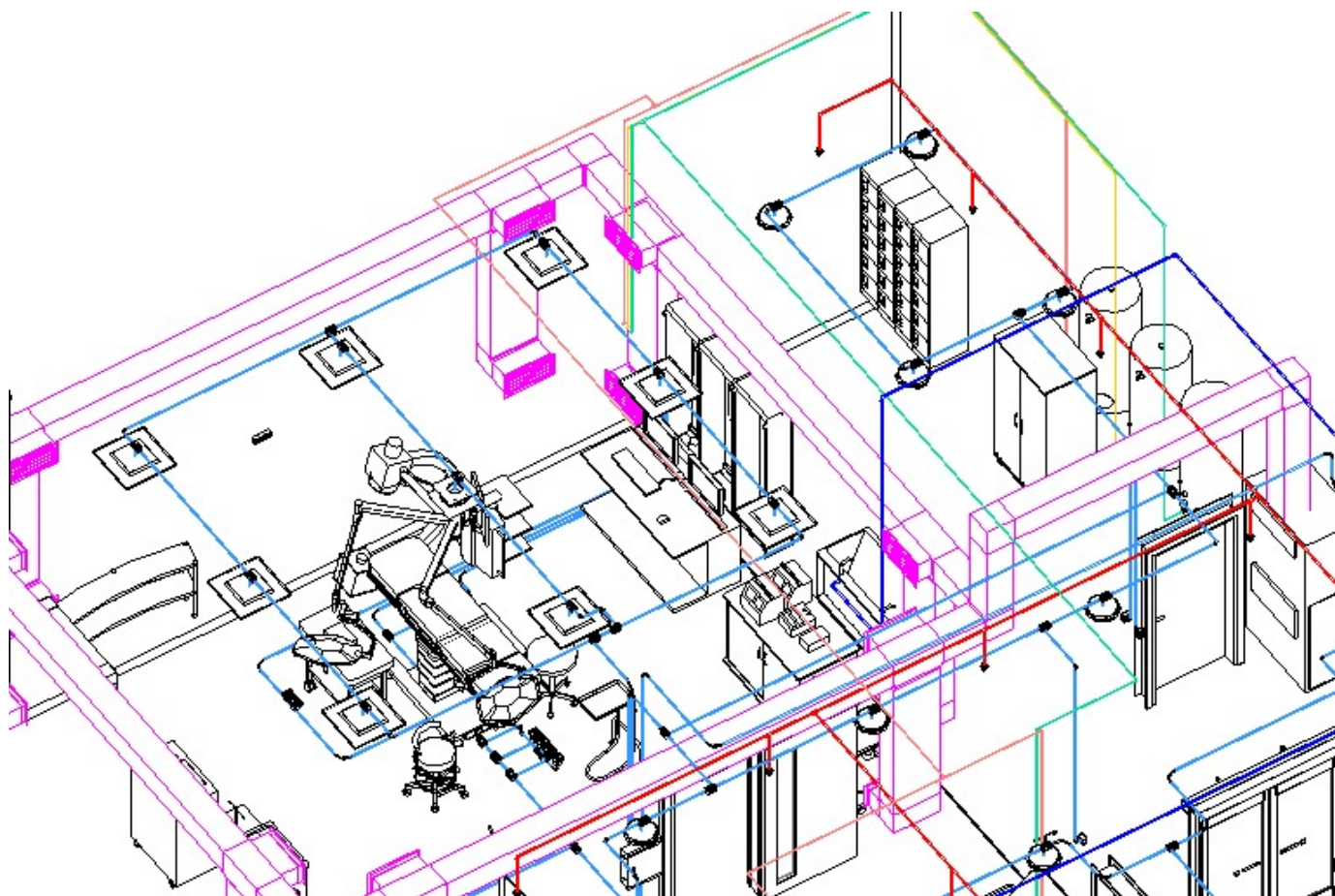


Figura 41. Vista 3D del quirófano de fluoroscopia con sistemas y equipos (sin muros).

Para el sistema hidrosanitario se seleccionó una vista desde otro punto del modelado como lo muestra la figura 42, correspondiente a las áreas de pasillos y vestidores, los cuales disponen de baños, lavaderos, duchas y sistema contra incendios. Este sistema fue implementado en las áreas adyacentes con el objetivo de complementar el funcionamiento integral del complejo quirúrgico, garantizando el abastecimiento, evacuación y seguridad hidráulica conforme a los criterios técnicos establecidos.

En la imagen se observa la siguiente distribución de sistemas:

- **Azul:** Red de agua potable.
- **Verde:** Red de aguas residuales.
- **Rojo:** Sistema contra incendios.
- **Gris:** Red de aguas lluvias.

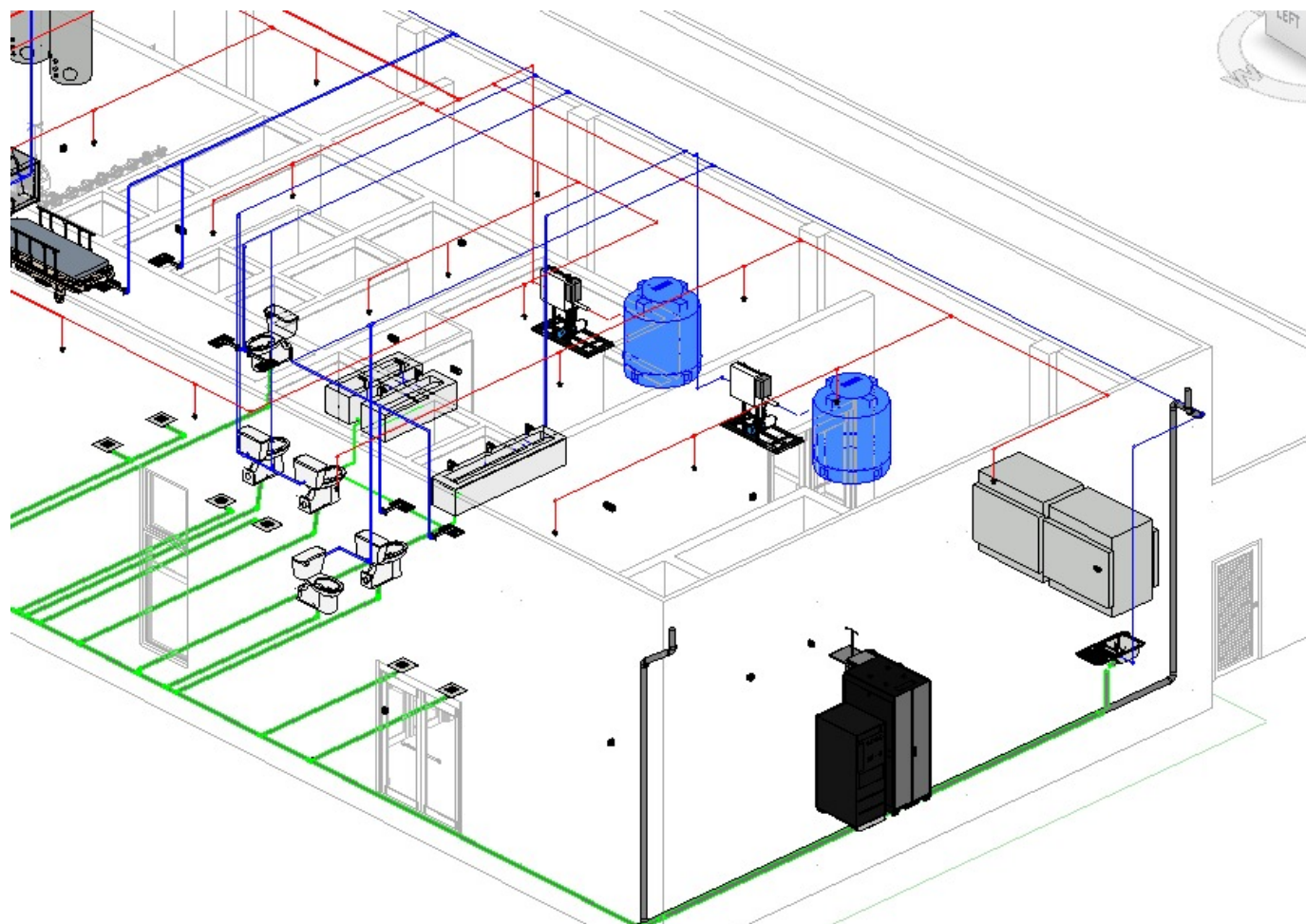


Figura 42. Modelo tridimensional con integración del sistema hidrosanitario bajo metodología BIM.

La diferenciación cromática permite identificar claramente cada instalación dentro del espacio, facilitando la verificación de interferencias, la correcta ubicación de redes técnicas y la optimización del diseño previo a su ejecución.

El modelo 3D no solo permitió apreciar el quirófano de forma individual para analizar su funcionalidad y cumplimiento normativo, sino también entender el funcionamiento integral del complejo hospitalario, verificando circulaciones, alturas, espacios técnicos y rutas de instalaciones.

VIII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la siguiente tabla 50.

Tabla 50
CRONOGRAMA

REDISEÑO DE UN QUIRÓFANO DE GASTROENTEROLOGÍA APLICANDO MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM) EN UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN GUAYAQUIL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
LUIS GREGORY ABAD CORREA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
AMBITO DE APLICACIÓN:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
RESPONSABLES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
MESES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
PROYECTO DE INVESTIGACION Y DISEÑO	DEFINICION DEL TITULO DEL ANTEPROYECTO	LUIS ABAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

IX. PRESUPUESTO

Tabla 51
COSTOS DE MATERIALES Y SERVICIOS

Sección	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)
Equipamiento	Laptop ASUS A16	1	\$1.600,00
Equipamiento	Gafas Meta Quest 2	1	\$500,00
Servicios	Consultoría básica	1	\$20,00
Servicios	Impresión de trabajo	variable	\$10,00
Total			\$2.130,00

X. CONCLUSIONES

El levantamiento técnico del estado actual del complejo quirúrgico de gastroenterología, permitió identificar deficiencias en la distribución espacial, organización funcional, articulación de sistemas y cumplimiento normativo. Este diagnóstico inicial fue fundamental para comprender las limitaciones operativas existentes, tales como áreas insuficientes, ausencia de una clara diferenciación de circulaciones y falta de coordinación entre sistemas críticos. A partir de la información recopilada se estableció una base técnica que permitió comparar las condiciones existentes con los requerimientos establecidos en normativas nacionales e internacionales aplicables a áreas quirúrgicas. Este análisis evidenció la necesidad de actualizar dimensiones, reorganizar espacios y redefinir flujos internos para garantizar condiciones adecuadas de ergonomía, seguridad y eficiencia operativa.

La aplicación y adaptación de normativas nacionales e internacionales en materia de infraestructura hospitalaria, bioseguridad, control de infecciones, instalaciones eléctricas hospitalarias y sistemas de gases medicinales permitió que la propuesta cumpla con estándares técnicos exigidos para un hospital de tercer nivel. A nivel nacional, el rediseño se fundamentó en los lineamientos establecidos por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP) para infraestructura y equipamiento hospitalario, así como en la Norma Técnica para la Habilitación de Establecimientos de Salud y disposiciones del Reglamento de Permisos de Funcionamiento de los Establecimientos Sujetos a Vigilancia y Control Sanitario emitido por la autoridad sanitaria competente. Además, se consideraron criterios del Reglamento Ecuatoriano de Construcción (NEC) en lo referente a seguridad estructural y condiciones técnicas complementarias aplicables a edificaciones de uso hospitalario.

En el ámbito internacional, para el sistema eléctrico hospitalario se aplicaron criterios de la NFPA 99 (Health Care Facilities Code) y la NFPA 70 (National Electrical Code – NEC), garantizando seguridad en áreas críticas, sistemas esenciales y respaldo energético. En el sistema de gases medicinales se tomaron como referencia la NFPA 99 y la ISO 7396-1, relacionadas con el diseño, instalación y operación segura de redes de gases médicos. Para el sistema de climatización y ventilación (HVAC), se aplicaron los lineamientos de ASHRAE 170 (Ventilation of Health Care Facilities), asegurando presiones diferenciales, recambios de aire adecuados y filtración de alta eficiencia (HEPA) en el quirófano.

La incorporación del sistema de doble pasillo (circulación limpia y circulación sucia) fortaleció el control epidemiológico y mejoró la organización funcional del bloque quirúrgico, reduciendo el riesgo de contaminación cruzada y optimizando los flujos del personal médico, pacientes y material estéril.

En cuanto al equipamiento biomédico y mobiliario quirúrgico, se realizó una selección y distribución estratégica bajo criterios de ergonomía, accesibilidad, mantenimiento y cumplimiento normativo. Esto permitió diseñar un espacio funcional, seguro y adaptable a los requerimientos específicos de los procedimientos gastroenterológicos, asegurando condiciones óptimas para el acto quirúrgico.

Asimismo se desarrollaron y coordinaron de manera integral los seis sistemas principales del quirófano: sistema arquitectónico, sistema eléctrico, sistema de iluminación, sistema de gases médicos, sistema de climatización y ventilación (HVAC), y sistema de telecomunicaciones. La correcta articulación entre estos sistemas permitió evitar interferencias técnicas, conflictos espaciales y fallas operativas, garantizando que cada uno funcione de manera conjunta y complementaria dentro del entorno quirúrgico. La coordinación interdisciplinaria fue clave para asegurar que las instalaciones no solo cumplan su función individual, sino que trabajen de forma integrada, optimizando la seguridad, eficiencia y continuidad operativa del área quirúrgica.

El desarrollo del presente proyecto permitió cumplir con el objetivo general planteado, mediante la aplicación estructurada de una metodología basada en el Modelado de Información de Construcción (BIM), la cual facilitó la planificación, organización y validación integral del rediseño del quirófano de gastroenterología. La implementación metodológica permitió abordar el proyecto de manera sistemática, asegurando coherencia técnica entre los distintos componentes arquitectónicos, hospitalarios y tecnológicos involucrados.

La utilización de Autodesk Revit como herramienta BIM fue fundamental para el desarrollo del modelado tridimensional del proyecto, permitiendo visualizar de manera integral la interacción entre sistemas, detectar interferencias mediante procesos de coordinación, y simular el funcionamiento espacial del quirófano antes de su ejecución física. El modelado 3D facilitó la validación técnica del diseño, mejoró la toma de decisiones y aportó precisión en dimensiones, instalaciones y distribución del equipamiento.

En conclusión, el rediseño propuesto no solo mejora la organización espacial del quirófano de gastroenterología, sino que fortalece su desempeño funcional, técnico y normativo. La integración metodológica, la coordinación de sistemas y el uso de herramientas BIM demuestran que es posible optimizar infraestructuras hospitalarias existentes mediante procesos digitales que incrementan la eficiencia, reducen errores constructivos y garantizan entornos quirúrgicos más seguros, modernos y acordes a las exigencias actuales del sector salud.

XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los proyectos de infraestructura hospitalaria, especialmente aquellos correspondientes a áreas críticas como quirófanos, adopten de manera sistemática la metodología de Modelado de Información de Construcción (BIM). Esta herramienta permite la coordinación interdisciplinaria de los sistemas arquitectónicos e ingenieriles, la detección temprana de interferencias, la optimización de recursos y la simulación previa del funcionamiento espacial. Su aplicación reduce errores constructivos, mejora la planificación y garantiza mayor precisión técnica en edificaciones de alta complejidad.

Es recomendado que el personal médico, de enfermería y técnico reciba capacitación periódica sobre la correcta circulación dentro del bloque quirúrgico bajo el esquema de doble pasillo (circulación limpia y sucia), así como sobre el uso adecuado del equipamiento biomédico instalado. La formación constante contribuye a minimizar riesgos operativos, prevenir infecciones intrahospitalarias y garantizar el aprovechamiento óptimo de la infraestructura y tecnología incorporada.

Se sugiere la colocación estratégica de señalética hospitalaria estandarizada en áreas críticas, pasillos, accesos y zonas técnicas, incorporando códigos de color, pictogramas universales y señalización de circulación diferenciada. Esto facilita la orientación del personal, optimiza los flujos internos y refuerza las medidas de bioseguridad dentro del entorno quirúrgico.

Para futuros proyectos hospitalarios se aconseja emplear revestimientos y acabados hospitalarios certificados internacionalmente, tales como recubrimientos epóxicos sanitarios, superficies vinílicas conductivas y materiales antimicrobianos de alta resistencia. La selección de estos materiales mejora el control de infecciones, facilita la limpieza y desinfección, incrementa la durabilidad de la infraestructura y eleva los estándares de calidad del establecimiento de salud.

Se recomienda establecer un plan integral de mantenimiento preventivo para los sistemas eléctricos hospitalarios, gases medicinales, climatización (HVAC) y telecomunicaciones, asegurando su correcto funcionamiento a largo plazo. Asimismo, se sugiere realizar evaluaciones técnicas periódicas que permitan actualizar los sistemas conforme evolucionen las normativas y tecnologías médicas, garantizando así que el quirófano mantenga condiciones óptimas de seguridad, eficiencia y cumplimiento regulatorio.

REFERENCIAS

- [1] J. A. Martínez Gutiérrez et al., «A Review of Surgical and Anesthetic Care in Quito, Ecuador,» *Salud, Ciencia y Tecnología*, vol. 3, pág. 400, 2023. DOI: 10.56294/saludcyt2023400.
- [2] W. W. Ang, S. Sabharwal, H. Johannsson, R. Bhattacharya y C. M. Gupte, «The cost of trauma operating theatre inefficiency,» *Annals of Medicine and Surgery*, vol. 7, págs. 24-29, 2016. DOI: 10.1016/j.amsu.2016.03.001.
- [3] S. Bayramzadeh et al., «The Impact of Operating Room Layout on Circulating Nurse's Work Patterns and Flow Disruptions: A Behavioral Mapping Study,» *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, vol. 11, n.º 3, págs. 124-138, 2018. DOI: 10.1177/1937586717751124.
- [4] M. L. Candia Maquera, L. R. Navarro Zambrano y F. Salazar Mestanza, *Mejoramiento de la planificación de proyectos de infraestructura hospitalaria aplicando BIM para optimizar la constructabilidad*, 2018.
- [5] A. Lanfranco Tapia, *Gestión de infraestructura hospitalaria con apoyo de modelos BIM*, 2014.
- [6] N. England, «Health Building Note 26: Operating Department,» UK Department of Health y Social Care, inf. téc., 2021, Guidance on planning and designing operating theatres. dirección: https://www.england.nhs.uk/wp-content/uploads/2021/05/HBN_26.pdf.
- [7] L. Lancharro, *BIM, la metodología de trabajo que nos acecha*, dic. de 2020. dirección: <https://www.tecnicaindustrial.es/bim-la-metodologia-de-trabajo-que-nos-acecha/>.
- [8] Y. L. Ayala Consuelo, E. Perez Pinillos y R. Segura Molina, *Análisis del uso de la metodología BIM propuesta en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad (2019-2030) para prevenir y controlar retrasos durante la etapa de construcción de proyectos de infraestructura hospitalaria contratados por el Estado*, 2024.
- [9] R. M. Matarrita Chaves y G. M. Gómez Gómez, *Building Information Modeling (BIM) en la gestión de mantenimiento hospitalario*, 2020. dirección: <https://zaloamati.azc.uam.mx/server/api/core/bitstreams/2fbae2d0-b696-479d-bbd6-85e62d0f7e12/content>.
- [10] A. Desconocido, «Hospital planning: challenges or opportunities?» *Future Hospital Journal*, 2015, Relevancia moderna sobre infraestructura y calidad del entorno hospitalario. dirección: <https://doi.org/10.7861/futurehosp.15.014>.
- [11] C. C. B. ESAN, *Planificación Hospitalaria: Estructuración Técnica del Programa de Infraestructura Hospitalaria - Informe No.4, Plan de Acción "Bogotá Mejor para Todos en Salud"*, Documento técnico, Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, 2019. dirección: https://www.saludcapital.gov.co/Proyecto%20Bosa/Planificacion_Hospitalaria/Planificacion%20Hospitalaria_Bosa%20v5.pdf.
- [12] D. d. I. C. y. A. Universidad de los Andes, *Planificación de infraestructura hospitalaria: caracterización de proyecto y lineamientos de diseño*, Documento técnico, Repositorio Digital Universidad de los Andes, 2025. dirección: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/96b4df23-ff38-4b3c-84b4-f0c919ed7fe1/content>.
- [13] A. Varios, «Integrating environmental sustainability into hospitals performance management systems: a scoping review,» *BMC Health Services Research*, 2025. dirección: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12913-025-12928-x>.
- [14] Corte Constitucional del Ecuador, *Modelo de atención integral del sistema nacional de salud y niveles de atención*, Documento institucional, Sistema Nacional de Salud del Ecuador, 2020.
- [15] E. P. Nacional, *Análisis y propuesta de infraestructura hospitalaria para establecimientos de salud de alta complejidad*, Trabajo académico, Repositorio Digital EPN, 2014. dirección: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8376/3/CD-0701.pdf>.
- [16] M. de Salud Pública del Ecuador, *Reglamento para establecer la tipología de los establecimientos de salud del Sistema Nacional de Salud (Acuerdo Ministerial No.00030-2020)*, Registro Oficial No. 248, 17 de julio de 2020, 2020. dirección: <https://tinyurl.com/emkdeu9z>.

- [17] D. Rajput. «Hospital and Its Organization — Definition, Classification of Hospital: Primary, Secondary and Tertiary Hospitals. »dirección: <https://www.pharmaacademias.com/hospital-and-its-organization-definition-classification-of-hospital-primary-secondary-and-tertiary-hospitals/>.
- [18] World Health Organization, *Global Guidelines for the Prevention of Surgical Site Infection*. Geneva: World Health Organization, 2018. dirección: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550475>.
- [19] E. Hernández, «Gestión del área quirúrgica hospitalaria: perspectivas directiva y asistencial,» *Revista de Gobierno, Administración y Políticas de Salud*, vol. 1, n.º 1, 2022, ISSN: 2792-2201. dirección: <https://revistas.uned.es/index.php/GAPS/article/view/36401>.
- [20] Solclime, *Todo sobre el Quirófano: diseño, control de ambiente y características generales*, Blog técnico sobre condiciones y diseño de quirófanos, 2025. dirección: <https://solclime.net/blog/todo-sobre-quirofano/>.
- [21] ETKHO Hospital Engineering. «Todas las claves para el correcto diseño de un quirófano. »dirección: <https://www.etkho.com/todas-las-claves-para-el-correcto-diseno-de-un-quirofano/>.
- [22] Coohom. «Hospital OT Room Design: Essential Guide for Efficient Spaces. »dirección: <https://www.coohom.com/article/hospital-ot-room-design-essential-guide-for-efficient-spaces>.
- [23] A. Goikoetxea Ibarrondo, P. Berroya Ortiz de Urbina, M. Valiente López y F. Domouso de Alba, «Diseño del área quirúrgica para experimentación animal; cinco casos de estudio,» *Informes de la Construcción*, vol. 72, n.º 560, e366, 2020. DOI: 10.3989/ic.75050. dirección: <https://doi.org/10.3989/ic.75050>.
- [24] S. Bayramzadeh et al., «The impact of operating room design on nurses' circulation patterns and workflow disruptions: A behavioral mapping study,» *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, vol. 11, n.º 3, págs. 124-138, 2018. DOI: 10.1177/193758671771114. dirección: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29355033/>.
- [25] Centers for Disease Control and Prevention, «Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities,» Centers for Disease Control y Prevention, Atlanta, GA, 2019. dirección: <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guideline-Environmental-H.pdf>.
- [26] ETKHO Hospital Engineering. «La importancia de los sistemas eléctricos en un hospital. »dirección: <https://www.etkho.com/la-importancia-de-los-sistemas-electricos-en-un-hospital/>.
- [27] ETKHO Hospital Engineering. «Cajas de seccionamiento y tomas de gases medicinales. »dirección: <https://www.etkho.com/cajas-de-seccionamiento-y-tomas-de-gases-medicinales/>.
- [28] Mundo HVAC&R. «Áreas críticas en hospitales. »dirección: <https://www.mundohvacr.com/2013/12/areas-criticas-en-hospitales/>.
- [29] DAE Formación. «Funciones comunes del equipo de enfermería en el quirófano. »dirección: <https://daeformacion.com/funciones-comunes-equipo-enfermeria-quirofano/>.
- [30] Solclime, *Clasificación de áreas hospitalarias según nivel de riesgo*, <https://solclime.net/blog/clasificacion-areas-hospitalarias-nivel-de-riesgo/>, 2024.
- [31] Y. CleanroomTech, *A Comparative Analysis of Core Differences in Global Operating Room Construction Standards*, 2025. dirección: <https://www.ygcleanroomtech.com/a-comparative-analysis-of-core-differences-in-global-operating-room-construction-standards>.
- [32] International Health Facility Guidelines (iHFG), *Part B - Health Facility Briefing and Design: Endoscopy Unit*, https://healthfacilityguidelines.com/ViewPDF/ViewIndexPDF/iHFG_part_b_endoscopy_unit, 2025.
- [33] C. J. Gostout, B. J. Ott y D. DiMagno, «Design of the endoscopy procedure room,» *Gastrointestinal Endoscopy Clinics of North America*, vol. 3, n.º 3, págs. 509-524, 1993. DOI: 10.1016/S1052-5157(18)30557-9.
- [34] A. S. for Gastrointestinal Endoscopy, *Principles of Endoscopic Surgery*. ASGE, 2019.
- [35] Facilities Guidelines Institute, *Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Outpatient Facilities*, 2014.^a ed. Dallas, TX: Facilities Guidelines Institute, 2014. dirección: https://www.fgiguideelines.org/wp-content/uploads/2015/08/2014_FGI_SustainableDesign_HOP.pdf.

- [36] A. Medical, *How to optimize your operating room layout*, n.d. dirección: <https://axismedical.gr/optimizing-your-operating-room-layout/>.
- [37] «Operating room design using agent-based simulation to reduce room obstructions,» *BMJ Quality & Safety*, vol. 28, n.º 4, 2022. DOI: 10.1136/bmjqs-2018-007957. dirección: <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2018-007957>.
- [38] Tedisel Medical. «La importancia del diseño en quirófanos híbridos: clave para una atención médica de alta precisión.» dirección: <https://tediselmedical.com/la-importancia-del-diseno-en-quiroyfanos-hibridos-clave-para-una-atencion-medica-de-alta-precision/>.
- [39] Nubix Cloud. «Fluoroscopia: principios básicos y aplicaciones clínicas.» dirección: <https://nubix.cloud/radiologia/fluoroscopia-principios-basicos-y-aplicaciones-clinicas>.
- [40] INEFORMA. «Papel del técnico en radiología en el área quirúrgica.» dirección: <https://ineforma.com/papel-del-tecnico-en-radiologia-en-el-area-quirurgica/>.
- [41] Q. C. Meisinger, C. M. Stahl, M. P. Andre, T. B. Kinney e I. G. Newton, «Radiation protection for the fluoroscopy operator and staff,» *American Journal of Roentgenology*, vol. 207, n.º 4, págs. 745-754, 2016. DOI: 10.2214/AJR.16.16556.
- [42] S. Gaytán-Fernández, R. G. Barragán-Hervella, J. Quiroz-Williams, C. L. Rodríguez Palacios y G. Sánchez-González, «Exposición a radiación ionizante en médicos residentes de ortopedia en un hospital de referencia,» *Cirugía y cirujanos*, vol. 91, n.º 1, págs. 64-72, 2023, ISSN: 2444-054X. DOI: 10.24875/ciru.21000644. dirección: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2444-054X2023000100064.
- [43] J. Vega et al., «Protección radiológica en procedimientos médicos con radiación ionizante,» *Revista Chilena de Radiología*, vol. 24, n.º 1, págs. 5-12, 2018, Artículo en línea. dirección: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082018000100005.
- [44] DiagXimag. «Arcos en C móviles para quirófano: guía de selección.» Consultado en línea. dirección: <https://diagximag.com/arcos-en-c-moviles-para-quiroyfano-guia-de-seleccion>.
- [45] Endoscopia.ec. «Fluoroscopia.» dirección: <https://endoscopia.ec/fluoroscopia/>.
- [46] A. Barrios et al., «Efectos de la radiación ionizante en equipos quirúrgicos,» *Scientific Education Medical Journal (SEMJ)*, vol. 3, n.º 1, págs. 64-77, 2021, Artículo en línea.
- [47] AT Física. «Principio ALARA: importancia y riesgos de salud por radiaciones ionizantes.» dirección: <https://atfisica.com/principio-alara-importancia-riesgos-de-salud-por-radiaciones-ionizantes/>.
- [48] Dräger, *Surgical Operating Tables: Technical Specifications and Clinical Use*, Dräger Medical, 2022.
- [49] Hillrom, *PST 300: Surgical Table – Technical Data Sheet*, Hillrom, now part of Baxter, 2022. dirección: https://www.hillrom.lat/content/dam/hillrom-aem/latam/en/marketing/products/pdfs/APR45401-ES-XL-r1_PST300_DataSheet.pdf.
- [50] MedicalExpo. «¿Qué lámpara cialítica elegir?» Dirección: <https://guide.medicaexpo.com/es/que-lampara-cialitica-elegir/>.
- [51] Hillrom. «Helux Pro Surgical Light – Product Overview and Specifications,» Hillrom, a Baxter company, visitado 10 de feb. de 2025. dirección: <https://www.hillrom.com/en/products/helux-pro-surgical-light/>.
- [52] Kalstein. «¿Qué es una lámpara cialítica?» Dirección: <https://kalstein.net/es/que-es-una-lampara-cialitica-2/>.
- [53] P. Healthcare, *Patient Monitoring Systems: Clinical Applications and Specifications*, Philips, 2023.
- [54] P. Healthcare, *IntelliVue MX750 / MX850 Patient Monitor: Instructions for Use*, 2023. dirección: <https://manuals.plus/m/1b5996b0258b832fe0375375f921214eda3da229e3dcc1cf6e18469a834494d2>.
- [55] W. H. Organization, *Surgical Care Systems and Technologies: Guidelines for Safe Operating Rooms*, WHO, 2021.
- [56] A. MedizinTechnik. «ATMOS Surgical Suction Devices — página de producto en MedicalExpo.» dirección: <https://www.medicaexpo.es/prod/atmos-medizintechnik/product-67678-420672.html>.
- [57] N. E. Hill y D. B. Horn, *Anesthesia Machine*. StatPearls Publishing, 2022, Recuperado de NCBI Bookshelf. dirección: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK572060/>.

- [58] aXcent medical, *APUS x2 Anesthesia Workstation – Estación de anestesia en carro con ventilador y monitorización respiratoria*, Página de producto en MedicalExpo, 2025. dirección: <https://www.medicaexpo.es/prod/axcent-medical/product-122394-861415.html>.
- [59] Medical-X-Ray, *Principio de funcionamiento de las máquinas de anestesia*, Actualizado 17 mayo 2025, 2025. dirección: <https://www.medical-x-ray.com/es/info-detail/working-principle-of-anesthesia-machines>.
- [60] Anesthesia Patient Safety Foundation, *Features of Modern Anesthesia Machines*, <https://www.apsf.org/article/features-of-modern-anesthesia-machines/>, 2022.
- [61] Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, *Lineamiento técnico de carro de paro*, MSPBS, Asunción, Paraguay, 2021. dirección: <https://www.mspbs.gov.py/dependencias/portal/adjunto/65e22a-LineamientoTecnicodecarrodeparo191121.pdf>.
- [62] Air Liquide Healthcare. «Sistema de gases medicinales.» dirección: <https://ar.healthcare.airliquide.com/blog/sistema-de-gases-medicinales>.
- [63] Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria, *Guía de gases medicinales*, 2018. dirección: <https://www.sefh.es/bibliotecavirtual/Gases/GUIAgases2018low.VersionDefinitiva.pdf>.
- [64] I. O. for Standardization, *ISO 7396-1: Medical Gas Pipeline Systems—Part 1: Pipeline Systems for Compressed Medical Gases and Vacuum*, 2016.
- [65] O. Medical, *Endoscopy System Platform: Specifications and Clinical Applications*, Olympus Corporation, 2022.
- [66] O. Corporation. «EVIS X1 – Sistema de imágenes avanzado para endoscopia.» Página oficial de Olympus para el sistema EVIS X1, visitado 20 de nov. de 2025. dirección: <https://www.olympus.es/medical/es/Productos-y-soluciones/Productos/Product/EVIS-X1.html>.
- [67] S. of Gastroenterology Nurses y Associates, *Standards of Infection Prevention in Reprocessing Flexible Gastrointestinal Endoscopes*, SGNA, 2021.
- [68] I. E. Commission, *IEC 60601-2-2: Medical Electrical Equipment—Part 2-2: Particular Requirements for the Safety of High-frequency Surgical Equipment*, 2018.
- [69] W. E. E. Ltda, *SS-200E Microprocessed Electrosurgical Unit: Instrucciones de uso (Rev. 11)*, Manual oficial para bisturí microprocesado WEM SS-200E, 2022.
- [70] S. of American Gastrointestinal y E. Surgeons, *Fundamentals of Laparoscopic Surgery: Equipment and Techniques*, SAGES, 2023.
- [71] L. Surgical, *Laparoscopic Instruments Guide: Comprehensive Guide to Laparoscopic Instruments*, Online, Consultado en diciembre de 2025, 2025. dirección: <https://lapexsurgical.com/laparoscopic-instruments-guide-lapex-surgical/>.
- [72] Medica Ecuador, *Torre de Laparoscopia HD3 – Torre para laparoscopia para quirófano*, Online, 2025. dirección: <https://www.medicaecuador.com/productos/equipos-medicos/quirofano/torre-de-laparoscopia-hd3/>.
- [73] Olympus / Remma, *Colonoscope CF-H185I – colonoscopia para diagnóstico y tratamiento gastrointestinal*, Online, 2025. dirección: <https://remma.fr/es/model/colonoscopia-cf-h185i>.
- [74] Baylor College of Medicine, *EUS (Endoscopic Ultrasound)*, Online, Consultado en diciembre de 2025. dirección: <https://www.bcm.edu/healthcare/specialties/gastroenterology-and-gi-surgery/diagnostics-and-treatment/eus-endoscopic-ultrasound>.
- [75] Yuesenmed / SonoScape, *EG-UC5T Linear-Array Echoendoscope*, Online product page. dirección: <https://www.yuesenmed.com/products/-sonoscape-eg-uc5t-linear-array-echoendoscope>.
- [76] N. M. Mohamedi, S. A. González y M. N. Ruz, *Fluoroscopia y arco en C en el quirófano: manual técnico para Radiología Intervencionista*. Ocronos - Editorial Científico-Técnica, 2025, ISBN: 978-84-1142-885-9. dirección: <https://ocronos.com/libros-publicados-isbn/fluoroscopia-arco-c-quirofano-manual-tecnico-radiologia-intervencionista/>.
- [77] 4D Médica. «Funciones, usos y partes de un arco en C.» dirección: <https://4dmedica.ai/es/funciones-usos-y-partes-de-un-arco-en-c/>.

- [78] Philips Healthcare. «Mobile C-arm systems for image-guided therapy. »dirección: <https://www.centralamerica.philips.com/healthcare/e/image-guided-therapy/mobile-c-arm/other>.
- [79] W. H. Organization. «Health Facility Design and Infrastructure Standards. »dirección: <https://www.who.int/publications/i/item/health-facility-design-guidelines>.
- [80] D. N. d. I. S. Ministerio de Salud Pública, «Lineamientos para la Administración, Fiscalización y Elaboración de Términos de Referencia en contratos de obra y consultorías,» Ministerio de Salud Pública del Ecuador, inf. téc. MSP-DNIS-2022-1037-M, 2022. dirección: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/07/MSP-DNIS-2022-1037-M.pdf>.
- [81] M. de Salud Pública del Ecuador, *Guía de Acabados Interiores para Hospitales*. 2021. dirección: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2021/10/Guia_acabados_interiores_Hospitales-GAIH_compressed.pdf.
- [82] M. de Salud Pública del Ecuador, *Catálogo de Fichas y Especificaciones Técnicas de Acabados y Materiales para la Infraestructura Sanitaria*, Recuperado de <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/CATALOGO-DE-FICHAS-Y-ESPECIFICACIONES-TECNICAS-DE-ACABADOS-Y-MATERIALES-PARA-LA-INFRAESTRUCTURA-SANITARIA-DICIEMBRE-2022-signed.pdf>, 2022.
- [83] A. de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada / Ministerio de Salud Pública del Ecuador, *Guía de Infraestructura e Inspección para Establecimientos de Salud*. 2022, Recuperado de https://www.acess.gob.ec/wp-content/uploads/2022/Documentos/GUIAS_Y_MANUALES/Guia_infraestructura_inspeccion_establecimientos_de_salud.pdf.
- [84] M. de Salud Pública del Ecuador, *Manual de Mantenimiento de Infraestructura Sanitaria y sus Componentes (Acuerdo Ministerial N.º 00099-2020)*, <https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/documentosDirecciones/dnn/archivos/AC-00099-2020\%20ENE\%2008.pdf>, 2020.
- [85] M. de Salud Pública del Ecuador, *Reglamento para establecer la tipología de los establecimientos de salud del Sistema Nacional de Salud (Acuerdo Ministerial N.º 00030-2020)*, <https://www.gob.ec/regulaciones/acuerdo-00030-2020-reglamento-establecer-tipologia-establecimientos-salud-sistema-nacional-salud>, 2020.
- [86] I. E. de Normalización, *Normativa técnica ecuatoriana para infraestructura y servicios hospitalarios*, 2020.
- [87] C. y. V. S. Agencia Nacional de Regulación, *Lineamientos de regulación y control sanitario para servicios de salud en áreas críticas*, ARCSA, 2022.
- [88] F. G. Institute, *Guidelines for Design and Construction of Hospitals*. Facility Guidelines Institute, 2022.
- [89] *ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017: Ventilation of Health Care Facilities*, Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2017. dirección: <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/standards-addenda/ansi-ashrae-ashe-standard-170-2017-ventilation-of-health-care-facilities>.
- [90] N. F. P. Association, *NFPA 99: Health Care Facilities Code*. NFPA, 2021.
- [91] I. O. for Standardization, *ISO 7396-1:2016: Medical Gas Pipeline Systems – Part 1*, 2016.
- [92] Corvalent Corporation, *IEC 60601: Medical Device Safety for Patients*, <https://corvalent.com/es/news/iec-60601-medical-device-safety-for-patients/>, 2023.
- [93] C. I. Maintenance, «TIA-1179 addresses cabling in healthcare facilities,» *Cabling Installation & Maintenance*, 2010. dirección: <https://www.cablinginstall.com/standards/cabling-standards/article/16465083/tia-1179-addresses-cabling-in-healthcare-facilities>.
- [94] Dintek. «Understanding the ANSI/TIA-1179 Cabling Standard for Healthcare Facilities. »dirección: <https://es.dintek.com.tw/index.php/dintek-articles/understanding-the-ansi-tia-1179-cabling-standard-for-healthcare-facilities>.
- [95] C. Supplier. «Facility Cabling Systems and Increased Healthcare Data Requirements. »dirección: <https://connectorsupplier.com/facility-cabling-systems-and-increased-healthcare-data-requirements/>.

- [96] G. del Estado de Tabasco, *Guía para aplicar la norma TIA/EIA para cableado estructurado*, 2020. dirección: <https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/Manual-para-aplicar-la-norma-TIA-EIA-para-Cableado-Estructurado.pdf>.
- [97] E. P. Nacional, *Cableado estructurado: estándares y aplicación*, 2021. dirección: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10009/1/Cableado%20Estructurado.pdf>.
- [98] B. L. America. «Normas para etiquetado de cables ANSI / TIA-606-C. »dirección: <https://www.bradynid.com.mx/recursos/norma-tia-606-c>.
- [99] A. Magazine, «Exploring BIM's hidden past,» *AEC Magazine*, 2022. dirección: <https://aecmag.com/bim/exploring-bims-hidden-past-history-of-bim/>.
- [100] T. B. Hub, *History of Building Information Modelling*, 2014. dirección: <https://thebimhub.com/en/2014/11/24/history-of-building-information-modelling/>.
- [101] Y. Lu, J. Won y J. C. P. Cheng, «A framework for understanding the impacts of BIM on construction projects,» *Automation in Construction*, vol. 62, págs. 195-207, 2016. DOI: 10.1016/j.autcon.2015.11.001.
- [102] UNECE, «Building Information Modeling (BIM),» United Nations Economic Commission for Europe, inf. téc., 2021. dirección: https://unece.org/sites/default/files/2021-05/2017495_E_pdf_web.pdf.
- [103] B. Bamfield, *Building Information Modelling (BIM) – The Future of Construction Projects*, Blog, 2019. dirección: <https://www.pdsiconsult.com/building-information-modelling-bim-the-future-of-construction-projects/>.
- [104] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks y K. Liston, *Building Information Modeling: A New Paradigm for Construction*. New York, USA: Routledge, 2011.
- [105] Autodesk. «What is Building Information Modeling (BIM)? »Dirección: <https://www.autodesk.com/design-make/articles/bim-building-information-modeling>.
- [106] C. Solutions. «Introduction to Building Information Modeling (BIM). »dirección: <https://cemsolutions.org/introduction-to-building-information-modeling-bim>.
- [107] Trimble. «What is BIM (Building Information Modeling)?» Recuperado de <https://www.trimble.com/blog/construction/what-is-bim-building-information-modeling>. dirección: <https://www.trimble.com/blog/construction/what-is-bim-building-information-modeling>.
- [108] Autodesk. «Levels of Development (LOD) in BIM,» visitado 17 de nov. de 2025. dirección: <https://www.autodesk.com/uk/solutions/bim-levels-of-development>.
- [109] BIMForum. «Level of Development Specification Guide – Version 2021. »dirección: https://bimforum.global/Pennsylvania-BIMForum_LOD-21_final_2021-12-28-1.pdf.
- [110] American Institute of Architects (AIA), *Level of Development (LOD) Specification*, 2013.
- [111] Tahm Arquitectura & Ingeniería. «Clasificación LOD (Level of Development) BIM. »dirección: <https://tahm.com.mx/en/clasificacion-lod-level-of-development-bim/>.
- [112] Autodesk. «Revit: BIM software for designers, builders, and doers. »dirección: <https://www.autodesk.com/products/revit/>.
- [113] NBS. «What is BIM? »Dirección: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>.
- [114] Autodesk. «Revit – Funcionalidades.» Recuperado de Autodesk, página oficial de características de Revit. dirección: <https://www.autodesk.com/mx/products/revit/features>.
- [115] Autodesk, *Revit 2024–2025: System Requirements*, Información técnica recuperada manualmente de Autodesk Knowledge Network, 2024.
- [116] J. Cheng e Y. Lauren, «A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning,» *Waste Management*, vol. 33, n.º 6, págs. 1539-1551, 2013. DOI: 10.1016/j.wasman.2013.01.001.
- [117] M. Linehan y B. Address, «Medical equipment and BIM. Advancing the planning process with building information modeling,» *Health Facilities Management*, vol. 26, n.º 11, págs. 4-21, 2013.

- [118] C. Zorzi et al., «Geo-environmental parametric 3D models of SARS-CoV-2 virus circulation in hospital ventilation systems,» *Geoscience Frontiers*, vol. 13, n.º 6, pág. 101 279, 2022. DOI: 10.1016/j.gsf.2021.101279.
- [119] G. Kaplan y S. Haas, «Redesigning Healthcare Facilities to Improve Workflow Efficiency,» *Health Management Review*, 2020. dirección: <https://www.hmrjournal.org/redesign-workflow-efficiency>.
- [120] C. O. de Ingeniería Industrial de Madrid, *Libro Blanco de Infraestructuras Sanitarias*. COIIM, 2023. dirección: https://www.coim.es/app/uploads/2023/10/20230922_GUIA-INFRAESTRUCTURAS-SANITARIAS_WEB-2023.pdf.
- [121] Z. Hunaiti, L. J. Alrewaily, A. Za'atreh, R. Al Huneiti y W. Balachandran, «Health improvement through redesign of emergency department: The case of public-sector hospitals,» *International Journal of Nursing & Health Care Research*, vol. 7, pág. 1558, 2024. dirección: <https://www.gavinpublishers.com/article/view/health-improvement-through-redesign-of--emergency-department-the-case-of-public-sector-hospitals>.
- [122] Facility Guidelines Institute, *Update on Operating Room Design*, 2015. dirección: https://www.fgiguilines.org/wp-content/uploads/2015/10/FGI_Update_ORs_140915.pdf.
- [123] M. L. Martínez Bagur, *Guía de buenas prácticas para la circulación en el bloque quirúrgico*, ed. por I. N. de Gestión Sanitaria, Hospital Universitario de Ceuta, Madrid, España, n.d. dirección: file:///C:/Users/LENOVO.USER/Downloads/Guia_bloque_quirurgico.pdf.
- [124] Hospitecnia, «Salas blancas hospitalarias: bloque quirúrgico y barreras que reducen riesgos,» *Revista de Arquitectura, Ingeniería, Gestión Hospitalaria y Sanitaria*, 2018. dirección: file:///C:/Users/LENOVO.USER/Desktop/Tesis_tema/pasillo_quirurgicos.pdf.
- [125] Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), *Regulación No. CONELEC 005-14*, <https://es.scribd.com/document/364961037/Regulacion-No-CONELEC-005-14>, Quito, Ecuador, 2014.
- [126] Asociación Española de Normalización (UNE). «UNE-EN 12464-1: Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.» Norma europea para la iluminación de interiores, acceso en línea. dirección: <https://tinyurl.com/yfzh2ayp>.
- [127] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), *Guía técnica de eficiencia energética en hospitales*, IDAE, 2020. dirección: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/guia_eficiencia_energetica_en_hospitales.pdf.
- [128] Eaton. «Mains Lighting Design Guide. »dirección: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/lighting-and-controls/mains-lighting/general-lighting/resources/mains-lighting-design-guide.pdf>.
- [129] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. «Normativa sobre protección radiológica y control de radiaciones ionizantes. »dirección: <https://tinyurl.com/4xa9nd5b>.
- [130] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. «Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11). »dirección: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-del-pacifico-ecuador/seguridad/norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec/13788420>.
- [131] «NTE INEN 1108: Agua potable – Requisitos,» Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). dirección: <https://spartaninter.com/wp-content/uploads/2023/07/INEN-1108-agua-potable.pdf>.
- [132] «NTE INEN 1569: Artefactos sanitarios – Requisitos,» Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). dirección: <https://www.studocu.com/co/document/instituto-inec/informatica-en-la-nube/nte-inen-1569-3-ecuador/23536346>.
- [133] L. M. Pérez Orgaz, *Quirófanos y otras salas de ambiente controlado. Hospital General en Centroamérica*, 2024. dirección: <https://tinyurl.com/mv2xrwb6>.
- [134] «Por qué el aire acondicionado es vital en un quirófano,» IMSO Conusco. dirección: <https://www.imsoconusco.com/por-que-el-aire-acondicionado-es-vital-en-un-quiroyano>.
- [135] «Aire acondicionado en áreas críticas de un hospital,» CESA Salud. dirección: <https://www.cesalud.com/blog/112-aire-acondicionado-en-areas-criticas-de-un-hospital.html>.
- [136] «Directrices de diseño para sistemas HVAC en quirófanos,» iCareLife. dirección: <https://tinyurl.com/3z55p6ze>.

- [137] Interempresas, *Tecnologías para el control de presión en entornos críticos hospitalarios*, Artículo técnico en línea, s.f. dirección: <https://www.interempresas.net/Climatizacion/404260-Tecnologias-para-el-control-de-presion-en-entornos-criticos-hospitalarios.html>.
- [138] Universidad de Valladolid, «Diseño y análisis de sistemas de ventilación y climatización en entornos hospitalarios,» Trabajo Fin de Grado, Universidad de Valladolid, 2019. dirección: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37884/TFG-I-1335.pdf>.
- [139] «Guía para técnicos HVAC.» Documento en línea, American Society for Health Care Engineering (ASHE), Centers for Disease Control y Prevention (CDC). dirección: <https://tinyurl.com/yetfkrch>.
- [140] «Guía básica de conductos: cómo diseñar su sistema de conductos,» Pinpoint Air. dirección: <https://tinyurl.com/yeyk5z9r>.
- [141] *NTE INEN 811: Identificación de cilindros que contienen gases para uso médico*, Consultado en Scribd, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), s.f. dirección: <https://es.scribd.com/document/588684000/nte-inen-811>.
- [142] *NTE INEN 2 343:2004. Oxígeno. Requisitos*, Documento consultado en línea a través de Scribd, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2004. dirección: <https://es.scribd.com/document/554525443/2343>.
- [143] *NTE INEN 2 378:2013. Aire. Requisitos*, Documento consultado en línea a través de StuDocu, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2013. dirección: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-central-del-ecuador/aseguramiento-de-la-calidad/inen-2378-aire-requisitos/93100030>.
- [144] E. G. Girón, «Sistema de gases médicos: una guía práctica para el diseño,» *Innovación. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería*, vol. 2, n.º 3, págs. 5-26, 2012, Diciembre 2011 – Mayo 2012, ISSN: 2221-1136. dirección: <https://rd.udb.edu.sv/server/api/core/bitstreams/934c9fcc-202e-4dcc-a4a4-446b70273161/content>.
- [145] Hospital Universitario Mayor – Méderi (Hospital del Rosario), *Diseños de Gases Medicinales*, Documento técnico institucional sobre el diseño de sistemas de gases medicinales, 2023. dirección: <https://www.hospitaldelrosario.gov.co/portal/wp-content/uploads/2023/10/5.-DISENOS-DE-GASES-MEDICINALES.pdf>.
- [146] SlideShare, *Gases medicinales hospitalarios*, 2018. dirección: <https://es.slideshare.net/slideshow/gases-medicinales-hospitalarios/85733112>.
- [147] *IEC 60364-7-710: Low-voltage electrical installations – Part 7-710: Requirements for special installations or locations – Medical locations*, International Electrotechnical Commission, 2021. dirección: <https://es.scribd.com/document/696324531/IEC-60364-7-710-2021>.
- [148] *Reglamento para instalaciones eléctricas de baja tensión*, Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), 1973. dirección: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6072/1/INECEL%201973_3481.pdf.
- [149] C. D. González Fajardo. «Guía técnica para el diseño de instalaciones eléctricas en instituciones de asistencia médica en Colombia.» Documento en línea, repositorio institucional, Universidad de la Costa, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Eléctrica. dirección: <https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/bf3d6fc5-0162-44b8-a0ff-ac260882e609/content>.
- [150] ELSCO Transformers. «Guide to Transformer KVA Ratings: How to Determine What Size Transformer You Need. » dirección: <https://elscotransformers-com.translate.goog/blog/guide-to-transformer-kva-ratings-how-to-determine-what-size-transformer-you-need/>.
- [151] Telecommunications Industry Association, *TIA-1179-A: Healthcare Facility Telecommunications Infrastructure Standard*, Documento técnico en línea, Disponible en Scribd, 2017. dirección: <https://es.scribd.com/document/909773977/TIA-1179-A-2017>.
- [152] D. Romero y U. Pañora, «Elaboración de una guía de diseño y operación de UCI y cuidados intermedios modular para SARS/COVID-19 aplicado a un hospital nivel II siguiendo normas y regulaciones vigentes,» Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2021. dirección: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53640>.

- [153] *Medical electrical equipment - Part 2-41: Particular requirements for the basic safety and essential performance of surgical luminaires and luminaires for diagnosis*, International standard defining safety and performance requirements for surgical and diagnostic luminaires, replacing the 2009 edition and its amendments, International Electrotechnical Commission (IEC), 2021. dirección: <https://webstore.iec.ch/publication/62677>.
- [154] *Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*, Includes amendments 1 (2006) and 2 (2008); establishes general requirements for basic safety and essential performance of medical electrical equipment., International Electrotechnical Commission (IEC), 2005. dirección: <https://webstore.iec.ch/publication/2603>.
- [155] *Medical electrical equipment – Part 2-46: Particular requirements for the basic safety and essential performance of operating tables*, International Electrotechnical Commission (IEC), 2023. dirección: <https://webstore.iec.ch/publication/68385>.
- [156] Ministerio de Salud Pública del Ecuador, *Norma de Dosis Unitaria de Medicamentos en Establecimientos de Salud*, Documento oficial del Ministerio de Salud Pública del Ecuador sobre la administración de dosis unitarias de medicamentos en establecimientos de salud., 2013. dirección: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2013/01/NORMA-DOSIS-UNITARIA.pdf>.
- [157] *Medical electrical equipment – Part 2-2: Particular requirements for the basic safety and essential performance of high frequency surgical equipment and high frequency surgical accessories*, Specifies requirements for safety and essential performance of high frequency surgical equipment and accessories; available online., International Electrotechnical Commission (IEC), 2017. dirección: <https://webstore.iec.ch/publication/28118>.
- [158] American Society for Gastrointestinal Endoscopy (ASGE), *Guidelines for safety in the gastrointestinal endoscopy unit*, Documento oficial de la ASGE sobre seguridad en unidades de endoscopia gastrointestinal., 2013. dirección: https://www.asge.org/docs/default-source/default-document-library/2014_guidelines-for-safety-in-the-gastrointestinal-endoscopy-unit.pdf?sfvrsn=6d3ea51_0.
- [159] ADOX S.A., *Navegando por AAMI ST91: mejora de la seguridad del paciente en el procesamiento de endoscopios*, Artículo informativo sobre la norma AAMI ST91 y su impacto en la seguridad del paciente durante el reprocesamiento de endoscopios. dirección: <https://adox.com.ar/navegando-por-aami-st91-mejora-de-la-seguridad-del-paciente-en-el-procesamiento-de-endoscopios/>.
- [160] CODEINEP, *Directrices para Centrales de Esterilización*, Documento técnico, Colegio de Ingenieros del Perú (CODEINEP), 2019. dirección: <https://codeinep.org/wp-content/uploads/2019/07/DIRECTRICES-CENTRALES-DE-ESTERILIZACION-2019.pdf>.

XII. ANEXOS

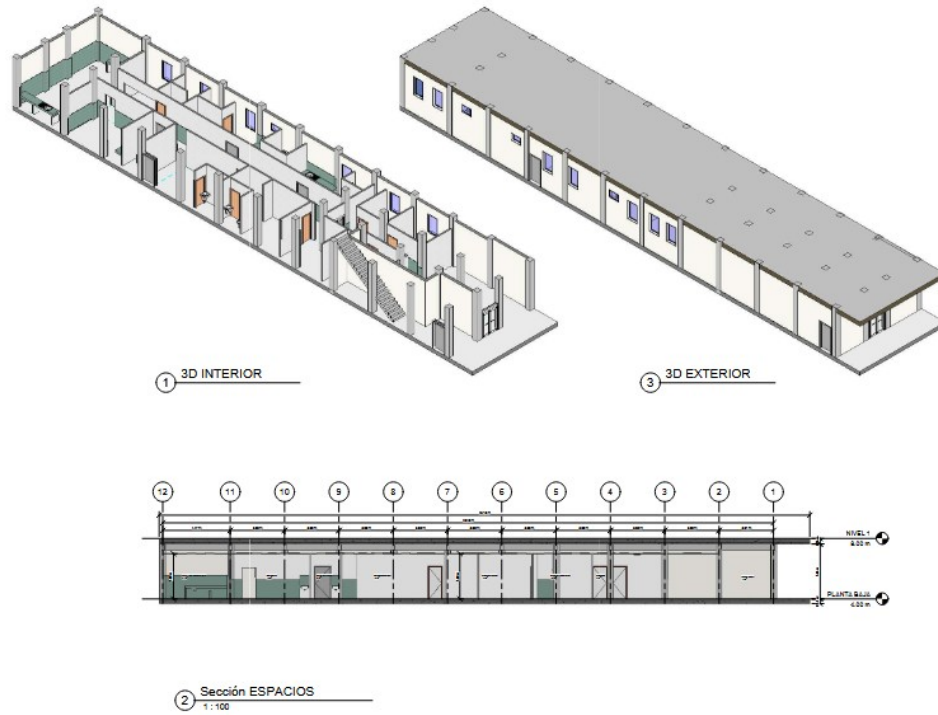


Figura 43. Vistas del Modelado 3D del Levantamiento de información-Estado actual.

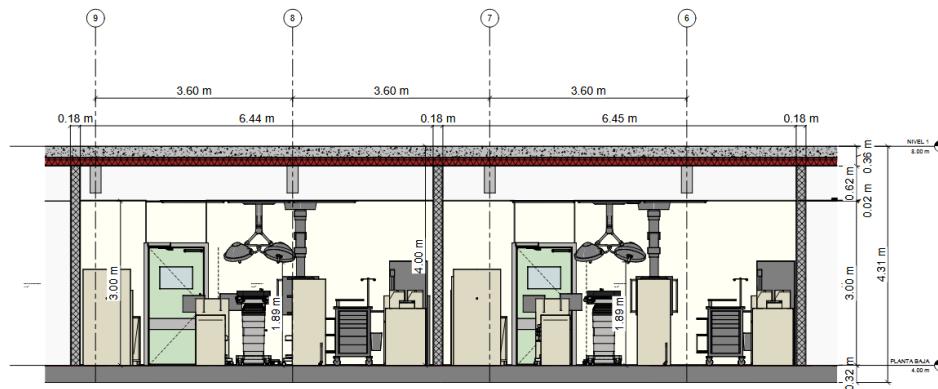


Figura 44. Vista de corte de Salas Quirúrgicas de Propuesta.

COMBINACIÓN: iLED® 7 / iLED® 7 (ALTURA ESTÁNDAR DEL TECHO)

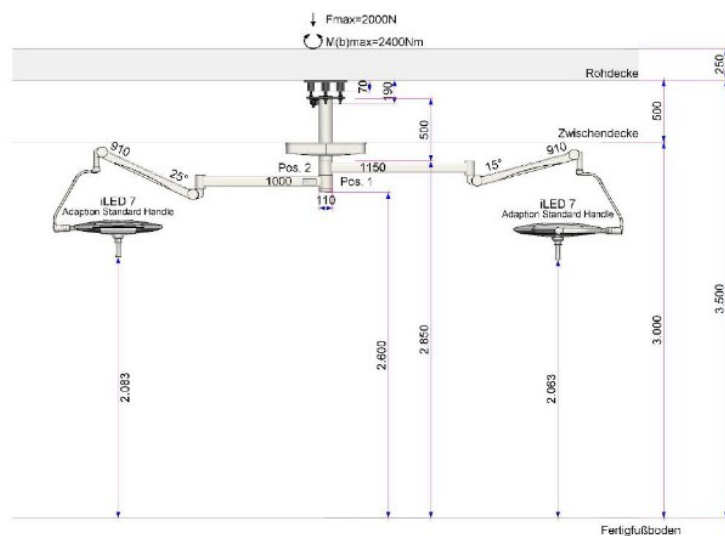


Figura 45. Ficha técnica de lámpara quirúrgica.

DETALLES TÉCNICOS

Largo del tablero de la mesa PST 300S / PST 300S EU PST 300L / PST 300L EU	1038 mm (40,9") 1204 mm (47,4")
Ancho del tablero de la mesa Con riel normalizado Sin riel normalizado	601 mm (23,6") 550 mm (21,7")
Altura de la mesa	660 mm – 1030 mm (26" – 40,6")
Dimensiones de la columna de la mesa (L x A)	300 mm x 360 mm (11,8" x 14,2")
Dimensiones de la base de la mesa (A x L x A) (Altura desde el suelo hasta el tope de la mesa)	1111 mm x 590 mm x 197 mm (43,7" x 23,2" x 7,8")
Dimensiones del acolchado Acolchado tablero PST 300S B Acolchado tablero PST 300L B	928 mm x 545 mm x 90 mm (36,5" x 21,5" x 3,5") 1094 mm x 545 mm x 90 mm (43,1" x 21,5" x 3,5")
Peso PST 300L / L EU PST 300S / S EU	237 kg (522 lb) 230 kg (507 lb)
Capacidad de carga máxima	400 kg (882 lb)
Capacidad de carga de rieles laterales estándar Eje longitudinal Eje transversal	100 Nm 100 Nm
Frenos	Freno de piso electromotorizado con liberación manual de emergencia

Figura 46. Ficha técnica de Mesa quirúrgica Mesa Quirúrgica PST 300 [49]

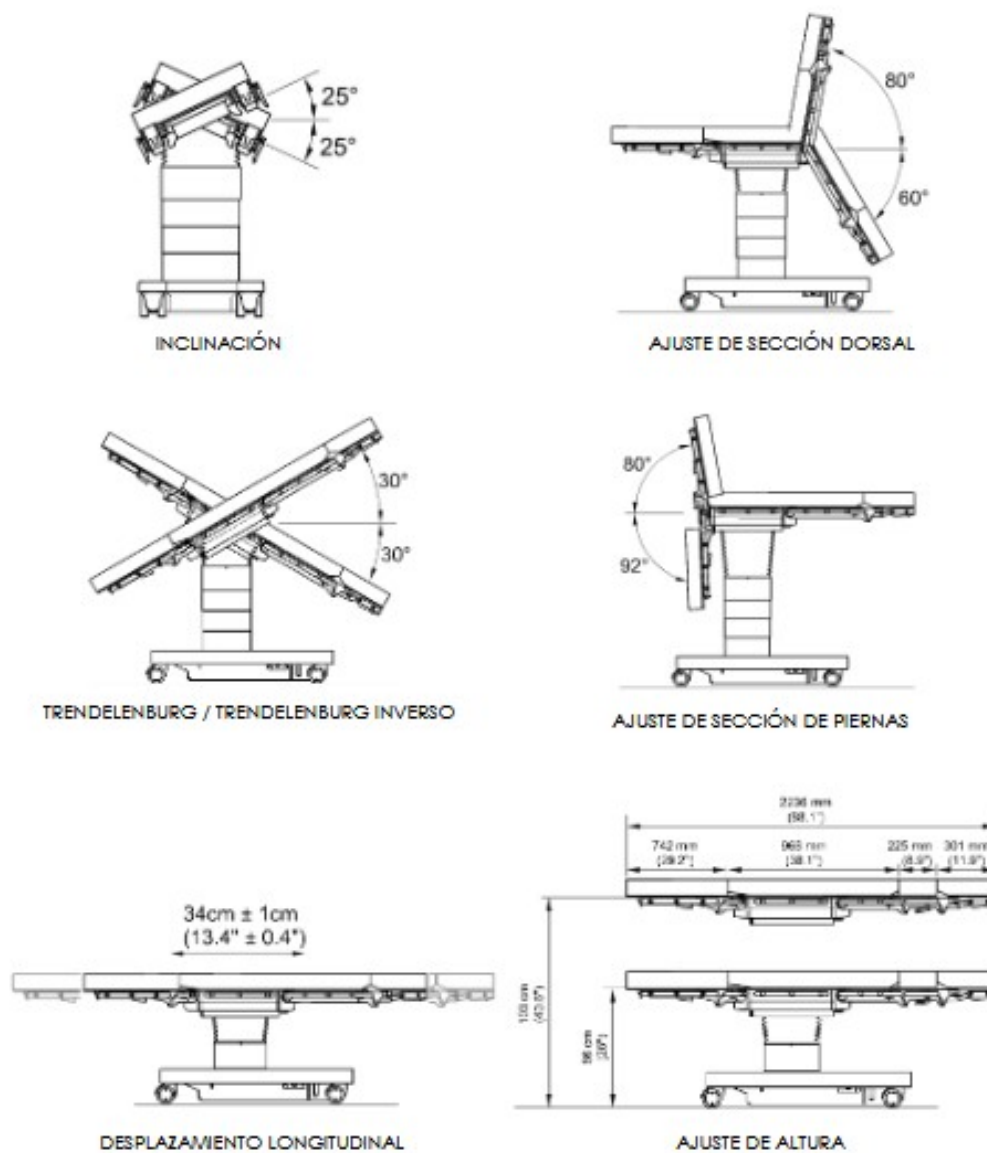


Figura 47. Ficha técnica de Mesa quirúrgica Mesa Quirúrgica PST 300 [49].

FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
		COORDINACIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO
Ficha Técnica:	TOR-15 Rev-04	
Código:	TOR-15	
Revisión:	Rev-04	
Mes-Año:	Enero - 2023	
Vigencia:	Desde: 01-01-2023	
	Hasta: 31-12-2024	
Tipo:	Equipo Médico	
DATOS GENERALES		
Nombre:		TORRE DE VIDEO - COLONOSCOPIA
ATRIBUTO	ITEM	VALOR
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS REQUERIDAS:		
Sistema de Visualización	1.01	Mínimo un monitor Full HD a Color LCD o LED, Grado Médico
	1.02	Tamaño $\geq 26"$
	1.03	Resolución mínima de 1920x1080
	1.04	Puertos de entrada: Mínimo DVI o HDMI y opcional (RGB y/o VGA y/o Super Video y/o Video compuesto)
Procesador de video	2.01	Mínimo Balance de blancos automático o manual
	2.02	Congelamiento de imagen
	2.03	Ajuste de color y brillo: Manual y/o automático
	2.04	Compatibilidad con Video de Colonoscopia
	2.05	Filtros digitales mínimo tres (3) filtros
	2.06	Función de magnificación (Zoom) o mejora óptica
	2.07	Puertos de salida de video Full HD (1920x1080): Mínimo DVI o HDMI.
Fuente de luz.	3.01	Lámpara de xenón o LED.
	3.02	Temperatura de color: Entre 5000 °K a 7000 °K.
	3.03	Control de intensidad: De forma manual y/o automático y/o progresiva
Sistema grabador de video	4.01	Puerto de entrada mínimo DVI o HDMI que incluye adaptador para DVI, en caso de requerirse
	4.02	Puertos de salida mínimo DVI o HDMI que incluye adaptador para DVI, en caso de requerirse
	4.03	Extracción de información mediante USB y/o DVD
	4.04	Almacenamiento interno mínimo 500 GB y/o almacenamiento externo mínimo 500 GB.
	4.05	Grabador de video e imágenes de alta definición HD o superior, mínimo de 1280x720
Insuflador	5.01	Gas de insuflación mediante CO2
	5.02	Regulación de insuflación mínimo tres (3) niveles disponibles
Bomba de Succión	6.01	Regulable con manómetro
	6.02	Con frasco recolector esterilizable mínimo de 1 litro.
Bomba de Irrigación	7.01	Uno (1) Requerido
Dos (2) Video Colonoscopios	8.01	Diámetro del Canal de instrumento: dentro del rango de 3 mm a 4 mm
	8.02	Diámetro externo: ≤ 13.2 mm
	8.03	Longitud de trabajo: Dentro del rango de 1330mm a 1700mm.
	8.04	Secciones de doblado o angulación: arriba, abajo y izquierda/derecha

Figura 48. Ficha técnica Torre de video-Colonoscopia.

		COORDINACIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO	
Ficha Técnica:		TOR-10 Rev-04	
Código:		TOR-10	
Revisión:		Rev-04	
Mes-Año:		Enero - 2023	
Vigencia:		Desde: 01-01-2023	
		Hasta: 31-12-2024	
Tipo:		Equipo Médico	
DATOS GENERALES			
Nombre:		TORRE DE VIDEO - ECOENDOSCOPIA	
ATRIBUTO		ITEM	VALOR
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MINIMAS REQUERIDAS:			
Sistema de Visualización	1.01	Mínimo un monitor Full HD, a Color LCD o LED, Grado Médico	
	1.02	Tamaño monitor $\geq 31"$	
	1.03	Resolución mínima de 1920x1080	
	1.04	Puertos de entrada: Mínimo DVI o HDMI y opcional (RGB y/o VGA y/o Super Video y/o Video compuesto)	
Procesador de video	2.01	Mínimo Balance de blancos automático o manual	
	2.02	Congelamiento de imagen	
	2.03	Ajuste de color y brillo: Manual y/o automático	
	2.04	Filtros digitales mínimo tres (3) filtros	
	2.05	Función de magnificación (Zoom) o mejora óptica	
	2.06	Puertos de salida de video Full HD (1920x1080): Mínimo DVI o HDMI.	
Fuente de Luz	3.01	Lámpara de xenón o LED.	
	3.02	Temperatura de color: Entre 5000 °K a 7000 °k.	
	3.03	Control de intensidad: De forma manual y/o automático y/o progresiva	
Sistema grabador de video	4.01	Puerto de entrada mínimo DVI o HDMI que incluye adaptador para DVI, en caso de requerirse	
	4.02	Puertos de salida mínimo DVI o HDMI que incluye adaptador para DVI, en caso de requerirse	
	4.03	Extracción de información mediante USB y/o DVD	
	4.04	Almacenamiento interno mínimo 500 GB y/o almacenamiento externo mínimo 500 GB.	
	4.05	Grabador de video e imágenes de alta definición HD, mínimo de 1280x720	
Insuflador	5.01	Gas de insuflación mediante CO2	
Bomba de Succión	6.01	Regulable con manómetro	
	6.02	Con frasco recolector esterilizable mínimo de 1 litro.	
Bomba de Irrigación	7.01	Uno (1) Requerido	
Ecoendoscopio lineal	8.01	Diámetro del tubo de inserción: ≤ 13.9 mm	
	8.02	Diámetro del canal de trabajo: ≥ 3.8 mm	
	8.03	Longitud de trabajo: ≥ 1250 mm	
	8.04	Secciones de doblado o angulación: arriba, abajo y izquierda/derecha	
	8.05	Ángulo de visión o campo de visión de mínimo de 120°	
		Dirección visualización mínimo: 40°	
	9.01	Diámetro del tubo de inserción ≤ 12.1 mm	

Figura 49. Ficha técnica Torre de video-Ecoendoscopia.

FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
		COORDINACIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO
Ficha Técnica:	UNI-03 Rev-05	
Código:	UNI-03	
Revisión:	Rev-05	
Mes-Año:	Diciembre - 2022	
Vigencia:	Desde: 01-01-2023	
	Hasta: 31-12-2024	
Tipo:	Equipo médico	
DATOS GENERALES		
Nombre:		MAQUINA DE ANESTESIA - ESTANDAR - MONITOR MULTIPARAMETROS INCLUIDO
ATRIBUTO	ITEM	VALOR
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS REQUERIDAS:		
CONTROL / VISUALIZACIÓN / MATERIAL		
Aplicación	1.01	Para pacientes adultos y pediátricos
Gabinete/estructura	1.02	De configuración móvil con sistema de frenado
	1.03	≥ (1) una gaveta de almacenamiento
Flujómetros o Caudalímetros	1.04	Para control de flujo de oxígeno (O ₂), nitrógeno (N ₂ O), aire medicinal
	1.05	Medición de flujo valores en el rango de 0 a 12 L/min o mayor
Vaporizadores	1.06	≥ (2) Dos vaporizadores con andaje al equipo
	1.07	Compatibles para agentes anestésicos: Enflurane, Halothane, Isoflurane, Sevoflurane, Desflurane
Compensación de gas fresco	1.08	Requerido
Evacuación de gases	1.09	Requerido
Sistema de absorción de CO ₂ (canister)	1.10	Requerido
VENTILADOR		
Funcionamiento	2.01	Mediante fuelle o pistón
Visualización de datos monitorizados	2.02	Mediante pantalla ≥ de 10" pulgadas
	2.03	Gráficos y numéricos
Parámetros mínimos monitorizados	2.04	Volumen minuto
	2.05	Volumen tidal (VT)
	2.06	Presión positiva al final de la espiración (PEEP)
	2.07	Fracción Inspirada de Oxígeno (FiO ₂)
	2.08	Frecuencia respiratoria
Modos ventilatorios mínimos	2.09	Relación inspiración e espiración (I:E)
	2.10	Ventilación controlada por volumen (VCV)
	2.11	Ventilación controlada por presión (PCV o PPCV)
	2.12	Ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV)
	2.13	Ventilación con presión de soporte (PSV)
	2.14	Ventilación manual / espontánea
Volumen tidal o corriente	2.15	Sz0 a ≥1400 ml
Volumen minuto	2.16	Requerido
Frecuencia respiratoria	2.17	Rango de s3 a 95 rpm o mayor

Figura 50. Ficha técnica Máquina de Anestesia-Monitor Multiparámetros incluido.

		COORDINACIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO	
Ficha Técnica:		UNI-18 Rev-03	
Código:		UNI-18	
Revisión:		Rev-03	
Mes-Año:		Diciembre - 2022	
Vigencia:		Desde: 01-01-2023	
		Hasta: 31-12-2024	
Tipo:		Equipo médico	
DATOS GENERALES			
Nombre:		UNIDAD ELECTROQUIRURGICA - MONOPOLAR / BIPOLAR - SISTEMA DE SELLADO DE VASOS	
ATRIBUTO	ITEM	VALOR	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS REQUERIDAS:			
Características generales			
Características básicas del equipo	1.01	Unidad de electrocirugía con sistema sellador de vasos de hasta 7 mm	
	1.02	Para corte y coagulación monopolar y Bipolar	
	1.03	Frecuencia de salida $\geq 300\text{Khz}$	
Modo de Activación	2.01	Operación activada con mango y/o pedal	
Visualización y Control	3.01	Pantalla o panel de visualización de parámetros	
	3.02	Control mediante botones y/o pantalla táctil	
Corte Monopolar	4.01	Potencia de salida regulable $\geq 250\text{ Watts}$	
	4.02	$\geq$ Dos (2) Modos de Operación	
Coagulación Monopolar	5.01	Potencia de salida regulable $\geq 120\text{ Watts}$	
	5.02	$\geq$ Dos (2) Modos de Operación	
Modo Bipolar	6.01	Potencia de salida regulable $\geq 90\text{ watts}$.	
	6.02	Resección Bipolar requerido	
	6.03	$\geq$ Un (1) Modo de Operación	
Salidas o Puertos	7.01	Salida Bipolar: mínimo una (1)	
	7.02	Salida Monopolar: mínimo dos (2)	
	7.03	Salida para sellador de vasos	
Modo Blend (Mixto o Mezcla)	8.01	Requerido	
Sistema de Control y seguridad	9.01	Ajuste de Potencia controlado o progresivo monopolar/bipolar	
Seguridad	9.02	Alarma visual y/o auditivo.	
	9.03	Sistema de seguridad de placa o alarma de falla en el circuito de placa	
Accesorios y Consumibles			
Accesorios	10.01	Un (1) unidad de transporte	
	10.02	Mando de pie para corte y coagulación monopolar y bipolar requerido	
	10.03	Un (1) Adaptador Universal	
	10.04	Dos (2) Cables reutilizables para electrodo neutro	
	10.05	Dos (2) Cables bipolares reutilizables	
	10.06	Dos (2) Cables conexión monopolar reutilizables	
	10.07	Un (1) Cable de alimentación con toma a tierra	

Figura 51. Ficha técnica de unidad electroquirúrgica.

FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
		COORDINACIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO
Ficha Técnica:	NEG-01 Rev-04	
Código:	NEG-01	
Revisión:	Rev-04	
Mes-Año:	Enero - 2023	
Vigencia:	Desde: 01-01-2023	
	Hasta: 31-12-2024	
Tipo:	Mobiliario clínico	
DATOS GENERALES		
Nombre:		NEGATOSCOPIO - 2 CUERPOS
ATRIBUTO	ITEM	VALOR
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS REQUERIDAS:		
Material	1,01	Estructura de acero Inoxidable o acero laminado con pintura electrostática
Pantalla	1,02	Pantalla de acrílico o similar
Sistema / mecanismo para sujeción de radiografías	1,03	Requerido
Luminosidad	1,04	Lámparas LED
Interruptor de encendido	1,05	Requerido
Iluminación	1,06	Iluminación uniforme sin partes oscuras
Dimensiones	1,07	Ancho ≥ 70 cm
	1,07	Alto ≥ 40 cm
Conexión	1,08	Fondo ≤ 10 cm
	1,08	El cable de poder deberá tener al menos 1.5 metros de largo, con enchufe universal
OTRAS ESPECIFICACIONES:		
Energía/alimentación	2,01	Vac: Dentro del rango de 110 V a 125 V, 60 Hz
Certificación	2,02	Certificaciones FDA y/o CE y/o ISO 13485 o similar. No aplica si es de fabricación nacional.
Garantía técnica de fábrica	2,03	Dos años a partir de la recepción del bien. Durante la garantía técnica los repuestos, piezas y mantenimiento que requiera el bien o cualquier defecto de fabricación deben ser cubiertos por el proveedor, sin ningún costo para la entidad contratante, excepto en los casos atribuibles al mal uso del bien
Mantenimiento	2,04	Cada 12 meses el proveedor deberá dar mantenimiento preventivo; sin costo para la entidad contratante durante la garantía técnica de fábrica.
Vida útil	2,05	10 Años

Figura 52. Ficha técnica de Negatoscopio 2 cuerpos.

		COORDINACIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO	
Ficha Técnica:		INT-01 Rev-03	
Código:		INT-01	
Revisión:		Rev-03	
Mes-Año:		Enero - 2023	
Vigencia:		Desde: 01-01-2023	
		Hasta: 31-12-2024	
Tipo:		Equipo médico	
DATOS GENERALES			
Nombre:		SISTEMA RADIOGRAFICO / FLUOROSCOPICO - MOVIL CON INTENSIFICADOR DE IMAGEN	
ATRIBUTO	ITEM	VALOR	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS REQUERIDAS:			
Características específicas			
Proyección de imagen	1.01	Un (1) Monitor tamaño ≥ 23 pulgadas o ≥ 2 monitores de tamaño ≥ 19 pulgadas	
	1.02	Resolución del monitor $\geq 1280 \times 1024$ píxeles	
Brazo Arco en C	2.01	Profundidad ≥ 66 cm	
	2.02	Espacio libre (vertical) ≥ 76 cm	
	2.03	Desplazamiento horizontal ≥ 20 cm	
	2.04	Desplazamiento vertical ≥ 40 cm	
	2.05	Giro orbital total (suma ejes positivo y negativo) $\geq 120^\circ$	
	2.06	Giro lateral total o angulación (suma ejes positivo y negativo) $\geq 360^\circ$	
	2.07	Distancia entre fuente y receptor de imagen (SID) ≥ 90 cm	
	2.08	Giro panorámico (swivel) $\pm 10^\circ$ o mayor giro	
Tubo de rayos x	3.01	Ánodo de Tubo de Rayos X rotatorio y/o estacionario	
	3.02	Capacidad de almacenamiento de calor del ánodo ≥ 50.000 HU o equivalente	
	3.03	Disipación de calor del ánodo ≥ 30.000 HU/min o equivalente	
	3.04	Punto focal $\leq 0,6$ mm	
Generador de rx	4.01	Potencia del generador ≥ 2 kW	
Modo Radiografía	5.01	Valor de voltaje máximo ≥ 110 kV	
	5.02	Valor de corriente máxima ≥ 10 mA	
Modo Fluoroscopia	6.01	Valor de corriente máxima ≥ 6 mA	
	6.02	Fluoroscopia pulsada requerida	
Intensificador de imagen	7.01	Diámetro ≥ 9 pulgadas	
Procesamiento de imagen y almacenamiento	8.01	Capacidad de almacenamiento ≥ 50.000 imágenes	
	8.02	Matriz de la imagen $\geq 1k \times 1k$ píxeles	
	8.03	Almacenamiento de imágenes en USB, o CD/DVD-R	
Sistema de integración DICOM completa con licencias habilitadas	9.01	Requerido	
Accesorios			
	10.01	Impresora térmica, blanco y negro	
	10.02	Papel: Cinco (5) rollos compatibles con la impresora	
	10.03	Dos (2) juego de envolturas esterilizables para tubo, brazo en C e intensificador de imagen	
	10.04	Un (1) Interruptor de pie alámbrico y/o inalámbrico	

Figura 53. Ficha técnica, Sistema radiografico/Fluoroscopio-Movil.

FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
		COORDINACIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO
Ficha Técnica:	COC-11 Rev-03	
Código:	COC-11	
Revisión:	Rev-03	
Mes-Año:	Enero - 2023	
Vigencia:	Desde: 01-01-2023	
	Hasta: 31-12-2024	
Tipo:	Mobiliario clínico	
DATOS GENERALES		
Nombre:		COCHE - PARO
ATRIBUTO	ITEM	VALOR
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS REQUERIDAS:		
Características básicas del equipo	1,01	Estructura principal o chasis de acero inoxidable o de polímero de alta densidad o ABS o similar
	1,02	≥ 5 cajones para almacenamiento de material y medicamentos
	1,03	Seguridad para apertura de cajones requerido
	1,04	Una (1) Bandeja para desfibrilador.
	1,05	Soporte lateral para contenedor de residuos.
	1,06	Cuatro ruedas, mínimo 2 con freno.
Accesorios	1,07	Un (1) Resucitador manual adulto, con mascarilla y reservorio de O2.
	1,08	Un (1) Frasco recolector de líquidos aspirados de ≥ 1 litro.
	1,09	Un (1) Contenedor de residuos ≥ 1 litro.
	1,10	Una (1) Tabla de paro para masaje cardíaco.
	1,11	Un (1) Porta Suero.
	1,12	Una (1) Carpeta para documentación.
	1,13	Un (1) Kit de etiquetas adhesivas para cajones.
OTRAS ESPECIFICACIONES:		
Energía/alimentación	2,01	N.A.
Certificación	2,02	Certificaciones FDA y/o CE y/o ISO 13485 o similar. No aplica si es de fabricación nacional.
Garantía técnica de fábrica	2,03	Dos años a partir de la recepción del bien. Durante la garantía técnica los repuestos, piezas y mantenimiento que requiera el bien o cualquier defecto de fabricación deben ser cubiertos por el proveedor, sin ningún costo para la entidad contratante, excepto en los casos atribuibles al mal uso del bien
Mantenimiento	2,04	Cada 12 meses el proveedor deberá dar mantenimiento preventivo; sin costo para la entidad contratante durante la garantía técnica de fábrica.
Vida útil	2,05	10 Años

Figura 54. Ficha técnica, Coche de paro.