

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---



---

### LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

Unidad: Unidad de Gestión 3D del Hospital Universitario "La Paz"

Responsable: Dr. José Luis Cebrián Carretero

Fecha de actualización: Abril 2025

Vivimos en un Mundo en 3D, pero seguimos trabajando en 2D. El acceso a la tercera dimensión se sigue viendo como un objetivo de futuro, cuando ya es una realidad. Los profesionales que trabajamos en hospitales públicos tradicionalmente hemos externalizado todo aquello que tenía que ver con nuevas tecnologías. Actualmente, la posibilidad de establecer sinergias con Ingenieros biomédicos desde el hospital, para sus profesionales y sus pacientes, nos ha permitido lanzar la propuesta de un Laboratorio de Gestión 3D independiente, creado y gestionado desde el hospital como un ejemplo de colaboración Medicina-Ingeniería.

El **Laboratorio de Gestión 3D** tiene un desarrollo vanguardista y multidisciplinar, puesto al servicio de todas las especialidades del hospital, como un entorno que puede abarcar todo el proceso, desde el diseño hasta la fabricación en nuestras instalaciones. Esto supone no sólo un cambio radical en el flujo de trabajo de los servicios implicados, sino que además los servicios serían autosuficientes para el diseño y generación de modelos 3D ya sea con fines clínicos, de investigación o educacionales. El uso de tecnología **in house** para el desarrollo de elementos y herramientas quirúrgicas como guías de corte o planificación virtual puede ser beneficioso desde el punto de vista económico para el hospital. Además, debemos tener en cuenta que al ser producido de forma interna se acortan los plazos y se fomenta la formación e implicación del personal en el diseño y creación de los modelos, permitiendo que el conocimiento quede dentro de la Institución.

Por otro lado, el **Fab-Lab** ha establecido una alianza con la empresa **Rayo Seco Systems** para el desarrollo de los diferentes proyectos, y fundamentalmente en la puesta en marcha de una Plataforma Virtual **b-onic** empleada para la trazabilidad en el proceso del desarrollo 3D de dispositivos médicos personalizados y almacenaje de modelos normales y patológicos bien clasificados y de alta calidad. Estos modelos tendrán múltiples utilidades: impresión, para visualización, para comunicación con el paciente, investigación, creación de patentes, etc. Son una herramienta fundamental en el diseño del plan quirúrgico y como vía de comunicación con la comunidad científica en el ámbito de la investigación y la formación.

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

### Tarifas Aplicables

Las tarifas indicadas representan el **precio SIN IVA** (la factura se emitirá con el tipo de IVA vigente en el momento), que puede incrementarse en función de las características de la solicitud.

Las tarifas han sido calculadas en base a los costes de obtención de la muestra total. La tarifa final consistirá en el coste proporcional de los gastos generados en la obtención, procesamiento y almacenamiento de las muestras más un **15% de gastos de overhead**.

- Tarifa 1: Investigadores propios del IdiPAZ y del Hospital Universitario La PAZ
- Tarifa 2: Instituciones públicas y privadas sin ánimo de lucro.
- Tarifa 3: Instituciones privadas.

### 1. Servicios de Segmentación y Planificación Virtual

| Servicio                                        | Tarifa 1  | Tarifa 2   | Tarifa 3   |
|-------------------------------------------------|-----------|------------|------------|
| Tratamiento de imágenes (TAC/RM) y segmentación | 95 €/hora | 110 €/hora | 130 €/hora |
| Planificación quirúrgica virtual                | 95 €/hora | 110 €/hora | 130 €/hora |
| Diseño asistido por computador (CAD)            | 95 €/hora | 110 €/hora | 130 €/hora |
| Revisión técnica (ingeniería clínica)           | 85 €/hora | 100 €/hora | 120 €/hora |

### 2. Servicios de Impresión 3D

#### 2.1 Impresión en FDM

| Material     | Tarifa 1               | Tarifa 2               | Tarifa 3               |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| PLA / ABS    | 0,60 €/cm <sup>3</sup> | 0,70 €/cm <sup>3</sup> | 0,85 €/cm <sup>3</sup> |
| Resina (SLA) | 1,20 €/cm <sup>3</sup> | 1,40 €/cm <sup>3</sup> | 1,60 €/cm <sup>3</sup> |

#### 2.2 Impresión 3D de Alta Resolución / Metales

- Impresión en metales (acero, titanio): Consultar (según proyecto)
- Post-procesado (pulido, acabado): 100 €/hora

#### 2.3 Impresión en SLA

##### Formlabs 3B+

| Concepto                                                   | Tarifa única  |
|------------------------------------------------------------|---------------|
| Apertura de proyecto (incluye 1L de resina y cubeta nueva) | 320 €         |
| Hora de impresión                                          | 35 € / hora   |
| Resina adicional                                           | 200 € / litro |
| Post-procesado                                             | 100 € / hora  |

##### Formlabs 3BL

| Concepto                                                   | Tarifa única |
|------------------------------------------------------------|--------------|
| Apertura de proyecto (incluye 1L de resina y cubeta nueva) | 350 €        |
| Hora de impresión                                          | 45 € / hora  |

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

|                  |               |
|------------------|---------------|
| Resina adicional | 200 € / litro |
| Post-procesado   | 120 € / hora  |

### 3. Servicios de Consultoría, XR y Validación

| Servicio                                    | Descripción                                                                   | Tarifa única |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Validación clínica                          | Revisión y conformidad del modelo/planificación por el responsable clínico.   | 650 €        |
| Validación de segmentación de imagen médica | Verificación de la fidelidad anatómica y precisión en la segmentación DICOM.  | 240 €        |
| Validación de planificación virtual         | Comprobación del diseño quirúrgico virtual antes de impresión o ejecución XR. | 300 €        |
| Informe de validación formal                | Emisión de informe firmado para trazabilidad y auditorías (bajo demanda).     | 150 €        |

### 4. Condiciones Generales

- Servicio Urgente: Recargo del 20% sobre la tarifa estándar
- Plazo de entrega estándar: 5-10 días hábiles según la carga de trabajo y complejidad
- Formas de pago: 30 días desde la emisión de factura
- Descuentos: Aplicables a partir de volúmenes superiores a 500 cm<sup>3</sup> o contratos recurrentes
- Todos los precios son sin IVA (aplicar según corresponda)

### 5. Contacto y Solicitud de Servicios (ver Anexo Requerimientos)

Para solicitar un servicio, enviar la petición a [3d.hulp@salud.madrid.org](mailto:3d.hulp@salud.madrid.org) adjuntando:

- Descripción del proyecto
- Archivos DICOM o STL según corresponda
- Plazo requerido
- Datos de facturación

### 6. Acompañamiento de Ingeniero en Cirugía

| Modalidad                         | Tarifa única |
|-----------------------------------|--------------|
| Presencial en quirófano           | 130 € / hora |
| Virtual en escena XR colaborativa | 90 € / hora  |

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

### Datos de Contacto

---

#### Laboratorio de Gestión 3D

Paseo de la castellana 261. 28046 Madrid.

Tfno.: 441115/912071115

Laboratorio: L Laboratorio de Gestión 3D

Correo electrónico: 3d.hulp@salud.madrid.org

Responsable: José Luis Cebrián Carretero

Coordinador o secretaria: José Tadeo Borjas

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

### Anexo I

### Requerimientos Técnicos en la plataforma b-onic y su visualizador NavigatorPro XR para el Diseño de Dispositivos Médicos Personalizados

El desarrollo de dispositivos médicos personalizados mediante la plataforma B-onic exige un control técnico riguroso de las imágenes médicas y la fabricación aditiva de biomodelos e instrumental quirúrgico. La calidad de las imágenes obtenidas mediante **Tomografía Computarizada (TC) o Resonancia Magnética (RM)** es fundamental para garantizar una segmentación anatómica precisa y reproducible. Asimismo, la fabricación aditiva requiere el cumplimiento de estándares de diseño que aseguren la viabilidad estructural y funcional de los modelos y dispositivos impresos.

El proceso de desarrollo de biomodelos personalizados debe garantizar no solo la fidelidad anatómica de la representación virtual, sino también la integridad de los datos clínicos, permitiendo a los especialistas realizar ajustes en función de la evolución del caso. Para ello, es necesario un protocolo de estandarización de imágenes y criterios de manufactura que optimicen la calidad del producto final y su integración en procedimientos quirúrgicos y terapéuticos avanzados.

Este documento presenta los criterios técnicos esenciales para la validación de imágenes médicas y los requisitos de diseño de instrumental y modelos impresos en el contexto del desarrollo de dispositivos médicos personalizados. Se abordarán aspectos clave como la segmentación anatómica, la resolución de imágenes, los parámetros estructurales de impresión y las normativas de seguridad aplicables a la fabricación de biomodelos e instrumental quirúrgico en entornos clínicos.

#### 1. Requerimientos Técnicos de las Imágenes Médicas

El control técnico de las imágenes médicas dentro de B-onic se fundamenta en la validación de parámetros clave que aseguren la fidelidad anatómica y la viabilidad de la segmentación tridimensional. Se establecen criterios rigurosos para asegurar que las imágenes proporcionen una base confiable para la planificación quirúrgica y el diseño de dispositivos específicos.

#### Vigencia de los Estudios de Imagen

- Se requiere que las imágenes médicas tengan una antigüedad **máxima de 30 días**, evitando el uso de datos desactualizados que comprometan la precisión del modelo anatómico. Este criterio permite reflejar con exactitud el estado clínico del paciente en el momento de la planificación quirúrgica.

#### Impacto de Tratamientos Activos

- En caso de que el paciente se encuentre recibiendo algún tipo de tratamiento (principal o coadyuvante) que pueda modificar la morfología de las estructuras anatómicas, se deberá contar con un estudio de imagen que no supere los **7 días de antigüedad** para garantizar la correspondencia con el estado clínico actual. En pacientes con terapias de regeneración tisular o progresión tumoral rápida, se exige evaluar imágenes de control con mayor frecuencia para asegurar una segmentación precisa.

#### Resolución Espacial y de Contraste de la Imagen

- Se exige una resolución espacial que permita la diferenciación precisa de estructuras anatómicas pequeñas, así como una resolución de contraste que permita identificar las diferentes estructuras de interés, asegurando la viabilidad de la segmentación y reconstrucción tridimensional. Para modelos

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

quirúrgicos de alta precisión, las imágenes deben contar con un espaciado voxelar homogéneo y alineación con referencias anatómicas estandarizadas.

### Espesor de Corte en la Adquisición de Imágenes

- El espesor de corte de la imagen médica debe ser de **≤1 mm**, minimizando la interpolación entre cortes y preservando la precisión geométrica del modelo. Esto es especialmente crítico en estructuras óseas complejas, donde los detalles finos son esenciales para una adecuada planificación quirúrgica y el ajuste del dispositivo implantable.

### Administración de Contraste

- En estudios de estructuras vasculares o excretoras, es obligatorio el uso de **contraste intravenoso** para mejorar la discriminación de tejidos y evitar errores en la segmentación. Además, se exige evaluar protocolos de doble fase para mejorar la visualización de tejidos dinámicos y mejorar la precisión del modelo en aplicaciones oncológicas o reconstructivas.

## 2. Requerimientos Técnicos Definidos por el Clínico

El clínico prescriptor debe definir con precisión los parámetros anatómicos y quirúrgicos relevantes para la planificación del dispositivo personalizado. Estos incluyen:

- Patología subyacente y clasificación según normativas clínicas
- Zona o región anatómica de intervención con especificaciones tridimensionales
- Órgano o tejido implicado con diferenciación entre componentes estructurales y funcionales
- Procedimiento quirúrgico planificado y sus requisitos técnicos específicos
- Instrumental quirúrgico requerido y sus adaptaciones para el caso particular
- Clasificación del dispositivo a desarrollar (biomodelo físico, biomodelo virtual, guía de corte, implante personalizado, entre otros)
- Parámetros de personalización (grosos, profundidades de corte, diámetros, orientación de planos, ajuste a estructuras anatómicas de referencia)
- Consideraciones oncológicas y delimitación de márgenes de resección con planificación asistida por software
- Otros datos clínicos pertinentes que influyan en la validación del modelo antes de su producción final

Adicionalmente, deben incorporarse datos que aseguren la trazabilidad y la comunicación efectiva entre los equipos clínicos e ingenieriles, incluyendo interfaces de software para control de versiones y validaciones por etapas.

## 3. Evaluación Dimensional y Retopología en Biomodelos Médicos

Los modelos optimizados obtenidos a partir de imágenes médicas son esenciales para la visualización y validación anatómica antes del diseño del dispositivo médico personalizado. La precisión de estos modelos no solo impacta en la revisión diagnóstica y quirúrgica, sino que también determina la exactitud con la que se desarrollan los dispositivos médicos a fabricar.

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

La **retopología estructurada** permite la representación fidedigna de estructuras anatómicas para su uso en entornos XR, planificación quirúrgica y simulaciones preoperatorias, asegurando que el modelo anatómico sea una referencia confiable para la fabricación de biomodelos físicos e instrumentales. Un suavizado sin control desvirtúa el modelo, reduciendo su precisión y representando un peligro en su aplicación intraoperatoria.

La optimización de mallas se aplica tanto a los modelos anatómicos obtenidos por imagen médica como a los diseños de instrumentación específica (si existe), garantizando su compatibilidad con fabricación aditiva y simulación virtual. Este enfoque asegura que la producción final sea coherente con la anatomía real del paciente y cumpla con los estándares clínicos para su implementación en cirugía.

Para garantizar la fidelidad del modelo a la anatomía del paciente, la plataforma B-onic incorpora un proceso obligatorio de control y evaluación dimensional mediante técnicas avanzadas de bioingeniería y algoritmos de análisis estructural. Esta validación se aplica tanto a biomodelos virtuales como a modelos impresos y es un requisito indispensable para su aprobación. La precisión geométrica en estos modelos es crítica, ya que incluso una desviación milimétrica puede comprometer la seguridad quirúrgica. Un error en la representación anatómica puede llevar a la resección incompleta de tejido tumoral o, en el caso de estructuras nerviosas y vasculares, generar daños irreparables por cortes accidentales en regiones críticas. La implementación de algoritmos avanzados garantiza que los modelos mantengan la integridad de la estructura original, reduciendo riesgos y optimizando su aplicación en entornos quirúrgicos y de planificación preoperatoria.

### 3.1 Proceso de Retopología y Optimización de Modelos 3D

El proceso de retopología y optimización geométrica en B-onic es **semi-automático**, en el que la intervención del ingeniero biomédico se limita a la identificación de **zonas críticas** del modelo, mientras que el análisis estructural, la reducción de polígonos y la validación dimensional son gestionados automáticamente por algoritmos avanzados de optimización geométrica.

#### Fases del Proceso

##### 1. Identificación de Regiones Críticas

- El ingeniero biomédico selecciona áreas anatómicas con relevancia clínica que requieren **preservación detallada**, como superficies articulares, estructuras vasculares y márgenes tumorales.
- La plataforma B-onic genera automáticamente un **mapa de calor**, resaltando las zonas de mayor importancia clínica para la optimización adaptativa.

##### 2. Automatización de la Reducción de Polígonos

- Algoritmos de **ReduceMesh** y **QuadRemesh** analizan la densidad de la malla y ajustan automáticamente la resolución de los polígonos en función de la curvatura local:
  - **Zonas planas:** Reducción agresiva de polígonos sin pérdida de precisión anatómica.
  - **Zonas curvas:** Mantenimiento de una densidad mayor para preservar detalles clínicamente relevantes.
- Implementación de **suavizado Laplaciano adaptativo**, garantizando que las modificaciones geométricas no generen distorsiones anatómicas significativas.

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

3. **Evaluación de Calidad y Validación** El modelo resultante es analizado en términos de precisión geométrica y eficiencia computacional. Se emplean tres métricas principales:

- **Comparación de la Curvatura Topológica**

- Se obtiene la **curvatura gaussiana y media** en la superficie del modelo optimizado para evaluar la preservación de los detalles anatómicos.
- Se utilizan **mapas de gradiente de desviación en color** para visualizar diferencias geométricas, donde:
  - **Verde:** Precisión óptima sin pérdida de detalle.
  - **Amarillo:** Desviaciones dentro del margen clínicamente aceptable.
  - **Rojo:** Errores estructurales > 0.4 mm que requieren corrección.

- **Validación del Modelo Optimizado**

- Se emplea el **ICP (Iterative Closest Point Algorithm)** para evaluar la alineación entre la malla original y la optimizada.
- Se establece un umbral volumétrico del **1% de tolerancia** y una desviación estructural **≤0.4 mm en zonas críticas**, rechazando modelos que no cumplan estos criterios.

- **Análisis de Rendimiento Computacional**

- Se evalúa la eficiencia del modelo para su integración en motores de simulación y XR.
- Se compara el peso del archivo, el número de vértices y la densidad poligonal con el objetivo de optimizar su uso en entornos clínicos y de fabricación aditiva.

### 3.2 Algoritmos de Evaluación y Validación

Los procesos de evaluación dimensional y optimización están soportados por algoritmos avanzados de inteligencia artificial y procesamiento geométrico, asegurando precisión en la reconstrucción anatómica.

1. **Algoritmo de Evaluación de Curvatura**

- Basado en **análisis diferencial de superficies**, segmenta el modelo en regiones de alta y baja curvatura para optimizar la reducción de polígonos sin pérdida de detalle clínico.
- Se implementa el cálculo de **curvatura media (H)** y **curvatura gaussiana (K)** para clasificar regiones críticas y ajustar la densidad de la malla.
- Aplicación de **Laplace-Beltrami Operator** para suavizar irregularidades en la geometría de la malla.

2. **Algoritmo de Comparación de Mallas (ICP - Iterative Closest Point)**

- Evalúa la precisión geométrica entre la malla original y la optimizada, asegurando que la variación volumétrica sea mínima.
- Se emplea un **k-d tree** para acelerar la búsqueda de correspondencia entre puntos de ambas mallas.

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

- Se minimiza la distancia cuadrática media entre los pares de puntos mediante **métodos de mínimos cuadrados ponderados**.

### 3. Optimización Adaptativa de Polígonos

- Emplea técnicas de **Remeshing anisotrópico**, adaptando la densidad poligonal en función de la relevancia clínica de cada región.
- Se implementa **Quad Remeshing** para convertir la malla en un patrón de cuadriláteros homogéneos, optimizando su compatibilidad con simulaciones y XR.
- Se regula la densidad poligonal mediante **ecuaciones de Laplace-Beltrami**, asegurando una distribución eficiente de vértices y bordes.

La evaluación dimensional y optimización de biomodelos mediante retopología semi-automática en la plataforma B-onic es un requisito **indispensable** para la aprobación de modelos destinados a aplicaciones médicas. Este proceso permite garantizar una fidelidad anatómica **precisa y reproducible**, optimizando la eficiencia computacional para su integración en impresión 3D y entornos XR.

El rol del ingeniero biomédico en este proceso se centra en la identificación de **zonas críticas**, mientras que el análisis estructural y la optimización de polígonos son completamente gestionados por algoritmos avanzados. La combinación de técnicas de análisis diferencial de superficies, remeshing anisotrópico y validación mediante mapas de desviación permite una evaluación rigurosa de cada modelo.

El cumplimiento de estos estándares garantiza que solo los modelos optimizados y validados sean aprobados para su integración en procedimientos clínicos, planificación quirúrgica y simulación educativa, estableciendo un **paradigma innovador** en la bioingeniería computacional aplicada a la medicina.

## 4. Requerimientos de Diseño de Instrumental y Modelos Impresos

La fabricación aditiva de biomodelos y dispositivos médicos debe cumplir estrictos estándares para garantizar la precisión dimensional, la resistencia mecánica y la reproducibilidad del diseño. La validación de estos parámetros es obligatoria dentro de la plataforma B-onic, ya que sin su cumplimiento, no se permite la aprobación del diseño para su posterior fabricación. Se establecen los siguientes criterios que deben ser verificados antes de la validación final:

### 4.1 Grosor Mínimo de Paredes

- Con soporte:  $\geq 0,4$  mm (400 micras)
- Sin soporte:  $\geq 0,4$  mm (400 micras)
- Se exige un grosor adicional en estructuras sometidas a carga mecánica para evitar deformaciones. Cualquier diseño que no cumpla con este requerimiento será rechazado automáticamente.

### 4.2 Longitud Máxima de Voladizos sin Soporte

- $\leq 3,0$  mm (3000 micras)
- Para voladizos superiores a este umbral, se exige el uso de estructuras de soporte auxiliares. Si el diseño no cumple con esta restricción, no se aprobará para su producción.

### 4.3 Ángulo Mínimo de Voladizos sin Soporte

- $\geq 19^\circ$  desde el nivel

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---

- Ángulos menores pueden generar defectos en la impresión y colapso de las estructuras. Diseños con voladizos por debajo de este ángulo serán rechazados automáticamente por la plataforma.

### 4.4 Vano Máximo de los Soportes

- $\leq 21$  mm (21 000 micras)
- Para estructuras de mayor tamaño, se exige reforzar con pilares intermedios. Sin este refuerzo, la validación del diseño no será aprobada.

### 4.5 Diámetro Mínimo de Columnas

- Para 7 mm de altura:  $\geq 0,4$  mm (400 micras)
- Para 30 mm de altura:  $\geq 1,5$  mm (1500 micras)
- Columnas con dimensiones inadecuadas pueden presentar fallos por inestabilidad estructural. El incumplimiento de esta condición implica la no validación del modelo.

### 4.6 Especificaciones de Postprocesamiento y Esterilización

- Evaluación de estabilidad térmica y compatibilidad con agentes de esterilización química o térmica.
- Protocolos de limpieza estrictos para evitar contaminación cruzada entre materiales impresos y dispositivos clínicos.
- Evaluación de resistencia mecánica postesterilización para garantizar la integridad del modelo. Si estas condiciones no son cumplidas, el diseño no será aprobado.

### 4.7 Espacio Libre Mínimo entre Componentes Móviles

- $\geq 0,5$  mm (500 micras)
- Este espacio garantiza una correcta funcionalidad en mecanismos articulados. Si no se respeta esta distancia mínima, la validación será denegada.

### 4.8 Diámetro Mínimo de Orificios y Canales

- $\geq 0,8$  mm (800 micras) para evitar obstrucción por material residual.
- Se exige el uso de canales auxiliares para facilitar la extracción de residuos internos. La falta de estos canales implica el rechazo automático del diseño.

Estos criterios no son opcionales y su cumplimiento es obligatorio dentro del proceso de validación de la plataforma B-onic. Cualquier modelo que no cumpla con estos parámetros será automáticamente descartado hasta que se realicen las correcciones necesarias.

---

## TARIFAS DEL SERVICIO DE LABORATORIO DE GESTIÓN 3D

---