

# FABRICACIÓN DE MODELO DE ENTRENAMIENTO, PARA SIMULAR CIRUGÍA TRANSESFENOIDAL ENDOSCÓPICA.

Desarrollo de modelo anatómico didáctico, basado en el diseño asistido por computador y scanner médicos, que facilita el análisis y la práctica previa a la cirugía en estudiantes de otorrinolaringología.

---

Tamara Francisca Ávila Aguirre

Profesor Guía: Pablo Domínguez

Memoria para optar a título Profesional  
de Diseñadora Industrial.

Santiago, Chile 2023

FABRICACIÓN DE MODELO DE ENTRENAMIENTO, PARA SIMULAR CIRUGÍA  
TRANSENFENOIDAL ENDOSCÓPICA.

Desarrollo de modelo anatómico didáctico, basado en el diseño asistido por computador y scanner médicos, que facilita el análisis y la práctica previa a la cirugía en estudiantes de otorrinolaringología.

Memoria para optar a título Profesional de Diseñadora Industrial.

Tamara Francisca Ávila Aguirre

Profesor Guía:  
Pablo Dominguez

Santiago, Chile 2023

## *Agradecimientos*

*A mi familia, que siempre creyó en mí y  
me acompañó durante estos largos años.*

*A mis amigos de la universidad, que siempre estuvieron ahí  
ayudándome y aconsejándome hasta el final.*

*Y a mi profesor guía Pablo Domínguez  
a quién siempre admiraré y agradeceré.*

# TABLA DE CONTENIDO

	Página
Capítulo 0.	
0.1. Abstract.....	7
0.2. Introducción.....	8
0.3. Objetivos	
0.3.1. Objetivo general.....	9
0.3.2. Objetivos específicos.....	9
0.4. Metodología.....	10
Capítulo 1 Marco teórico.	
1.1. Entrenamiento previo en la medicina.....	11
1.2. Otorrinolaringología.....	12
1.3. Relevancia de cirugía transesfenoidal endoscópica	
1.3.1. Importancia.....	13
1.3.2. Fases de la cirugía.....	13
1.3.3. Dificultades y riesgos.....	14
1.3.4. Estadísticas en Chile.....	16
1.4. Fases 0-1 de la cirugía a entrenar	
1.4.1. Importancia.....	18
1.4.2. Variables.....	21
Capítulo 2 Contexto.	
2.1. Estudio de otorrinolaringología en Chile.....	22
2.1.1. Años de preparación.....	22
2.1.2. Material entregado durante la preparación profesional .....	23
2.1.3. N° de egresados, costos universitarios y N° trabajadores de la especialidad.....	24
2.2. Importancia de capacitación quirúrgica en los estudiantes de ORL.	
2.2.1. Relevancia en la actualidad.....	27
2.2.3. Accesibilidad al entrenamiento personal.....	28

2.3. Espacios Educativos.	
2.3.1. Entrenamiento convencional.....	29
2.3.2. Entrenamiento con simuladores.....	30
<b>Capítulo 3 Usuario.</b>	
3.1. Estudiantes de otorrinolaringología en Chile.	
3.1.1. Cantidad de estudiantes en la especialidad y su rol social.....	31
3.1.2. Igualdad de género en otorrinolaringología.....	32
3.1.3. Edad de los estudiantes.....	32
<b>Capítulo 4 Estado del arte en Chile y el mundo.</b>	
4.1. Tecnologías que conectan el diseño con la medicina.	
4.1.1. Scanner o TAC.....	34
4.1.2. Software .....	35
4.1.3. CAD- CAM.....	35
4.2. Estado del arte directo	
4.2.1. Modelos anatómicos y de entrenamiento en toda área de medicina.....	38
4.2.2. Modelos de entrenamiento enfocados en ORL.....	42
4.2.3. Costos en Chile.....	44
4.3. Estado del arte indirecto.	
4.3.1. Juegos y elementos didácticos que entrenen la motricidad .....	46
<b>Capítulo 5 Propuesta de diseño</b>	
5.1. Contexto.....	47
5.2. Metodología y secuencia del diseño.....	48
5.3. Requerimientos.....	49
<b>Capítulo 6 Elementos de diseño</b>	
6.1. Detallar tareas.....	51

6.2. Errores frecuentes.....	57
6.3. Luvia de ideas.....	59
<b>Capítulo 7 Desarrollo de la propuesta</b>	
7.1. De escáner a modelo stl.....	66
7.2. Modelado propuesta 1.....	71
7.2.1 Observaciones de la propuesta 1.....	74
7.3. Modelado propuesta 2.....	75
7.3.1 Observaciones de propuesta 2.....	83
7.4. Modelado propuesta 3.....	84
7.5. Proceso de impresión en programa Cura.....	90
7.6. Pruebas.....	98
7.7. Tabla resumen de impresión.....	99
7.8. Sistema eléctrico simple.....	100
7.8.1 ABS conductivo.....	102
7.8.2. Circuito.....	103
7.9. Instructivo y tabla de registro.....	104
7.10. Propuesta final.....	107
7.11. Planos cotas generales.....	113
<b>Capítulo 8 conclusiones y proyecciones</b>	
8.1. Conclusiones.....	114
8.2. Proyecciones.....	116
<b>Referencias.....</b>	<b>120</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>123</b>

---

# CAPÍTULO 0.

## 0.1. ABSTRACT.

Esta investigación pretende en primer lugar, contextualizar sobre el proceso de **entrenamiento** previo en procesos quirúrgicos, sus beneficios en el **desarrollo profesional**, y la importancia de **implementarlos en el área de otorrinolaringología** previamente a ejercer la profesión, enfocado, en este caso en particular, en el entrenamiento de la **cirugía transesfenoidal endoscópica**. La elección de este procedimiento en específico se debe a sus dificultades en la intervención anatómica, el tamaño de las cavidades y el riesgo del paciente. En segundo lugar, se establece una relación entre la información anterior con respecto a la realidad de los **estudiantes** que están realizando la especialización de otorrinolaringología (becados), cómo son sus entrenamientos, cuáles son sus primeras experiencias con los pacientes, cómo es su **material de apoyo**, y cuáles son sus técnicas para adquirir práctica profesional. En tercer lugar, se realizará un análisis sobre el estado del arte, donde además se expondrán comparaciones en cuanto a los diferentes tipos de **modelos** existentes (análogos, digitales y mixtos), los avances tecnológicos en Chile y el mundo que actualmente promueven la **práctica prequirúrgica** en conjunto con el diseño, en función de reflexionar sobre su importancia, y la asequibilidad en nuestro país. Por último, se propondrá un modelo de entrenamiento didáctico fabricado principalmente por impresión 3D, basado en escáner médicos reales, modificados estratégicamente para poder emular lo más eficazmente a un paciente real, facilitando la práctica motriz y el reconocimiento anatómico previo a través del diseño.

Palabras clave: Entrenamiento, desarrollo profesional, otorrinolaringología, cirugía transesfenoidal endoscópica, estudiantes, material de apoyo, modelos, práctica prequirúrgica.

## 0.2. INTRODUCCIÓN.

El diseño industrial es, comúnmente, mal entendido como la reproducción en masa de un objeto/producto ofrecido a un usuario sin mayores repercusiones biológicas, psicológicas y socioculturales. Pero esta profesión abarca muchas más aristas del mercado y la sociedad en la que vivimos y puede relacionarse con diversas ramas de la ciencia. En esta investigación se propone evidenciar la relación del diseño con un área esencial del desarrollo humano, como lo es el área de la salud.

Para la propuesta presentada se realizó una investigación con perspectiva de diseño, entregando herramientas que ayuden a los procesos quirúrgicos en medicina, que son relevantes y vitales para el ser humano, promoviendo una cirugía segura a los estudiantes de otorrinolaringología en formación, asegurando la adquisición de destrezas motrices y una cercanía a lo que será su vida laboral en el futuro. Se propone enfocar la producción de modelos de entrenamiento, a través del desarrollo digital por medio de software y fabricación 3D, con tecnologías

simples, que faciliten el entrenamiento previo a través de repeticiones, en un modelo anatómico que simule la fase 0-1 de la cirugía transfenoidal endoscópica, exponiendo sus puntos críticos y dificultades durante el procedimiento y su relevancia en la actualidad.

Además, se encontrarán datos concretos sobre las solicitudes de los estudiantes, profesionales y el gobierno con respecto a las expectativas en el desarrollo de sus aptitudes profesionales en el futuro, cómo se desarrolla la profesión en la actualidad y cómo es su entrenamiento durante el proceso educativo en los establecimientos chilenos.

Se realiza un estudio del estado del arte del mundo y en Chile, demostrando la poca accesibilidad y asequibilidad a modelos de entrenamientos didácticos en los centros de formación universitaria y en el mercado de nuestro país.

Finalmente, se realizan pruebas digitales y formales de una propuesta, basada en la investigación previa y la lluvia de ideas obtenida mediante el análisis de la oportunidad de diseño detallada en esta investigación, trabajando constantemente en pro de los requerimientos necesarios para el óptimo resultado del modelo.

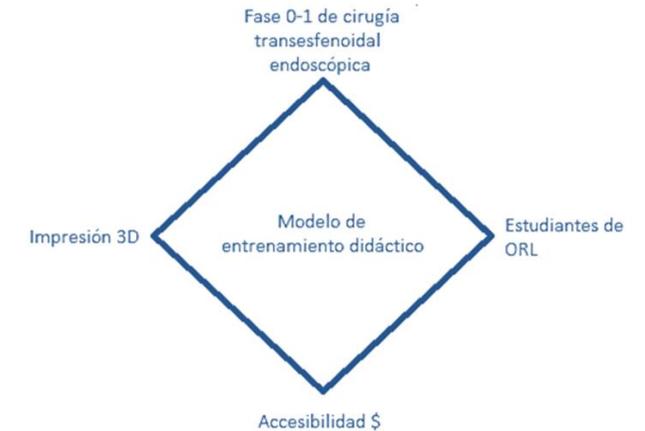
## 0.3. OBJETIVOS.

### 0.3.1 Objetivo general:

Proponer un modelo de entrenamiento a estudiantes de otorrinolaringología, que simule las cavidades anatómicas principales y las proporciones reales desde la nariz hasta la hipófisis, considerando las primeras fases de la cirugía transesfenoidal endoscópica. Incorporar **tecnología** que permita **identificar puntos críticos de la cirugía**, ayudando al estudiante a entrenar el acceso quirúrgico y a adquirir habilidades motrices mediante el diseño CAD-CAM.

### 0.3.2 Objetivos específicos:

- Reconocer la importancia del **entrenamiento prequirúrgico** en medicina y otorrinolaringología a través de investigaciones previas.
- Analizar la cirugía transesfenoidal endoscópica, sus fases y puntos críticos por medio de videos, entrevistas y libros de medicina.
- Revisar el estado del arte, la relación del diseño con medicina y los avances tecnológicos con respecto a modelos de entrenamiento, comparar costos y ver asequibilidad.
- Proponer un nuevo modelo de entrenamiento para estudiantes de ORL, didáctico y fabricado a través de impresión 3D.
- Realizar testeos sucesivos de manera que se valide de mejor manera la propuesta.



## 0.4. METODOLOGÍA.

Como punto de partida, se inicia el levantamiento de información con la búsqueda de papers y tesis sobre los modelos de entrenamiento en medicina y específicamente en otorrinolaringología para completar el **marco teórico**.

Luego de recopilar y analizar la información, se ordenan los resultados con respecto a los cambios que adquieren los profesionales que practican con modelos de entrenamiento versus los que no tienen formación práctica previa correspondiente, sus comentarios y propuestas de mejora al sistema educativo y experiencia actual. Esto ayudará a enfocar los requerimientos del modelo de entrenamiento que indique el usuario teniendo en cuenta su **contexto**.

En una investigación previa con mis compañeras, Belén Lagos y Camila Osorio, en

conjunto con otorrinolaringólogos del Hospital del Salvador, en Santiago de Chile, fue considerada la cirugía transesfenoidal endoscópica como proceso médico a estudiar. Los mismos profesionales del hospital solicitaron estudiar y proponer un modelo de entrenamiento a esta cirugía en específico, debido a su dificultad, modernidad y riesgo para el paciente. Es por esto, que esta investigación se enfoca en un estudio y **propuesta de entrenamiento a estudiantes**, sobre esta intervención quirúrgica en específico, entendiendo a este como el **usuario directo**, por lo tanto, el aprendizaje y comprensión de esta cirugía es fundamental en el proceso investigativo y la realización del modelo de entrenamiento anatómico.

En función de esto se observa el procedimiento quirúrgico y la cirugía a través de videos y libros de medicina, de este modo comprender anatómicamente el proceso quirúrgico de la fase 0-1. Así analizar y estudiar la dinámica dentro del quirófano, posturas del doctor, utilización y manejo de herramientas, observar

fases de la cirugía en vivo y así detallar puntos críticos y claves para una propuesta de diseño.

El siguiente paso es contactarse con hospitales y profesionales a través de redes sociales, investigar y analizar los **modelos existentes**, y el proceso de práctica que adquieren los estudiantes previamente a las cirugías en otorrinolaringología, y así poder comprender las solicitudes propuestas por los usuarios directos, rescatar los atributos de los modelos ya existentes y observar requerimientos básicos para hacer una bajada a una propuesta formal.

En contexto pandemia y por falta de recursos presenciales esta investigación se lleva a cabo principalmente vía online, tratando de abarcar todas las áreas correspondientes al tema, teniendo en consideración principalmente las más importantes que son: El entrenamiento médico en ORL, la cirugía transesfenoidal endoscópica y su fase 0-1, la accesibilidad de los estudiantes a los modelos existentes, y la impresión 3D de modelos anatómicos en la actualidad.

---

# CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO.

## 1.1. ENTRENAMIENTO PREVIO EN MEDICINA.

La medicina, como ciencia que estudia anatómicamente al ser humano, consta de precisión, ardua investigación y preparación para aplicarse ante un paciente. Esto es mucho más significativo en los cirujanos, quienes deben realizar la práctica específica de la cirugía, interviniendo el cuerpo humano debido a lesiones provocadas por enfermedades o accidentes vitales para la persona.

Es por esto, que el entrenamiento previo de los cirujanos es fundamental para el buen desempeño de la intervención, e incluso para la vida del paciente, de manera que al realizar la cirugía el profesional tenga la experiencia y la experticia suficiente para solucionar posibles problemas durante el proceso. La práctica

quirúrgica se debe implementar desde la formación profesional del médico, para que, al momento de entrar al mundo laboral, y enfrentarse con cirugías reales, se sienta confiado y capacitado para lograrlo sin inconvenientes.

“Con previo entrenamiento los médicos cirujanos se desempeñan con mayor seguridad y además se adquieren habilidades transferibles a la cirugía, es decir no sólo representan una "práctica" sino que añaden la adquisición de destrezas motoras aplicables en cualquier procedimiento relacionado. Se rescata que un entrenamiento que involucre entre **30 y 35 repeticiones es mejor que un entrenamiento de 5 horas, es decir el tiempo no determina las habilidades adquiridas sino más bien el número de ejecuciones** constantes que se realicen del procedimiento” (Blanco, P. Fonseca, J. Mora, M. Moya, X. Navarro, J. Paniagua, M. Quirós-Montero, J. 2013).

Con respecto a lo anterior, se puede inferir que es necesario un entrenamiento previo en base a repeticiones en medicina, ya que en la

actualidad sólo se analizan y estudian los casos reales de los pacientes, su anatomía y anomalías, por medio de sus scanner médicos y resonancias, para visualizar la cirugía en conjunto por el grupo médico, analizar puntos críticos, discutir el proceso operatorio y preparar teóricamente, todas las posibilidades correctas para realizar la intervención quirúrgica con éxito, pero no se analizan los movimientos y destrezas que conlleva el proceso.

Esta preparación por medios de modelos anatómicos y los scanner facilitan la visualización, el estudio, y el entrenamiento previo a las cirugías, tanto para médicos, como para estudiantes en formación, es importante que se implementen sistemas de preparación anticipada que fomenten una formación completa del profesional desde los estudios universitarios y no como egresados, días antes de un caso real.

## 1.2. OTORRINOLARINGOLOGÍA (ORL).

La otorrinolaringología (ORL) es una rama de la medicina especializada en oído, nariz, garganta, cabeza y cuello, requiere como mínimo 10 años de estudios en la universidad, compuestos por **7 años de medicina general y 3 años de especialización**. Además, existe la posibilidad de complementar la carrera con una subespecialización las cuales pueden ser: ORL pediátrica, Otología / neurotología (oídos, equilibrio, y tinnitus), alergia, cirugía plástica reconstructiva facial, de cabeza y cuello, laringología, y rinología.

Según la clínica Las Condes se define a un ORL como “Un otorrinolaringólogo es un médico entrenado en el manejo y tratamiento, tanto médico como quirúrgico, de pacientes con enfermedades y alteraciones del oído, nariz, garganta y estructuras relacionadas de la

cabeza y del cuello. Corrientemente, son conocidos como médicos otorrinos u ORL. Sus habilidades especiales incluyen el diagnóstico y manejo de enfermedades de los oídos, senos paranasales, laringe, cavidad oral y faringe superior (boca y garganta), así como también de estructuras del cuello y de la cara. Los ORL diagnostican, tratan y manejan desórdenes específicos de la especialidad, así como también muchos problemas de salud general relacionados con el área, tanto en niños como en adultos.” (Clínica Las Condes, Chile fuente: [www.clc.cl](http://www.clc.cl)).

El otorrinolaringólogo debe estudiar 10 años, como mínimo, antes de tener un acercamiento real con la anatomía y morfología de la zona especializada, según la información entregada por becados del Hospital del Salvador, el material didáctico es escaso durante la preparación profesional, y el entrenamiento motriz consiste en el fresado de huesos donados a los hospitales en Chile. Esto es altamente preocupante ya que las dimensiones anatómicas de las cavidades, órganos y huesos

dentro de la otorrinolaringología son sumamente pequeñas, complejas y delicadas, por lo tanto, cualquier error es riesgoso para el paciente y no existe un enfoque en la preparación previa que se dedique a esto.

La otorrinolaringología, como disciplina, comprende cavidades que sirven de acceso quirúrgico hasta el cerebro, por lo tanto, trabaja en conjunto con neurocirujanos dependiendo de las patologías y enfermedades que necesiten de intervención. Un ejemplo de esto es la **cirugía transfenoidal endoscópica**, que consiste en la extracción de un tumor ubicado en la zona de la silla turca, la cual se accede por la nariz con el apoyo de un endoscopio hasta la hipófisis. En esta investigación, la cirugía transfenoidal endoscópica cumple como principal procedimiento a estudiar debido a, como mencionamos anteriormente, su complejidad e importancia tanto para los pacientes que deban intervenir y como para los profesionales que deban realizarla.

### 1.3.

## RELEVANCIA DE LA CIRUGÍA TRANSESEFENOIDAL ENDOSCÓPICA.

### 1.3.1. importancia:

La cirugía transesfenoidal es un tipo de cirugía "moderna" en la que se introducen instrumentos a través de la **nariz y el seno esfenoidal** para extraer **tumores que están en la hipófisis o cerca de esta**. Fue empleada por primera vez a finales de los 80, revolucionando la técnica clásica que era por medio del microscopio. Esta cirugía tuvo como mayor aceptación por parte de los ORL, la amplitud del campo visual que permite la perspectiva en la que se trabaja, ya que se accede por la nariz directamente hasta la hipófisis, teniendo una visualidad más directa. además, el método en el que se utilizan las herramientas quirúrgicas en esta cirugía es con ambas manos, por lo que facilita los movimientos y la extracción del tumor.

Senos Paranasales y Cornetes

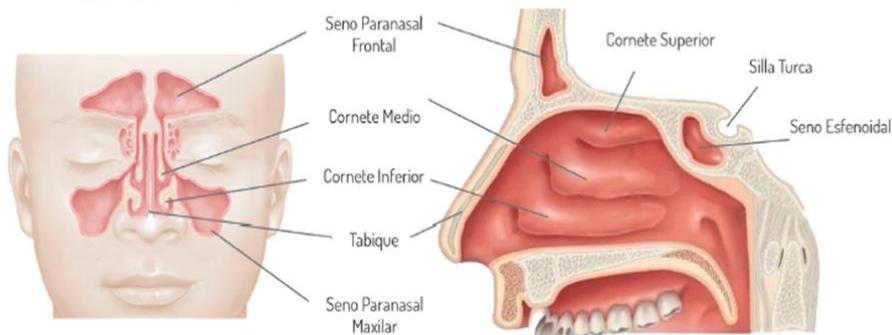


FIGURA 1: Anatomía nasal - Senos Paranasales y Cornetes. Corte Longitudinal y corte Sagital. (Alejandra Oyarzo, 2018).

La hipófisis, también denominada pituitaria, es una glándula situada en la **silla turca**, que es considerada la principal glándula del sistema endocrino. Tiene la función de recoger la información que envía el cerebro y utilizarla para producir aquellas hormonas que estimulan y regulan otras glándulas endocrinas (tiroides, suprarrenales, gónadas) así como segregar hormonas que actúan directamente en funciones biológicas fundamentales como el crecimiento, el equilibrio del agua corporal o el parto y la lactancia.

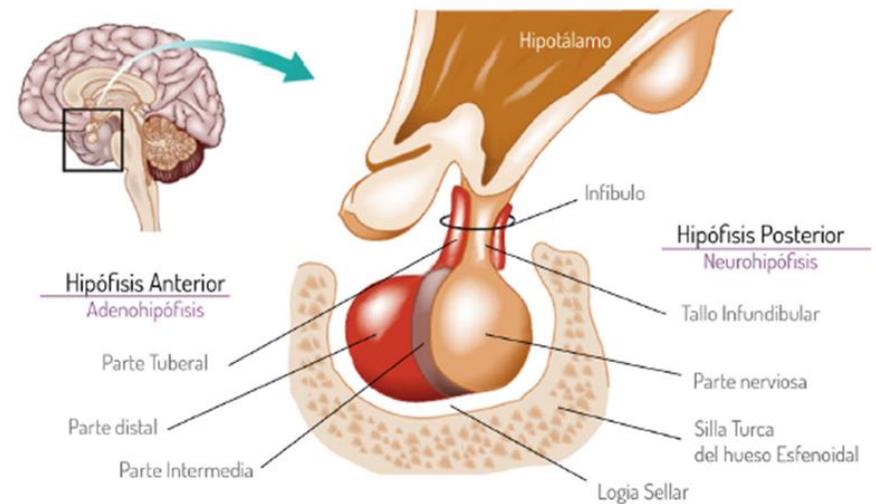


FIGURA 2: Anatomía de la Hipófisis. (Alejandra Oyarzo, 2018).

La cirugía transesfenoidal endoscópica es la intervención microquirúrgica más utilizada para el abordaje de tumores hipofisarios en la actualidad, el grupo médico involucrado consta de otorrinolaringólogos y neurocirujanos.

“El abordaje transesfenoidal es y ha sido una de las piedras angulares de la neurocirugía para el tratamiento de los tumores hipofisarios y de su región adyacente. El auge de los abordajes endoscópicos a la región selar ha ido substituyendo, no sin polémica, al clásico abordaje transesfenoidal. Desde que Jho20 estandarizó la técnica, ésta ha ido extendiéndose y perfeccionándose en estos últimos años por autores como Cappabianca, Kassam y Frank. El auge de la endoscopia en la cirugía transesfenoidal viene dado por una serie de condicionantes previos favorables. Uno de ellos es el hecho de que las fosas nasales son una cavidad real que no requiere dilatación para entrar y con acceso directo a la silla turca” (J. Enseñat; J.L. Quesada; J. Aparicio; C. Pàmies; X. Barber; Th. Topczewski y E. Ferrer, 2009).

Al ser una cirugía nueva, cada vez se están haciendo más estudios sobre el procedimiento, las repercusiones post operatorias y la visualización anatómica que compete a través de modelos físicos y virtuales. Sin embargo, este interés y conocimiento está en boca de profesionales con experiencia, no así en estudiantes en formación.

Es esto último preocupante, ya que la cirugía es cada vez más realizada y es probable que los futuros profesionales la realicen sin un entrenamiento previo, por lo tanto, podrían cometer errores en el procedimiento y dañar anatomía vital para el paciente, como arterias, nervios, y órganos ubicados en el rostro, o cerca de la hipófisis y las cavidades utilizadas por el instrumental médico.

### 1.3.2. fases de la cirugía:

Según la estudiante de la Universidad de Chile, Alejandra Oyarzo, la cirugía transesfenoidal endoscópica se divide en 4 etapas:

**0) Preoperatorio:** Consiste en la preparación del campo quirúrgico y del paciente. Se procede a anestesiarse al paciente e introducir el endoscopio por las fosas nasales, observando la zona de la nariz.

**1) Preparación Nasal, acceso al Seno Esfenoidal y Exposición de la Región Sellar:** En esta etapa los otorrinolaringólogos remueven todos los aspectos anatómicos que entorpezcan el acceso hacia el tumor.

**2) Apertura de Duramadre y Extracción del Tumor:** En esta etapa, el equipo de Neurocirujanos accede a la base del cráneo" libremente", a través del seno esfenoidal, cortando la Duramadre para finalmente extraer el tumor.

**3) Cierre + Post-operatorio:** El equipo de Otorrino-laringólogos vuelve al Campo Quirúrgico para realizar el cierre y reconstrucción de las estructuras anatómicas que fueron cortadas o removidas

anteriormente, para liberar el acceso al tumor. (Alejandra Oyarzo 2018).

Dentro de la cirugía, la etapa considerada más riesgosa por especialistas es la extracción del tumor hipofisario (etapa 2), realizada por el neurocirujano, debido al sangrado excesivo y los órganos comprometidos en la zona a trabajar. Lamentablemente los tumores son diferentes para cada paciente, tanto como tamaño, posición, o cualquier otra dificultad presentada en cada caso específico. Por lo tanto, es difícil practicar previamente a través de un modelo estándar o deducir el resultado del procedimiento.

Por otro lado, la labor del equipo de otorrinolaringólogos es más parecida entre los diferentes pacientes, aunque no es un procedimiento de bajo riesgo, tiene menos dificultades que el neurocirujano. Dentro de su trabajo está el limpiar las cavidades y preparar el acceso hacia el tumor, y luego reconstruir y suturar el área nasal, por lo tanto, se puede pensar en un entrenamiento estándar en los estudiantes y becados que quieran desarrollar habilidades para la cirugía a través de un modelo de entrenamiento.

Es por esto último que esta investigación **se basa en la fase 0-1 de la cirugía transesfenoidal endoscópica, realizada por los otorrinolaringólogos**, con el propósito de entrenar y desarrollar habilidades que faciliten el proceso de limpieza y acceso al tumor a través de las cavidades principales.

Según Leandro Rodríguez Herrera, Otorrinolaringólogo, para los ORL se requiere haber realizado algún tipo de entrenamiento antes de poder entrar a un quirófano a realizar una cirugía endoscópica transesfenoidal real. Por lo tanto, es fundamental el desarrollo de habilidades y conocimientos previos a través de la práctica como requisito para realizar la cirugía. (Rodríguez L., Hospital del salvador. 2018).

### 1.3.3. Dificultades y riesgos:

Las dificultades y riesgos de la cirugía tienen directa relación con la zona del cuerpo en la que se efectúa. En la cabeza y sobre todo en el sector de la operación, se encuentran estructuras pequeñas y delicadas que se pueden romper con facilidad desde el hueso etmoides hasta el hueso esfenoides (donde se encuentra la silla turca) causando sangrado excesivo y daños en la anatomía del paciente. Los **riesgos** de una cirugía endoscópica endonasal incluyen lo siguiente:

- Pérdida de líquido cefalorraquídeo por la nariz.
- Sangrado excesivo.
- Daño en los vasos sanguíneos y nervios de la zona.
- Dolor.
- Pérdida de olfato.
- Costras en el interior de la nariz y los senos paranasales que duran semanas o meses.
- Dificultades para respirar por la nariz.
- Reacción a la anestesia.
- Infección del tejido que rodea el cerebro y la médula espinal (meninges).

Además de considerar los riesgos que sufre el paciente durante y después de la operación, se debe considerar las **dificultades del grupo**

**medico** durante todo el proceso de las etapas 0 – 1 del proceso quirúrgico, desde el acceso hasta llegar a la silla turca.

Para acceder a la silla turca, donde se ubican los tumores hipofisarios, se realiza un recorrido por cavidades pequeñas, por lo tanto, es muy fácil dañar o tocar vasos sanguíneos o nervios faciales, considerando estos como puntos críticos ya que significan un riesgo vital para el paciente durante la cirugía.

Puntos críticos:

- Hipófisis.
- Nervio Óptico (NC II).
- CN III al VI.
- Nervio Viano.

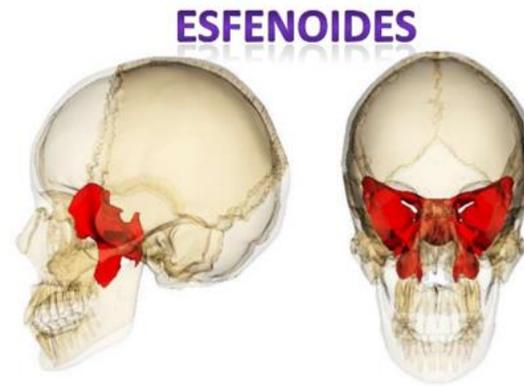


FIGURA 3: Hueso esfenoides, vista frontal y lateral. (Japan Life Science Data bases (LSDB)).

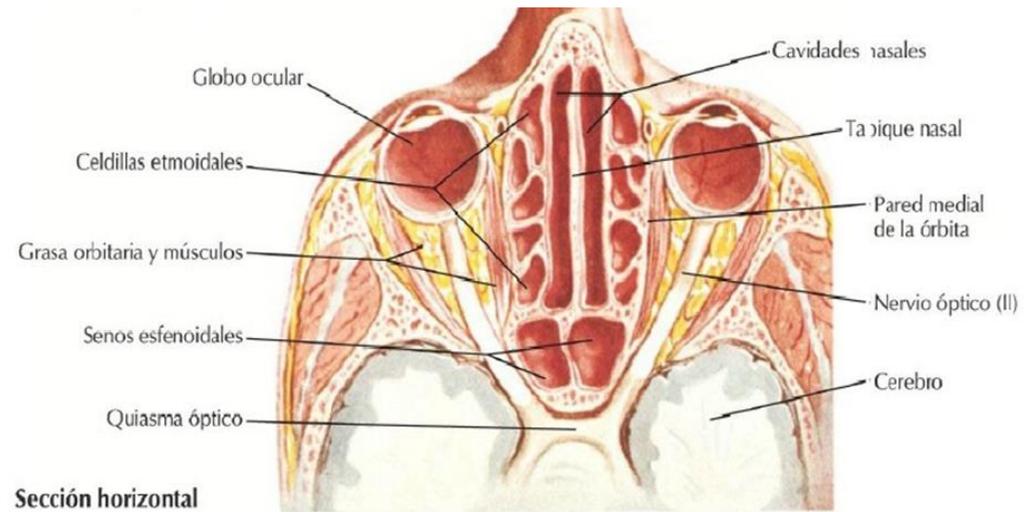


FIGURA 4: Vista inferior de puntos críticos. (Antonio M., Arteaga J., Arribasplata E, 2016, Hueso esfenoides.)

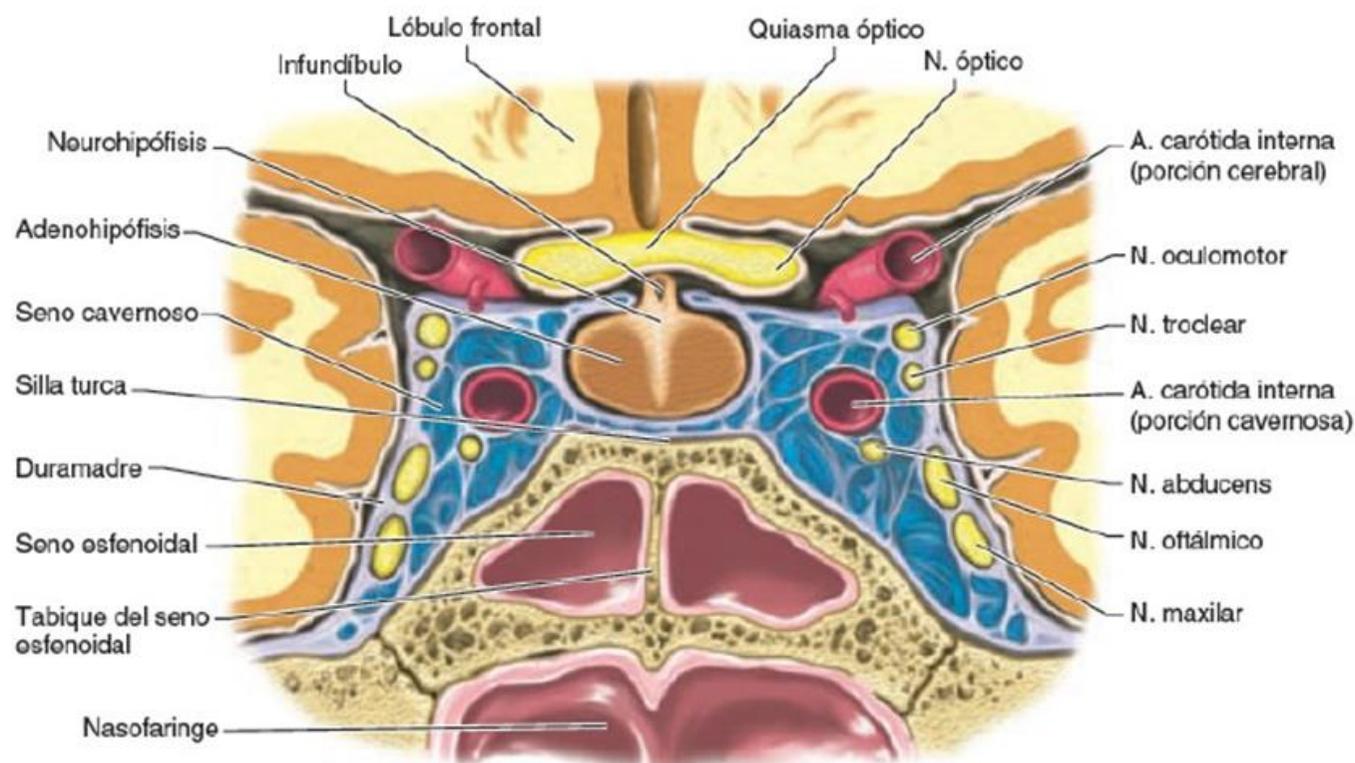


FIGURA 5: Vista cara anterior de puntos críticos ubicados en la etapa 0-1 de la cirugía en la zona del hueso esfenoides. (Antonio M., Arteaga J., Arribasplata E, 2016, Hueso esfenoides.)

Como se puede observar en las figuras 3, 4 y 5, están comprometidas estructuras muy importantes para el desarrollo vital del ser humano desde el acceso a la cirugía y es fundamental para el otorrinolaringólogo no dañar ninguna de estas para no dejar consecuencias irreversibles en el paciente, entre las que se encuentran la ceguera, parálisis faciales, pérdida de olfato, entre otras.

#### 1.3.4. Estadísticas en Chile.

En Chile la implementación de esta cirugía comenzó en 1999, pero ha costado que los centros de salud del país la realicen como primera opción ante tumores hipofisarios ya que es una técnica relativamente nueva y por lo tanto los médicos con experiencia no la conocen en la práctica. Es por esto por lo que solo algunos centros la incorporen y la enseñen a sus becados.

Particularmente el instituto de neurocirugía Asenjo fue pionero en la incorporación de la cirugía transesfenoidal endoscópica, por lo que cada vez es más capaz de formar habilidades en los profesionales para realizar la cirugía con éxito.

Por otro lado, distintos centros de salud han querido aprender del instituto de Neurocirugía Asenjo, implementando con éxito la cirugía poco a poco con el pasar de los años.

“Un hito en la línea de tiempo de esta técnica fue el ingreso del adenoma pituitario al sistema auge o GES el 2010. Desde esa fecha la cantidad de operaciones de hipófisis

aumentaron exponencialmente, marcando un antes y después. Esto ha permitido que el equipo de Concepción haga dos cirugías endoscópicas de hipófisis por semana, lo que los ha acercado a los 400 casos y ha significado ocho años de constante entrenamiento.” (Sociedad de neurocirugía en Chile, 2018 [www.neurocirugiachile.org](http://www.neurocirugiachile.org)).

El Dr. Pinto explica que en “Chile hay equipos que han avanzado con mayor rapidez en la adopción de esta técnica endoscópica y otros que han mantenido la cirugía estándar microscópica. “Yo diría que hay tres equipos que impulsaron el proceso: la **Clínica Las Condes** con el Dr. Selman, el **Hospital Clínico de la Universidad de Chile** con el Dr. Lemp y nosotros acá”, dice refiriéndose al **Hospital Clínico Regional de Concepción**. Pero también destaca grupos más jóvenes que han aparecido con los años, como el equipo de la católica de Santiago y Puerto Montt.” (Sociedad de neurocirugía en Chile, 2018 [www.neurocirugiachile.org](http://www.neurocirugiachile.org)).

Desde el Hospital Puerto Montt Dr. Eduardo Schütz Schroeder, el Dr. Jorge Cerda asegura que operan aproximadamente **60 tumores de**

**hipófisis al año con esta herramienta**. Por lo tanto, se entiende que, aunque pocos centros de salud la utilicen en el país, estos centros de salud la implementan frecuentemente y con resultados favorables para el paciente.

En octubre de 2016 se realizó en Coquimbo el Congreso Chileno de Neurocirugía, donde el trabajo “Resultados de Cirugía Endoscópica Endonasal Transesfenoidal en Adenomas Hipofisarios: Análisis de los Primeros 104 Casos” fue premiado con el segundo lugar por mejor material presentado. Este programa de la universidad católica demuestra que el **95% de las intervenciones realizadas a tumores hipofisarios se hace vía nasal y 5% por craneotomía**. Este trabajo, realizado por un equipo multidisciplinario, muestra la eficacia de operar por la nariz, pero mediante un endoscopio.

Según la clínica Dávila la endoscopia vía nasal presenta ventajas sobre otros procedimientos, como por vía transcraneal o por vía microscópica, debido a la disminución en los tiempos quirúrgicos y al periodo de hospitalización.

Los centros chilenos que han implementado esta nueva técnica para extirpar los tumores hipofisarios aseguran que dentro los beneficios de esta cirugía esta la disminución en los tiempos de recuperación y que no causa mayor impacto a nivel estético ni funcional. En la mayoría de los casos, se da de alta al paciente entre el tercer y cuarto día.

“Esto, otorga resultados satisfactorios, ya que, en la mayoría de los casos no es necesario complementar este tratamiento con radioterapia, al haber extirpado por completo todas las células cancerosas.” ([www.davila.cl](http://www.davila.cl))

Por otro lado, la Clínica las Condes expone que “la mayoría de los pacientes después de la cirugía tienen reducción del volumen tumoral y

la tasa de tumor residual es entre un 10 y 36%. La función visual mejora entre un 75 y 91% de los pacientes y el hipopituitarismo entre un 35 y 50% de los pacientes. Las tasas de complicaciones asociadas a la resección transesfenoidal en las diversas series son cercanas al 7.1% siendo las complicaciones más frecuentes la fístula de LCR (4.7%), meningitis (2%), y el deterioro de la función visual (2%) 23. En el caso de presencia de remanente significativo, se puede realizar una re-intervención por la misma vía para resecar el tumor residual 29. (Revista Médica Clínica Las Condes, 2017).

Como se puede observar, cada vez los centros Médicos se hacen más presentes con respecto a esta cirugía en particular, a partir principalmente del 2010. Generando debates y complementando sus investigaciones internas, sin embargo, aún está en constante estudio y falta mucho para descubrir y mejorar ya que lleva relativamente poco tiempo de implementación.

Tal ha sido el cambio desde la introducción a la endoscopia, que actualmente los becados de neurocirugía de la Universidad de Concepción pasan por una rotación de cirugía endoscópica básica, algo que no sucedía a comienzos de siglo. “Yo creo que, en el futuro, esto que comenzó con algunos pocos que paríamos haciendo esto, va a ser mucho más masivo porque el neurocirujano general va a tener ya un acercamiento mayor al que, por ejemplo, yo tuve con el endoscopio como herramienta quirúrgica”, asegura el Dr. Jaime Pinto. (Sociedad de Neurocirugía en Chile, 2018).

Esto último es muy alentador para las siguientes generaciones, motivando a las nuevos especialistas y estudiantes a investigar y completar su formación profesional lo antes posible a través de la accesibilidad a nuevas herramientas y tecnologías.

## 1.4. FASES 0-1 DE LA CIRUGÍA A ENTRENAR.

En esta investigación se quiere proyectar un modelo de entrenamiento a estudiantes en formación de otorrinolaringología, que les **permita aumentar las habilidades motrices con ambas manos y la dominación de la fase 0-1** de la cirugía transesfenoidal endoscópica mencionadas anteriormente, haciendo énfasis en su acceso a la silla turca, las dimensiones de la anatomía, las principales extracciones y los cortes quirúrgicos a través de las repeticiones.

**1.4.1. Importancia:** La preparación postural del paciente y de los canales naturales de la cabeza a la silla turca permite aumentar el campo visual anatómico y liberar espacios que permita manejar de mejor manera las herramientas a los profesionales y así llegar de mejor manera al tumor.

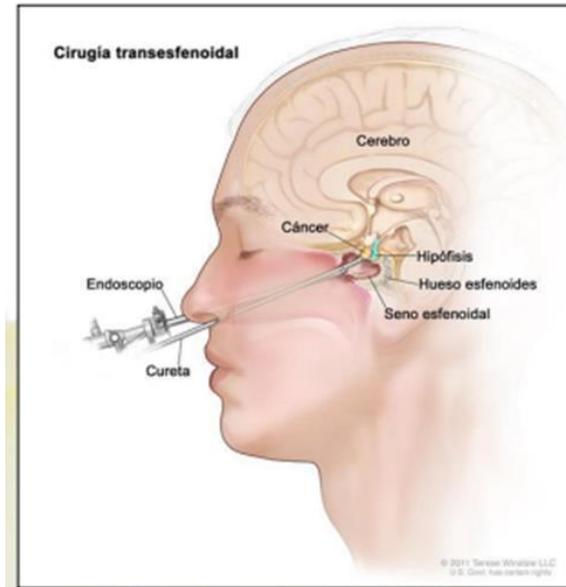


FIGURA 6: vista frontal general del acceso a la hipófisis. (López Muñoz, M.<sup>a</sup> Luisa DUE del Servicio de Neurocirugía del C.H. Virgen de las Nieves Granada, 2013).

**1.4.2. Variables:** En estas dos fases, se encuentran distintas variables, tanto como texturas diversas de la anatomía, como tamaños, conductos, colores, olores y densidades diferentes de la misma. Es por esto, por lo que la propuesta de diseño en el modelo de entrenamiento va a enfocarse solo en el tamaño de las cavidades y conductos del proceso y las extracciones principales de las fases 0-1, incorporando tecnologías que permitan informar al alumno que está tocando partes anatómicas que no debe. Se considera como un entrenamiento a la percepción espacial de la cirugía y el cuidado que debe llevar.

---

# CAPÍTULO 2

## CONTEXTO.

### 2.1 ESTUDIO DE LA OTORRINOLARINGOLOGÍA EN CHILE.

#### 2.1.1. Años de preparación.

Para tener la especialidad de otorrinolaringología, como toda especialidad médica, requiere de un estudio previo de 7 años para ser médico cirujano y luego obtener alguno de los cupos de especialización que ofrecen las distintas universidades que imparten la especialidad acreditadas por la Asociación de Facultades de Medicina de Chile. La formación de la especialidad dura 3 años y durante ese periodo al estudiante se le llama "Becado"

dispuesto actualmente en dos períodos: El formativo (PF) y el asistencial obligatorio (PAO).

La oferta académica ha aumentado en los últimos años. Actualmente, la sociedad chilena de otorrinolaringología tiene un registro total de **50 residentes en formación a lo largo de Chile**, teniendo en cuenta todas las universidades que la imparten (U de Chile, U católica, U de Concepción y U de Valparaíso). La mayoría de los becados tiene como compromiso desempeñarse en alguno de los hospitales del sistema público a lo largo del país comprometidos con su casa de estudios, pero en la realidad existen más ORL trabajando en recintos privados que públicos.

A pesar de necesitar 10 años mínimos de estudios para obtener esta especialidad, sigue en discusión el nivel de formación de los especialistas al terminar los estudios, ya que además de los estudios universitarios se necesita un real compromiso de los becados para seguir aprendiendo y formarse por cuenta propia y

enfocarse en una subespecialización a través de la práctica. Por otro lado, al ser un área de la medicina que compete órganos muy pequeños y delicados de la cabeza, necesita de cierta cercanía física con el paciente difícil de formar sin experiencia.

"¿Es suficiente la formación en tres años de un otorrinolaringólogo general? Tengo mis serias dudas sobre todo por tratarse de una especialidad médico-quirúrgica. No veo a corto o mediano plazo, por problemas de costo, que tanto las Universidades como el Ministerio de Salud (MINSAL), prolonguen la residencia a 4 o 5 años. En un país como Chile en vía de desarrollo; ¿es fundamental formar, en estos momentos, a todos los otorrinolaringólogos en 4 o 5 años o será mejor seguir formando otorrinolaringólogos generales en tres años y buscar la forma en que el 4° y/o 5° año sean para una subespecialización? Esto debe ser motivo de debate tanto en la Sociedad ORL, MINSAL como en las Universidades." (Celedón C. 2011).

## 2.1.2. Material entregado durante la preparación profesional.

Durante los años de estudio, los primeros 7 correspondientes a medicina general y se dedican al aprendizaje teórico y al desarrollo de habilidades de liderazgo, por lo tanto, el material entregado se enfoca en trabajos en grupo, lectura y memorice de la anatomía y conceptos específicos del área. Con respecto a esto depende de cada universidad hacerse cargo del material extra de apoyo para los estudiantes, como huesos reales, modelos de entrenamientos o modelos virtuales de visualización.

Por otro lado, en los 3 años de especialización correspondientes a otorrinolaringología las universidades ofrecen a los becados centros médicos que puedan ofrecerles ayuda personalizada, con médicos que puedan enseñarle en privado y que los dejen participar en diversas cirugías reales para que así puedan adquirir experiencia.

La formación práctica depende de cada centro de formación, por lo tanto, está sujeta a diversos factores, tales como: disponibilidad de pabellón, epidemiología local, disponibilidad de tutores, tecnología e infraestructura del centro, etc. "Desde el año 2008 en Chile la acreditación

de programas de formación en especialidades médicas está a cargo de **la Agencia Acreditadora de Programas de Posgrado de Especialidades en Medicina y Centros Formadores de Médicos Especialistas (APICE)**. Con relación a los requisitos para desarrollar un programa de formación en ORL, APICE recomienda una lista con el número de cirugías en las que cada residente debe participar como cirujano por cada año durante su formación y certificar esto al término de sus estudios (Tabla 1)." (Gauna F., Goldman Y., Torrente M. 2018).

**Tabla 1** Cirugías recomendadas por APICE para cada año del programa de formación

Cirugía	Primer año	Segundo año	Tercer año	Total
Traqueotomía	2	4	6	12
Punción transtimpánica	10	20	20	50
Timpanoplastía	0	2	6	8
Vaciamiento mastoideo	0	2	6	8
Adenoidectomía	10	20	20	50
Amigdalectomía	40	80	120	240
Drenaje absceso periamigdalino	1	4	10	15
Septoplastías	1	3	6	10
Turbinectomías	0	2	4	6
Reducción de fracturas nasales	10	20	25	55
Microlaringoscopías directas	0	5	10	15

Esta recomendación de APICE tiene su origen en la opinión de un grupo de expertos designados por la SOCHIORL.

TABLA 1: Cirugías recomendadas por la APICE, en los 3 años de formación. (Gauna F., Goldman Y., Torrente M. 2018).

Con respecto a la información anterior, se puede observar que, a pesar de llevar 10 años de estudios, los alumnos no tienen un **entrenamiento práctico** temprano para desarrollar habilidades motrices necesarias, antes de participar en las cirugías reales solicitadas por APICE.

### 2.1.3. Número de egresados, costos universitarios y los trabajadores de la especialidad.

En Chile solo 4 universidades entregan la opción de sacar la especialización de otorrinolaringología, y con ellas se relacionan distintos hospitales que entregan capacitaciones a los estudiantes. Aunque los cupos ofrecidos por cada universidad cambian anualmente, estos varían entre los 2 y 9 cupos por cada centro de estudio. Esto no define la cantidad de egresados, ya que depende de cada estudiante el poder finalizar la especialización con éxito.

Para complementar esta información, gracias a un estudio en base a los datos de la SOCHIORL, (sociedad chilena de otorrinolaringología) se pudieron recolectar los siguientes datos aproximados:



Figura 1. Cantidad de otorrinolaringólogos egresados de programas de posttítulo en Chile durante el período 2003-2012.

GRÁFICO 1: Cantidad de egresados en la especialidad de otorrinolaringología entre 2003-2012. (Cardemil F., Barría T., Rahal M., 2013)

Se puede observar que anualmente, en todo el país, se especializan entre 8 y 13 personas de otorrinolaringología y no todas ellas tienen la obligación de permanecer en el servicio público, siendo una de las especialidades de la medicina con menor cantidad de médicos con

retorno a este servicio, luego de terminar la especialización. Esto es debido a que después de todos los años de estudio, no se sienten satisfechos con la cantidad de horas y la remuneración al trabajar en ese sistema.

Los costos universitarios para estudiar medicina fluctúan entre los **5 y 7 millones de pesos** de arancel y el costo de la especialización rodea los 8 millones de pesos, es por esto por lo que, al terminar los **10 años mínimos de estudios**, el egresado espera una mejor calidad de vida al ejercer en el servicio público, contrarrestando los gastos de estudios.

Para visualizar la información, a continuación, se presentarán 2 tablas que ayudan a comparar la cantidad de otorrinolaringólogos en el servicio público, en comparación a la cantidad total ejerciendo la profesión.

**Tabla 1. Cantidad de otorrinolaringólogos que trabajan en sector público por población beneficiaria FONASA por región**

Región	Nombre región	ORL por región que trabajan en sector público	Población beneficiaria FONASA por Región	Relación de 1 ORL /habitante beneficiario FONASA
XV	Arica y Parinacota	2	167.584	1/83.792
I	Iquique	3	216.800	1/72.267
II	Antofagasta	5	346.663	1/69.333
III	Atacama	1	231.570	1/231.570
IV	Coquimbo	8	577.966	1/72.246
V	Valparaíso	10	1.389.745	1/138.975
VI	O'Higgins	2	693.547	1/346.774
VII	Maule	2	871.339	1/435.670
VIII	Bío Bío	31	1.663.720	1/53.668
IX	Araucanía	8	770.444	1/96.306
X	Los Lagos	9	689.683	1/76.632
XIV	Los Ríos	5	326.318	1/65.264
XI	Aysén	1	71.497	1/71.497
XII	Magallanes	2	113.724	1/56.862
XIII	Metropolitana	59	4.814.048	1/81.594
Total	Nacional	152	12.944.648	1/85.162

TABLA 2: Localización de otorrinolaringólogos en el servicio público de Chile. (Cardenemil F., Barría T., Rahal M., Rodríguez R., 2013).

**Tabla 2. Cantidad de otorrinolaringólogos que trabajan en sector público y privado por población total por región**

Región	Nombre de Región	ORL por región que trabajan en sector público y privado	Población total por región a 2011	Relación de 1 ORL/habitante Total
XV	Arica y Parinacota	2	183.200	1/91.600
I	Iquique	3	321.700	1/107.233
II	Antofagasta	7	581.700	1/83.100
III	Atacama	3	282.600	1/94.200
IV	Coquimbo	8	728.900	1/91.113
V	Valparaíso	30	1.777.500	1/59.250
VI	O'Higgins	7	891.800	1/127.400
VII	Maule	7	1.015.800	1/145.114
VIII	Bío Bío	33	2.049.000	1/62.091
IX	Araucanía	8	978.400	1/122.300
X	Los Lagos	9	846.600	1/94.067
XIV	Los Ríos	5	380.700	1/76.140
XI	Aysén	1	105.900	1/105.900
XII	Magallanes	2	159.200	1/79.600
XIII	Metropolitana	203	6.945.600	1/34.215
Total	Nacional	328	17.248.600	1/52.587

Nota: Se consideró la distribución de 328 otorrinolaringólogos debido a que la SOCHIORL disponía de la localización geográfica de estos y no de la totalidad (352 de ORL registrados).

TABLA 3: Localización de otorrinolaringólogos en Chile. (Cardemil F., Barría T., Rahal M., Rodríguez R., 2013).

Se puede concluir que a excepción de Valparaíso y la región metropolitana, los especialistas son mayormente trabajadores del servicio público en cada región, sin embargo, en el total de especialistas del país, la mayoría de los profesionales están en el servicio privado, además se puede observar que **la totalidad de ORL es un número bastante bajo en comparación a la cantidad total de habitantes.**

## 2.2. IMPORTANCIA DE LA CAPACITACIÓN QUIRÚRGICA EN ESTUDIANTES DE ORL.

### 2.2.1. Relevancia en la actualidad.

La otorrinolaringología, es una especialidad ejercida por una poca cantidad de profesionales, además cada uno de ellos debe desarrollarse en una subárea en específico para perfeccionarse, esto quiere decir que hay una cantidad muy reducida de especialistas encargados en cada enfermedad o patología a tratar y el que puedan desarrollarla de manera exitosa dependerá de los años de aprendizaje y la experiencia del médico en particular. Es por esto fundamental la preparación adecuada de los profesionales y especialistas a **tiempo**, para que no exista un déficit en la pericia de los médicos cuando el paciente lo requiera. Dicho esto, se considera por esta razón, que el enfoque de esta investigación se centre en el entrenamiento de

los estudiantes y los becados, personas en formación teórica, alejados de herramientas y programas adecuados sobre la capacitación motriz necesaria para desempeñarse adecuadamente como otorrinolaringólogo al momento de egresar.

“En Chile, el período de formación de especialistas en Otorrinolaringología (ORL) se denomina residencia o beca, dura tres años y se imparte en seis centros formadores. Estos son servicios de ORL de hospitales docente-asistenciales de alta complejidad, acreditados para formar especialistas por la Asociación de Facultades de Medicina de Chile (ASOFAMECH). En cinco de ellos existe una formación teórica uniforme a cargo de la Sociedad Chilena de Otorrinolaringología, Medicina y Cirugía de Cabeza y Cuello (SOCHIORL) con el respaldo de la Escuela de Postgrado de la Universidad de Chile. **La formación práctica, en cambio, depende de cada servicio y está sujeta a sus fortalezas o debilidades.** En base a esta última diferencia surgen las siguientes inquietudes en relación con

el período de formación: ¿cuál es la calidad de la formación práctica en nuestro país? Al terminar la beca, ¿los residentes están preparados para enfrentar las cirugías básicas de la Especialidad?” (Maass J.C., Naser A. 2003).

Luego de este estudio se concluyó que los becados no estaban capacitados para realizar las cirugías con éxito, no cumplen con los objetivos ni con los procesos necesarios, sin embargo, todos ellos se desempeñan en la actualidad como especialistas en Chile.

Según lo investigado con anterioridad, el problema radica en la práctica motriz y cantidad de repeticiones que los estudiantes realizan al momento de aprender sobre cada cirugía y no la cantidad de tiempo que emplean, por lo tanto, no deberían extenderse los años de la especialización si no, que deberían cambiar el material entregado a los estudiantes con respecto al trabajo manual-didáctico y no el teórico.

### 2.2.2 Accesibilidad al entrenamiento personal.

En Chile, el acceso a la educación de calidad siempre ha sido debatible, además de los costos universitarios, cuesta encontrar herramientas que faciliten el desarrollo personal de una forma económica. Para los especialistas en ORL no es la excepción, si su centro de formación no les ofrece grandes elementos de complemento, es muy difícil que un estudiante pueda obtenerlo por su cuenta. Esto es muy desfavorable para el desarrollo profesional, ya que entre los alumnos deben repartirse los escasos materiales entregados, sin poder intervenirlos adecuadamente, como por ejemplo los huesos entregados por los centros de formación o modelos anatómicos a escala.

Además, en el mercado chileno, la venta de los modelos de entrenamiento y modelos anatómicos tienen un costo extremadamente excesivo y adquirirlos es casi imposible para los estudiantes.

“La formación de un especialista en general y/o un otorrinolaringólogo en particular no puede estar ajena al concepto central de Universidad. Debe ser del más alto nivel y con una visión holística en lo técnico, científico, humanista, social y ético. Un otorrinolaringólogo no puede ser sólo un técnico. Su formación debe estar cimentada en la **motivación por el conocimiento nuevo, el autoaprendizaje y centrado en la persona y no sólo en la patología de un órgano determinado**; en otras palabras, centrado en la "persona del paciente".

Esta "visión" de la formación del especialista en otorrinolaringología es difícil lograrla con tres años de formación, como es en la actualidad, máxime cuando un gran número de las becas son autofinanciadas y los Servicios Formadores son sometidos a una gran presión asistencial." (Celedón C., 2011)

Con respecto a lo anterior, es muy difícil lograr que los alumnos puedan incrementar su motivación por el autoaprendizaje, ya que no existen las condiciones para que puedan desarrollarlo de manera óptima, sin elementos ni recursos que ayuden a la práctica motriz-sensorial. Por lo tanto, es una consecuencia del sistema el que los alumnos se queden el conocimiento teórico y no práctico, siendo este último esencial para un buen desarrollo en los procedimientos médicos.

## 2.3. ESPACIOS EDUCATIVOS

En Chile, los espacios educativos no tienen una base estándar para ninguna área en particular, por lo que depende de cada centro de estudio utilizar sus recursos para ofrecer un buen lugar de trabajo, con herramientas óptimas para el desarrollo de cada estudiante. En medicina, ocurre lo mismo, pero por lo general cumplen con las siguientes características:

### 2.3.1. Aprendizaje convencional.

El entrenamiento convencional de un estudiante de medicina y de otorrinolaringología, se basa en el estudio teórico anatómico a través de libros y charlas expositivas, para esto los centros de formación ofrecen bibliotecas, laboratorios y auditorios para una mejor experiencia pedagógica.



FIGURA 7,8,9: Infraestructura en espacios educativos (<https://www.udecmed.cl/>).

Además, ofrecen elementos de estudio práctico, pero en menor cantidad y calidad que en el enfoque teórico. Las tecnologías y herramientas para el desarrollo profesional de los estudiantes son mucho más limitados en el área experiencial, pero se pueden encontrar las siguientes: fresado de huesos, utilización de instrumental y análisis anatómico por scanner.



FIGURA 10,11,12: Herramientas de estudio práctico. (elaboración propia).

### 2.3.2. Aprendizaje con simuladores.

En la actualidad, los avances tecnológicos son cada vez más precisos en el área de la medicina y aunque siguen siendo un lujo, algunos centros de formación ocupan sus recursos para adquirirlos y analizarlos en conjunto con los estudiantes.

En Chile el centro de formación que lidera en simulación y avances tecnológicos en el área es la universidad católica. El 2016 inauguraron un centro de simulación con métodos de entrenamiento y los resultados fueron prometedores, ellos explicaron que: "Este es el primer trabajo que se publica y que demuestra que se puede lograr un entrenamiento a nivel profesional sin tener que utilizar animales vivos, los que son reemplazados por carnes compradas en supermercados."

( <https://medicina.uc.cl/> )

Desde el 2016 sólo está abierto a alumnos de la UC, que en caso de estar interesados deben llamar al Centro de Simulación de la facultad y agendar su hora. Pero se proyecta desde un comienzo que el centro pueda expandirse a otros estudiantes, de otras universidades.

"Esperemos ofrecer este entrenamiento a todo el Chile y el mundo a través de nuestras plataformas de Educación Continua, y que esto esté disponible para el público objetivo desde enero 2017", añadió el Dr. Varas." (<https://medicina.uc.cl/> )



FIGURA 13,14,15,16: Centro de simulación Universidad Católica. (<http://simulacion.uc.cl/>).

# CAPÍTULO 3 USUARIO.

## 3.1. ESTUDIANTES DE OTORRINOLARINGOLOGÍA EN CHILE.

### 3.1.1. Cantidad de estudiantes en la especialidad y su rol social.

“En base a los datos de la SOCHIORL, se observaron 114 egresados, correspondientes a 26 (22,8%) mujeres y 88 (77,2%) hombres. La cantidad de especialistas formados se ha mantenido relativamente constante durante este período, con 12 especialistas por año en el 2003 y 12 en el 2012, con pequeñas variaciones interanuales. Del total de 114 ORL, actualmente trabajan en algún hospital público dependiente del MINSAL el 57% de ellos.” (Cardemil F., Barría T., Rahal M., 2013).

Con respecto a cifras de los años más recientes, no se logró encontrar datos concretos, pero se

establece en las nuevas investigaciones, que sigue existiendo una mayoría de hombres que, de mujeres en la especialidad, cambiando la brecha de a poco desde el 2018 con la ola feminista de ese año.

El rol social de los estudiantes y su visión proyectada hacia su futuro laboral depende desde la base de sus centros de formación. Aunque la mayoría de ellos considera trabajar en servicio público, al pasar los años esta concepción va cambiando debido a las condiciones laborales.

**Tabla 1. Motivo de ingreso a trabajar a sector público de salud en otorrinolaringólogos (n =43)**

Motivo	Frecuencia (%)
Adquirir experiencia/Formación continua	29,4
Trabajo en el hospital como labor social	27,5
Dinámica de trabajo en equipo	11,8
Docencia	9,8
Variedad y complejidad de patologías en hospital	5,9
Obligación de retorno posespecialización	3,9
Oportunidad quirúrgica	3,9
Otros	7,8

**Tabla 2. Motivo de renuncia a sector público de salud en otorrinolaringólogos (n =43)**

Motivo	Frecuencia (%)
Falta de recursos humanos, físicos o técnicos	29,4
Poca disponibilidad de pabellón	17,6
Baja remuneración	17,6
Poca flexibilidad horaria	11,8
Alta presión asistencial	11,8
Mala organización del sistema	5,9
Poco apoyo institucional	5,9
Desarrollar subespecialidad	5,9

TABLAS 4 Y 5: Motivo de ingreso y renuncia al sector público de salud. (Cardemil F., Barría T., Rahal M., 2013).

### 3.1.2. Igualdad de género en otorrinolaringología.

“El tema de la igualdad de género en los últimos años ha ido ganando terreno en distintos ámbitos de la realidad tanto nacional como internacional. En Chile, en el año 2016 se publicó el primer informe GET: género, educación, trabajo. Este fue el primer estudio chileno sobre desigualdad de género en el ciclo vital, en él se menciona que “la tasa de participación laboral femenina es baja, hay segregación a nivel de ramas de actividad, están subrepresentadas en los altos cargos y, a pesar de que existe una legislación que la prohíbe, enfrentan una brecha salarial de género que es de las más altas del mundo”. Este mismo informe también trata la temática de la maternidad y su impacto en la carrera profesional, exponiendo que social y legislativamente se pone el peso y el costo de la parentalidad sobre la mujer.” (Chuang Á., Ricci L., Aguirre X., Pineda R., Nicolás A., Pereira C. 2019).

Con respecto a lo anterior, se quiere aclarar que la integración debería generarse desde la base de la educación, y no ser conscientes de esto recién al momento de ejercer, ya que la edad complica la discusión al tener comportamientos integrados a su forma de ser y es casi imposibles cambiar ciertos patrones.

Cualquier carrera y especialización debería ser igual para todos lo que la realicen, sin factores externos que la dificulten dependiendo el género o cualquier otra razón particular del alumno, por esta razón el modelo de entrenamiento y la practica previa es fundamental para entregar las herramientas necesarias suficientes para enfrentarse al mundo laboral y entregar las facultades desde los estudios para todos por igual.

### 3.1.3. Edad de los estudiantes.

Cualquier médico cirujano egresado que cumpla los requisitos para postular a la especialidad puede lograr entregar a otorrinolaringología, esto quiere decir que no existe una edad específica en los que los otorrinolaringólogos egresen, sin embargo, esto quiere decir que como mínimo debe tener 7 años de estudios previos y los 3 años de la especialidad cumplidos, por lo tanto, la edad promedio de los que se titulan varía entre los 29 y 35 años.

# CAPÍTULO 4 ESTADO DEL ARTE EN CHILE Y EL MUNDO.

En el mercado actual existen modelos anatómicos, para entrenar y planificar previamente una cirugía en el área de la otorrinolaringología, pero lamentablemente no existen modelos que estén enfocados en replicar procedimientos quirúrgicos y todo lo que esto conlleva, sino más bien a un análisis visual de la anatomía. Esto quiere decir que los profesionales se enfrentan a su primera cirugía sin tener un entrenamiento previo cercano a la realidad, no están familiarizados con los

tamaños de cavidades, texturas, anatomías, canales, incluso posturas al momento de operar, por lo tanto, sus primeras intervenciones quirúrgicas son riesgosas para los pacientes, esto es aún más riesgoso en la cirugía transesfenoidal endoscópica, ya que anatómicamente se intervienen sectores vitales para el ser humano.

Es por esta razón que el enfoque de este documento va en producir modelos que representen lo más real posible la extracción de un tumor y toda la experiencia que conlleva el realizar la fase 0-1 de la cirugía transesfenoidal endoscópica, para que estudiantes practique previamente y puedan planear de manera óptima la cirugía, y así en el momento de que tengan que realizar la cirugía realmente, se encuentre preparados y disminuya el riesgo del paciente.

Además, el modelo está pensado en que pueda producirse a través de scanner y softwares médicos imprimibles en 3D, de pacientes y casos reales, para poder ser lo más cercano a la realidad, didáctico con tecnología incorporada que alerte al usuario la cercanía con la anatomía riesgosa y visualmente atractivo, con colores que identifique las principales cavidades y conductos de la anatomía a interferir.

Por último, que tenga un bajo costo, para que pueda adquirirse fácilmente en comparación a lo que existe en el mercado, así las universidades puedan ofrecerlo dentro de los establecimientos de manera gratuita o si no es posible, que esté pensando en que los usuarios son estudiantes sin mayores ingresos y deben tener un fácil acceso a la educación y practica del procedimiento.

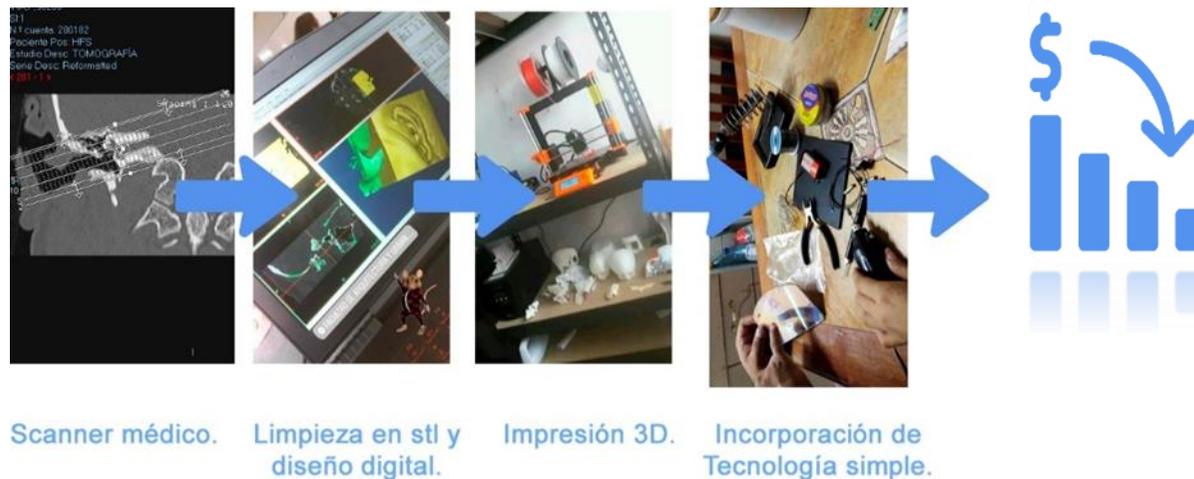


FIGURA 17: Oportunidad de diseño. (Elaboración propia).

## 4.1. TECNOLOGÍAS QUE CONECTAN EL DISEÑO CON LA MEDICINA.

### 4.1.1. Scanner o TAC.

Los scanner o TAC son exámenes que no causan dolor y son generados de manera rápida, muy útiles para el paciente y el doctor al ser poco invasivos. Ofrecen más detalles que una radiografía, proporcionando mucha más información y detalles sobre la diversa anatomía al interior del cuerpo. Con la tecnología actual esta información puede ser procesada de diferentes maneras para que el médico pueda estudiarla, observarla e incluso puede traspasarla a programas tridimensionales, teniendo la opción de elegir e inspeccionar las diferentes densidades para simular lo que encontraría al interior del paciente a su elección.

“Así como una cámara fotográfica de muchos megapíxeles, el escáner o TAC (Tomografía Axial Computarizada) permite generar imágenes de alta precisión, en este caso, del interior de nuestro organismo. En lugar de un sólo haz de rayos X a través del cuerpo, como sucede en una radiografía normal, en los escáner se envía un haz continuo de rayos x que gira alrededor del paciente en 360°, el cual es captado por múltiples detectores. ([www.vidaintegra.cl](http://www.vidaintegra.cl) ).

La energía transmitida por los rayos X es absorbida de diferente manera por el cuerpo dependiendo de la densidad de los tejidos y esto se ve representado por los colores que emite su información, ya que si la anatomía es menos densa aparecerá más oscuros en el computador y si son más densos aparecerá más claro. Como se puede observar en la figura 7, un ejemplo de esto es la comparación de los pulmones y los huesos, siendo los pulmones más oscuros y los huesos más claros respectivamente.



FIGURA 18: Scanner médico y comparación de densidades. (Imagen de: <https://centromedicoarchipelago.cl/> ).

#### 4.1.2. Software.

Existen distintos tipos de software en computación, pueden ser como aplicación, programa, herramienta, sistema, entre otros. Los software se consideran un conjunto de programas de cómputo, datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático.

En esta investigación vamos a abordar los software que funcionan como una herramienta para medicina, que puedan procesar los escáner Médicos y transformarlos en modelos tridimensionales para estudiarlos de mejor manera.

Al hacerle un TAC a un paciente, se obtiene un conjunto de secciones del cuerpo a diferentes alturas y densidades. Habitualmente estas imágenes están en un formato llamado DICOM, un protocolo estándar de comunicación entre sistemas de información y a la vez un formato de almacenamiento de imágenes médicas. Al trabajarlas en los softwares que mencionaremos, se podrá guardar la información DICOM en archivos stl y así poder imprimirlos en 3D.

Para comenzar el proceso de selección y limpiezas, se deben elegir sólo las partes de la imagen que correspondan a una densidad posible de imprimir y no los líquidos del cuerpo que puedan estar entre ellas. Esta segmentación puede ser realizadas de diferentes maneras, manualmente, mediante detección automática usando gradientes de

color, usando técnicas de segmentación de imagen más avanzadas o incluso mediante inteligencia artificial.

Existen bastantes programas que pueden realizar este proceso, algunos de ellos son:

- **3Dslicer:** Es un software de segmentación gratuito y libre (OpenSource) que se autodefine como “una plataforma de software libre para imagen médica, procesado de imagen y visualización tridimensional de imágenes”.
- **Intellispace Portal 10:** Es un software propietario de Philips, que no es ni gratuito ni libre pero que, a cambio ofrece un amplio abanico de características avanzadas. Se autodefine como, “una ayuda a resolver las dificultades de adquisición de imágenes y a proporcionar diagnósticos definitivos”.
- **Mimics:** Es un software de la empresa Materialise, una de las empresas de impresión 3D más grandes del mundo, Este programa pretende ser una solución sencilla pero muy potente para obtener modelos 3D perfectamente imprimibles a partir de imágenes clínicas. No es gratuito ni libre, pero es una de las soluciones más cuidadas y de más calidad.

Si por alguna razón, alguno de los programas mencionados, no guarda un archivo con la prolijidad deseada y es necesaria una edición adicional, se puede modificar en un software de malla como **Meshmixer**, un programa gratuito de Autodesk, especial para la edición de

archivos stl. (información recolectada por Biffab ¿Qué software se usa en Impresión 3D médica?).

#### 4.1.3. CAD-CAM.

CAD-CAM proviene de las siglas en inglés Computer-Aided Design, y que su traducción es “Diseño asistido por computadora” para las siglas CAD, y computer-Aided Manufacturing que su traducción es “fabricación asistida por computadora” para las siglas CAM. Es una tecnología que surgió en los años 70, inicialmente se empezó a usar en industrias como la automoción y la aviación, pero a partir de los años 80 este tipo de tecnología se generalizó y entró a otros sectores como en medicina.

El CAD CAM es un proceso que consiste, básicamente en diseñar a través de un software de ordenador, darle los parámetros necesarios y que así pueda realizar el proceso de fabricación o confección asistida, a través de alguna impresora 3D. Existen diferentes softwares e impresoras 3D en la actualidad, que manejan distintos tipos de materiales, dependiendo el área de trabajo que se realice. Algunos ejemplos de CAD-CAM en medicina son:



Escaneo, diseño y fabricación de piezas dentales.  
FIGURA 19: Tecnología CAD-CAM dental. (imagen de: <http://dentalfebres.com/> ).



Modelos anatómicos por impresión 3D a color.

FIGURA 20: Impresión 3D a color: el poder de un modelo de realista, de manera rápida. (Imagen de: <https://intelligy.com/> ).

## 4.2. ESTADO DEL ARTE DIRECTO.

### 4.2.1. Modelos anatómicos y de entrenamiento en toda área de medicina.

“Las ventajas del uso de la simulación clínica en la educación médica han sido ampliamente descritas. Proporciona un ambiente controlado y seguro, que permite crear y reproducir situaciones o escenarios a demanda, permite el entrenamiento sistemático y repetido de habilidades prácticas y competencias, permite equivocarse y aprender del error, el proceso de aprendizaje se basa en la práctica y la reflexión, logrando una mayor transferencia de la formación desde la teoría a la práctica y finalmente nos sirve como herramienta de evaluación. Además, permite el entrenamiento consistente y programado en situaciones clínicas de presentación poco habitual, enfermedades raras y situaciones críticas. Por último, dicho entrenamiento que puede adecuarse individualmente para cada alumno no conlleva riesgos ni para el alumno ni para el paciente.” (Corvetto M., Bravo M., Montaña R., Utili F., Escudero E., Boza C., Varas J., Dagnino J. 2013).

Existe una amplia diversidad en las aplicaciones y metodologías de simulación utilizadas en educación médica y los resultados que cada una de estas se pueden ver a continuación:

	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Técnica de simulación	Simulaciones escritas	Simuladores de baja fidelidad, <i>part task trainers</i> y maniqués básicos	Simuladores de pantallas computacionales, simuladores virtuales y simuladores quirúrgicos	Pacientes estandarizados	Simuladores de fidelidad intermedia y maniqués de tamaño real no totalmente interactivos	Simuladores de alta fidelidad y maniqués de tamaño real totalmente interactivos
Habilidades que se logran	Cognitivas pasivas	Psicomotoras	Cognitivas interactivas	Psicomotoras, cognitivas e interpersonales	Parcialmente interactivas, psicomotoras, cognitivas e interpersonales	Interactivas, psicomotoras, cognitivas e interpersonales
Uso habitual	Manejo y diagnóstico de pacientes Evaluación	Práctica de habilidades	Manejo clínico de habilidades cognitivas	Igual que nivel 2 Realización de examen físico, diagnóstico y manejo de pacientes	Igual que nivel 3 Habilidades en procedimientos Entrenamiento de simulación “full-scale”	Igual que nivel 4

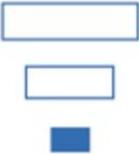
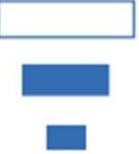
TABLA 6. Tipos de metodologías de simulación. (Adaptado de Alinier, Medical Teacher, 2007. Recuperado de: Corvetto M., Bravo M., Montaña R., Utili F., Escudero E., Boza C., Varas J., Dagnino J. Simulación en educación médica: una sinopsis. 2013).

En la actualidad el diseño y la tecnología ha sido fundamental en el proceso de innovación en elementos de entrenamiento y práctica médica, existiendo una amplia variedad de modelos dependiendo del área a trabajar y la precisión anatómica que se desea.

Algunos de los modelos existentes en la actualidad son:



FIGURA 21: La Realidad Virtual al servicio de la medicina. (<https://www.seco.org/>).

			
Costo	Destrezas a entrenar	Complejidad en el uso	Atractivo visual
			

La realidad virtual cada vez está más incorporada en la medicina y elementos en general, pero en casos de entrenamiento puede ser perjudicial para el usuario, ya que no se comprende el contexto real, tamaños ni cavidades. Además, los costos son muy altos y son muy complejos de utilizar en un sistema educativo médico.

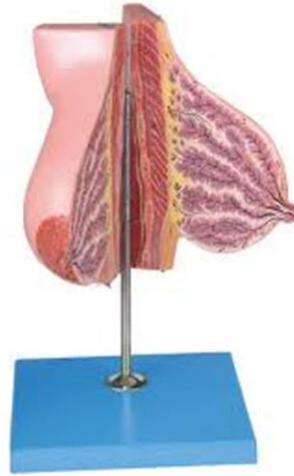


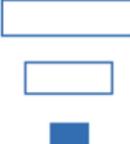
FIGURA 22: Modelo anatómico de la glándula mamaria. General doctor (Marca China).

			
Costo	Destrezas a entrenar	Complejidad en el uso	Atractivo visual
<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: blue; width: 40px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: blue; width: 15px; height: 10px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: blue; width: 15px; height: 10px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: blue; width: 15px; height: 10px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: blue; width: 40px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: blue; width: 15px; height: 10px;"></div>

Los modelos anatómicos cumplen con la función de explicar la anatomía y comprenderla de forma escalada en 3D, sin detalles ni información relevante. Aun así, los costos son altos y no permiten la interacción con ellos, por lo que no se entrenan destrezas ni procedimientos.



FIGURA 23: Simulador de perineorrafia. Kyoto Kagaku. (Marca Japonesa).

			
Costo	Destrezas a entrenar	Complejidad en el uso	Atractivo visual
			

Los simuladores en cambio cumplen con la información básica anatómica, pero permitiendo alguna interacción, entrenamiento o práctica motriz. Siguen teniendo un precio elevado, pero cumplen de alguna manera su propósito sin una gran elaboración en el diseño o complejidad.

#### 4.2.2. Modelos de entrenamiento enfocados en ORL.

Aunque en la actualidad existen variados modelos de entrenamiento y simulación, en el área de la otorrinolaringología existe una alta deficiencia en este tipo de modelos, ya que la mayoría se centra en la representación anatómica a través de modelos a escala o representación virtual y no en modelos que ayuden con la interacción dinámica y práctica en sí.

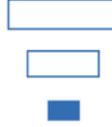
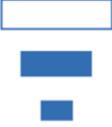
Algunos de los modelos de simulación e interacción en el área de otorrinolaringología que cumplen con la dinámica y práctica son:

“Existe un modelo japonés, EAR Examination Simulator, utilizado para enseñar otoscopía. Proporciona diversas posibilidades, como conducto auditivo externo sinuoso, perforación timpánica, colesteatoma, otitis media aguda y crónica.” (Thonea N., Winter M., García-Matte R., González C. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016).



FIGURA 24: Modelo de simulación EAR Examination Simulator II. La foto es cortesía de Ashley Lanning, de Kyoto Kagaku América, Inc. Recuperada de: Simulación en Otorrinolaringología: una herramienta de enseñanza y entrenamiento. (Thonea N., Winter M., García-Matte R., González C. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016).

En este modelo se trata de replicar la experiencia real del doctor al realizar la otoscopía, asemejando las proporciones de un paciente real y algunas texturas y cavidades, sin embargo, abarca la anatomía más simple dentro del área.

			
Costo	Destrezas a entrenar	Complejidad en el uso	Atractivo visual
			

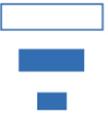
En la Universidad de Virginia en Estados Unidos, crearon un modelo comercial, en conjunto con Nasco, llamado Life/form Diagnostic and Procedural Ear Trainer que permite enseñar y evaluar habilidades de diagnóstico común en patología de oído y extraer cuerpos extraños. (Thonea N., Winter M., García-Matte R., González C. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016).



FIGURA 25: Modelo de simulación Life/form® Diagnostic and Procedural Ear Trainer. La foto es cortesía de Kelly Gratz, directora de Ventas de Nasco Canadá & Latinoamérica. Recuperada de: Simulación en Otorrinolaringología: una herramienta de enseñanza y entrenamiento. (Thonea N., Winter M., García-Matte R., González C. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016).

En este modelo de simulación se trabaja de mayor manera la experiencia y la práctica motriz previa del profesional con respecto a los modelos mencionados anteriormente, teniendo

más en cuenta el entrenamiento manual, los cortes y extracciones en las patologías del oído, sin embargo, no demuestra las mayores complicaciones que puede tener un ORL en el desarrollo de la práctica en la realidad.

			
Costo	Destrezas a entrenar	Complejidad en el uso	Atractivo visual
			

Simuladores como VOXEL-MAN Tempo, que es parte del simulador VOXELMAN ENT, Simulador de la Universidad de Stanford, Universidad del Estado de Ohio (simulador OSU), Mediseus, son modelos que cuentan con un computador con un software unido a dispositivos manuales, que intentan simular la fuerza que se debe aplicar con un retroalimentación inmediata, recreando un ambiente lo más real posible.

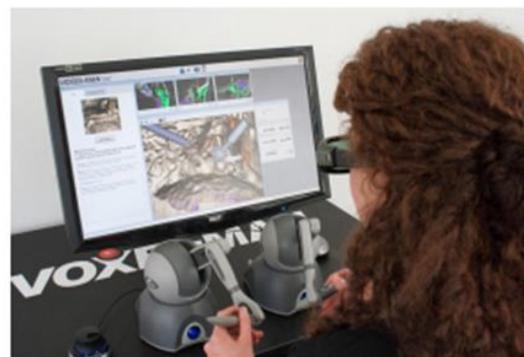


FIGURA 26: Simulador virtual de hueso temporal en 3D VOXELMAN Tempo. La foto es cortesía de Bastian Dittmar y Andreas Pommert, VOXEL-MAN Group, Facultad de Medicina de la Universidad de Hamburg-Eppendorf, Alemania. Recuperada de: Simulación en Otorrinolaringología: una herramienta de enseñanza y entrenamiento. (Thonea N., Winter M., García-Matte R., González C. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016).

			
Costo	Destrezas a entrenar	Complejidad en el uso	Atractivo visual
			

En esta ocasión la realidad virtual del simulador, si demuestra la complejidad de la anatomía y las complicaciones que podría llevar un mal manejo en la zona, pero se pierde la práctica de la experiencia con el paciente, las posturas y la sensibilidad al estar frente una pantalla.

Según la Universidad de Chile se espera que un egresado de otorrinolaringología, entre otras cosas, tenga el siguiente perfil:

“Posea los conocimientos, habilidades y destrezas, para realizar todas aquellas competencias de su especialidad, siendo capaz de otorgar una atención integral y de excelencia al paciente y su familia, de acuerdo al contexto sociocultural en el que se desenvuelve.

Demuestre habilidades de comunicación y relaciones interpersonales, que se traduzcan en el intercambio eficaz de información y trabajo en equipo con los pacientes, las familias de sus pacientes y compañeros de profesión.

Demuestre compromiso para llevar a cabo sus responsabilidades profesionales adhiriendo a los principios éticos y de sensibilidad, frente a una diversa población de pacientes”. (Programa de Formación conducente al Título de Profesional Especialista en Otorrinolaringología. Universidad de Chile).

Esto quiere decir, que además de los conocimientos anatómicos del ser humano, el estudiante debe aprender a comunicarse y desarrollar habilidades sociales esenciales para el paciente, siendo esto primordial para el desarrollo profesional.



FIGURA 27: Imagen de Hospital clínico Universidad de Chile, especialidad otorrinolaringología.

[\(https://www.redclinica.cl/\)](https://www.redclinica.cl/)

#### 4.2.3. Costos en Chile:

En la actualidad, es difícil acceder a modelos de simulación ya que son tecnologías aun en desarrollo y no están a la venta, además no existen muchas oportunidades para adquirir simuladores, si no se es profesional o parte de un comité universitario o de investigación. Por lo tanto, las posibilidades de que un estudiante en formación pueda obtener un modelo de simulación es casi nula.

En Chile, la venta de modelos de entrenamiento en el mercado está enfocado a la observación anatómica a escala o al análisis morfológico a través de colores. Aunque son herramientas útiles, no cumplen como modelos en los que se pueda practicar o simular algún procedimiento, por lo tanto, su función es muy reducida. Aun así, la venta de estos modelos tiene un precio muy elevado y son difíciles de adquirir.

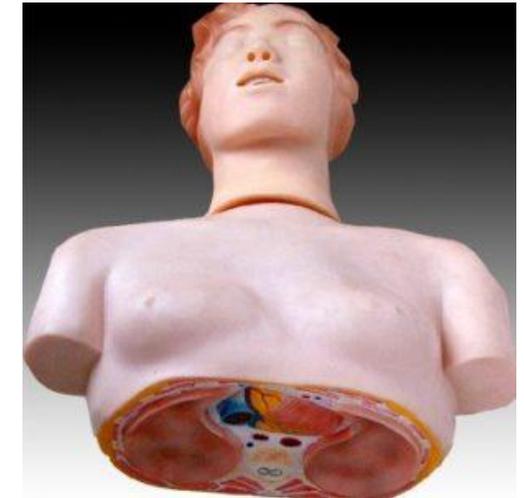
Modelos Anatómicos Química Manuel Humberto Madrid Sánchez E.I.R.L. Es una empresa dedicada específicamente a la venta de modelos anatómicos y de herramientas para la investigación y estudio de la medicina en Chile, a continuación, se puede observar algunos de sus productos con sus respectivos precios:



\$97.876



\$61.052



\$534.637

FIGURAS 27,28,29: Modelos anatómicos. (<https://www.modelosanatomicos.cl/> ).

Según lo observado en la página web los precios fluctúan entre los \$15.000 hasta los \$1.200.000 aproximadamente, pero los que tienen menor costo van enfocados a la educación escolar, ya que son modelos simples y con poca información a diferencia de los de mayor precio, enfocados a estudiantes de medicina que necesitan más datos y detalles anatómicos.

## 4.3. ESTADO DEL ARTE INDIRECTO.

4.3.1. juegos didácticos que entrenen la motricidad y el desarrollo de una buena movilidad manual, de extracciones y cortes dentro de cavidades pequeñas.

Además de modelos relacionados con la medicina, existen otras herramientas que faciliten el desarrollo de la práctica sensorial experiencial, pudiendo fusionarse sus características tecnológicas y conceptuales, con los modelos anatómicos impresos en 3D. Entre ellas se encuentran las siguientes:

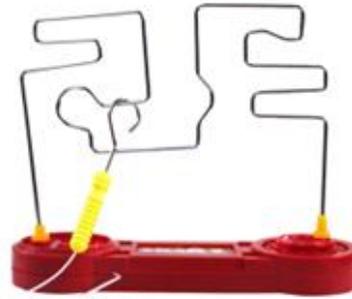
- Juego Operando de Hasbro:



Juego que conceptualiza la manera de “operar a un paciente” a través de elementos anatómicos caricaturizados, que deben

extraerse por medio de un sistema de corriente, sonido y luz que avise al jugador cuando comete un error. Se aferra a que entrena la paciencia y cuidado del usuario.

- Juegos de corriente leve:



Este juego, se maneja a través de corriente leve o luz, en el cual la herramienta circular no debe tocar el alambre de base al traspasarlo de un lado a otro. Es un juego simple de replicar. Apela a la concentración, paciencia y destrezas motrices.

- Equipo psicotécnico automotriz:



Este equipo, mide las habilidades físicas, psicológicas, de reflejos, motricidad y salud que requiere una persona que va a conducir un vehículo, para ello cuenta con diversas secciones.

---

# CAPÍTULO 5

## PROPUESTA DE DISEÑO

### 5.1. CONTEXTO

Para comenzar la etapa de diseño, cabe mencionar que la tecnología y la innovación está en constante avance y como diseñadora es fundamental vincular lo anterior en diversas áreas tan importantes como lo es la medicina y en particular la otorrinolaringología, innovación que facilite el aprendizaje y pueda mejorar el desarrollo de las capacidades motrices y experienciales en procedimientos fundamentales para un paciente como lo es una cirugía transesfenoidal endoscópica, enfocado en estudiantes que podrían salvarnos la vida en el futuro.

La cirugía transesfenoidal endoscópica, es cada vez más reconocida por la medicina

actual y es realizada con más frecuencia en el presente, sin embargo, existe un déficit notorio en su maestría y es ejercida por pocos especialistas en el país, por lo mismo su entrenamiento y estudio previo es necesario desde la base del estudiante y no al momento de ejercer, entregándole seguridad al futuro profesional y herramientas que lo ayuden a enfrentar de mejor manera las patologías del paciente y el mundo laboral.

La fase 0-1 del procedimiento requiere intervenir anatomía y cavidades del rostro que podrían afectar de por vida nuestro bienestar y aunque "solo sea el acceso y limpieza" a la fase más importante que es la extracción del tumor, no significa que sea simple y fuera de riesgos. Requiere de múltiples habilidades del profesional, para que pueda trabajar con sus dos manos, con muchísimo cuidado y con destreza, por anatomía muy pequeña y delicada de la cabeza.

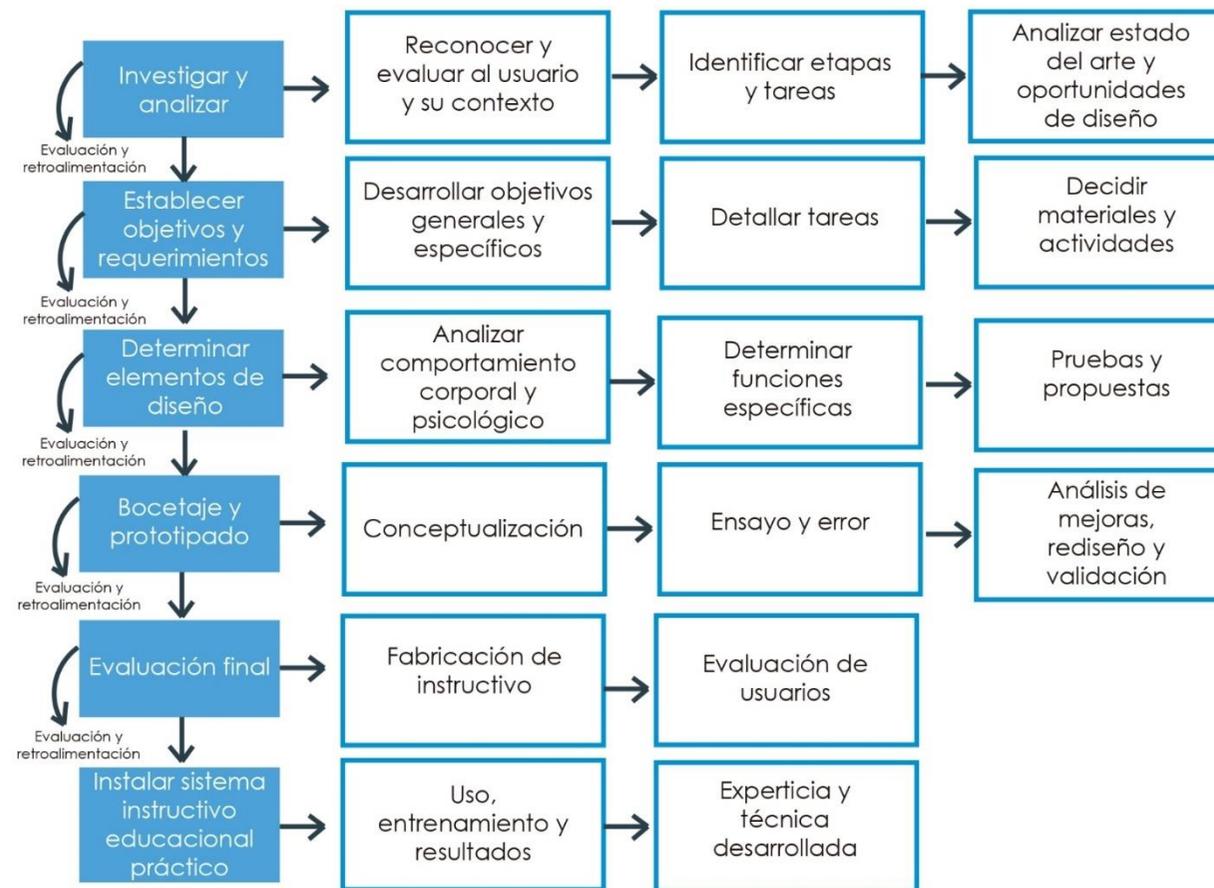
Es por todo lo anterior, que incluir un modelo de entrenamiento en la malla curricular del estudiante de otorrinolaringología, es

fundamental para su desarrollo profesional futuro, que ofrezca un procedimiento lo más parecido a la realidad quirúrgica, que simule los tamaños y cavidades anatómicas y que se destaquen y diferencien del resto de la anatomía no utilizada en el acceso a la cirugía transesfenoidal endoscópica. Fabricado a través de scanner e impresión 3D, didáctico, que incluya tecnologías simples, como sonidos o vibraciones que le permitan una práctica motriz en base a las repeticiones y al ensayo y error de los alumnos en formación. De fácil uso y traslado, comprendiendo que el usuario directo son jóvenes universitarios, incorporando manuales informativos o instrucciones de uso para guiarlos. Por último, debe ser asequible y accesible para todas las universidades o alumnos que necesiten adquirirlo, teniendo en cuenta la condición socioeconómica de los estudiantes y la relevancia de su implementación temprana, para el desarrollo de destrezas en los futuros profesionales que van a ejercer en el mundo de la medicina.

## 5.2. METODOLOGÍA Y SECUENCIA DEL DISEÑO.

Para el desarrollo de la propuesta de diseño en esta problemática en particular, se debe considerar que la principal función a cumplir es aportar experticia completa al estudiante que realizará la cirugía transfenoidal endoscópica en su futuro profesional, es por esto por lo que es fundamental contemplar la constante retroalimentación a la hora de entrenar a través del modelo por medio de tecnologías y en compañía de un profesional con experiencia.

Teniendo lo anterior en cuenta, se realizó un esquema como resumen a los pasos a seguir durante el proceso de diseño, tomando como referente el diseño instruccional debido a su principal enfoque, ya que se entiende por éste como “el diseño de experiencias de instrucción que hacen la adquisición de conocimientos y habilidades más eficiente, eficaz y atractiva” (Merrill, M. D.; Drake, L.; Lacy, M. J.; Pratt, J. (1996)). Se considera principalmente al usuario, el contexto, tipo de aprendizaje, el dominio, sistema y los requerimientos que determinarán el uso del diseño.



ESQUEMA 1: Elaboración propia

## 5.3. REQUERIMIENTOS

A partir de toda la información anterior y considerando las falencias observadas en los modelos de entrenamiento existentes en la actualidad, se consideran los siguientes requerimientos como esenciales para el buen diseño del prototipo y modelo de entrenamiento para otorrinolaringólogos. Como requerimientos esenciales se clasifican en 3: Muy importantes, importantes y deseables.

### Muy importante:

- Debe acercarse lo más posible a la realidad, tomando en consideración densidades, texturas y tamaños desarrollador a partir de scanner médicos reales. (escala 1:1)
- Debe incluir tecnología de mediana complejidad que indique puntos críticos vitales para el paciente en forma de alerta hacia el estudiante y como método de entrenamiento indicativo.

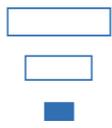
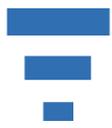
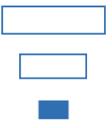
### Importante:

- Los modelos deben ser asequibles y accesibles para todos los estudiantes de ORL.
- Deben ser materiales que simulen las densidades y texturas internas intervenidas.
- Debe entenderse la anatomía principal afectada, diferenciándola del resto del cráneo. Por ejemplo, huesos principales, arterias o nervios, con colores llamativos y diferenciados.

### Deseable:

- Deben ser materiales que sean compatibles con las herramientas quirúrgicas, ya que el usuario trabajará con ellas para entrenar con el modelo de forma más "real".
- El modelo debe ser sencillo de usar, almacenar y transportar, debido al contexto del estudiante. Además, se debe incorporar instructivo de uso para mejorar el rendimiento.
- Se espera conseguir materiales que no afecten de mayor manera al medio ambiente.

Continuando con el análisis de los requisitos, en comparación con el estado del arte directo, se espera que las variables se encuentren de la siguiente manera:

			
Costo	Destrezas a entrenar	Complejidad en el uso	Atractivo visual
			

De esta manera, conservar un costo bajo, en un modelo que entrene destrezas motrices, analíticas, prácticas y visuales, además de ser de fácil entendimiento (que no necesite capacitación previa) y por último que tenga un buen diseño y atractivo visual, útil e innovador para los estudiantes de ORL.

Para finalizar la parte teórica de esta investigación, es necesario mencionar las habilidades que se esperan entrenar en el estudiante de forma detallada, ya que éstas serán sometidas a constantes evaluaciones por medio del modelo propuesto, intentando lograr un desarrollo significativo en la evolución de sus aptitudes a través de las **repeticiones** en el entrenamiento didáctico instructivo, considerando que en algún momento logren realizar el **procedimiento sin cometer errores, ni de precisión ni de etapas del desarrollo quirúrgico.**

Según la diseñadora Alejandra Oyarzo las habilidades se catalogan en 2 grupos, perceptivas y motoras. Considerando las mencionadas por ella más algunas nuevas reconocidas se tienen las siguientes:

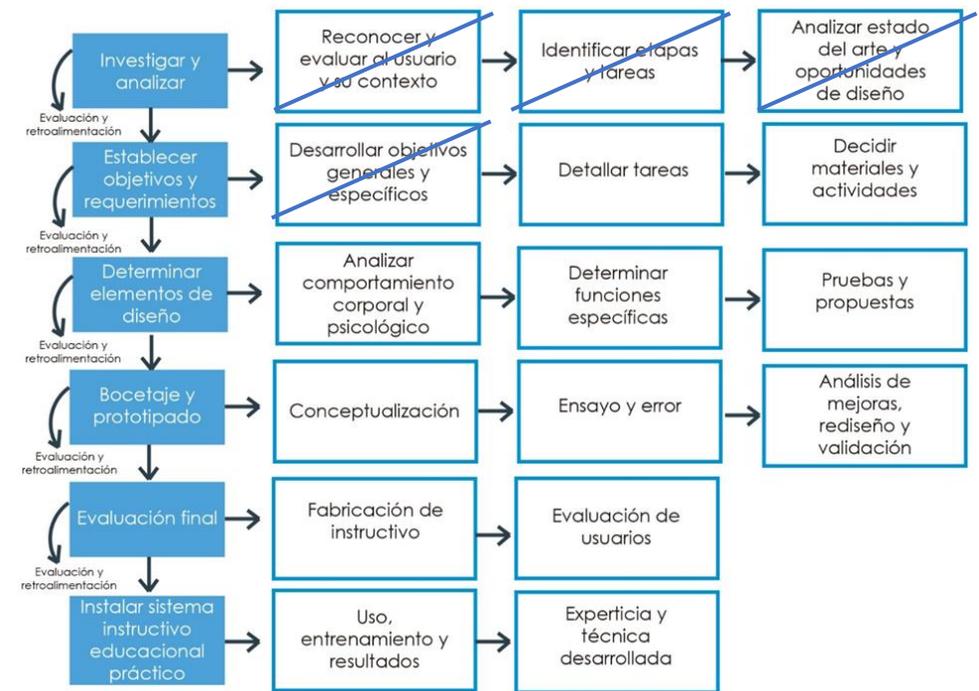
#### Habilidades perceptivas:

- Visión Bidimensional.
- Coordinación Visomotora.
- Ubicación espacial.
- Reconocimiento de distancias.
- Navegación adecuada.
- Reconocimiento de anatomía por medio de densidades y texturas.

#### Habilidades motoras:

- Coordinación y control del movimiento en campo quirúrgico reducido.
- Control y coordinación precisa de ambas manos simultáneamente.
- Control estático del objeto con mano no dominante por largos períodos.
- Alternación de la posición respecto de los instrumentos.
- Precisión de movimientos.
- Precisión de fuerza aplicada.
- Velocidad de uso.
- Ciclos de uso.
- Inserción paralela respecto al Endoscopio.

Las materialidades, los tamaños, conceptos, densidades y orden de prioridades de cada etapa o anatomía a considerar serán discutidas constantemente con profesionales con experiencia y estudiantes de la profesión, tomando en cuenta las solicitudes de expertos con experiencia, ideas preestablecidas y problemáticas reconocidas y considerando a los estudiantes, su contexto y sus dificultades base como futuros usuarios, entendiendo directamente sus requerimientos con fundamentos y pruebas concretas de cada caso.



Analizando el esquema de diseño instruccional, se debe considerar el proceso que se ha completado hasta el momento para comenzar desde ese punto el desarrollo de ideas para una propuesta de diseño.

Es por esto por lo que, a continuación, se detallaran tareas específicas durante el acceso anatómico a la silla turca que debe realizar un especialista en ORL.

# CAPÍTULO 6 ELEMENTOS DE DISEÑO

## 6.1 DETALLAR TAREA

Para comprender cuál es en detalle el paso a paso a seguir en la fase 0-1 de la cirugía transesfenoidal endoscópica se necesita investigar a fondo cómo se realiza el procedimiento y poder resumirlo de manera que pueda replicarse en el modelo anatómico.

### fase 0

1.El equipo de neuroendoscopia (monitor, fuente de luz y cámara) se coloca a la izquierda del paciente a la altura de la cabecera de la camilla.

2.Los neurocirujanos y otorrinolaringólogos se colocan a la derecha de la camilla, de frente a los monitores, y a la izquierda de la mesa de instrumentación.

3. Una vez posicionado el paciente, se procede a realizar una primera limpieza con yodopovidona en la región nasal, maxilar y peribucal. Luego se da paso a la topicación de la mucosa nasal con algodones embebidos en adrenalina u oximetazolina, con el objetivo de lograr vasoconstricción local para disminuir el sangrado durante la realización del abordaje. Paso esencial con el especialista anestesiólogo.



FIGURA 28: Imagen de noticias médicas Medsbla “**Vía transesfenoidal, la más adecuada para tumores de hipófisis**” (<https://noticias.medsbla.com/>)

## fase 1

1. Elección de fosa nasal, dependiendo de la anatomía del paciente y práctica del profesional. Balancear colores y enfoque de la cámara.
2. Insertar endoscopio.
3. Reconocer cornete inferior y medio, piso de la fosa nasal (hueso maxilar superior) y septum nasal.
4. Recorrer con endoscopio toda la cavidad, hasta la coana para explorar y reconocer el área y contexto del paciente.
5. Generar corredor nasosinusal "ampliando" la cavidad para que llegue más luz, reclinando los cornetes inferior y medio hacia lateral utilizando un disector y algodón embebido con adrenalina y lidocaína para evitar erosión y sagrado de la mucosa.
6. Si la amplitud del canal no es suficientemente amplia, es necesario realizar la turbinectomía media a través de tijeras que seccionan la base de implantación.
7. En caso de realizar abordaje extendido y se necesite más espacio, se debe realizar la etmoidectomía anterior, compuesta por sección de la apófisis unciforme y la bulla etmoidalis. Éstas se remueven para mejorar campo visual y espacial.
8. Generado el corredor nasosinusal, se inspeccionan y se identifican los límites de la coana, la turbina superior, el receso esenoetmoidal y finalmente el ostium esfenoidal (parte del seno esfenoidal que se comunica con el sector posterior de las fosas nasales a través de dos orificios), objetivo máximo al cual llegar.
9. Confección de Rescue Flap o colgajo nasoseptal de rescate: Tallado de dos incisiones horizontales del plano sagital, una superior (a 2cm de techo de fosas nasales) e inferior (sobre el hueso maxilar superior). Se diseca

mucosa del septum nasal preferentemente con coagulación monopolar con punta de colorado, debido a su precisión y menor daño colateral por diatermia (técnica dónde se aplica corriente de alta frecuencia que acelera metabolismo de células que alivia la inflamación).

10. Incisión 1: Se inicia en el borde inferior del ostium esfenoidal (habitualmente se encuentra a unos 2 cm del techo coanal), prolongando esa incisión hacia adelante unos 4 cm. En este punto de la cirugía es importante destacar que esa incisión horizontal debe discurrir a no menos de 1,5 cm del techo de las fosas nasales, con el objetivo de no lesionar el epitelio olfatorio inmerso en esa porción más alta de la mucosa septal.

11. Incisión 2: Es paralela a la previa, que comienza en la unión del techo y la pared medial de la coana, descendiendo hacia el piso de la fosa nasal, siguiendo hacia sobre la cresta del hueso maxilar superior, hasta la unión mucoepidermoide en el extremo más anterior de la narina.

12. Con ayuda de una pinza fenestrada, se pliega cuidadosamente el colgajo y se lo acomoda y reserva en el interior de la rinofaringe a través de la coana.

13. Continúa con la realización de la septectomía posterior, la cual se lleva a cabo resecano la lámina perpendicular del etmoides (utilizando bisturí N° 11) en conjunto con el vómer hasta su articulación con la espina del esfenoides.

14. Se crea una cavidad única entre las dos fosas nasales, con una exposición completa del rostrum esfenoidal, generándose así el verdadero abordaje bilateral que permitirá maniobrar la óptica y el instrumental a través de ambas fosas nasales, considerando no extraer la mucosa, sino recortarla como colgajo o cortina.

15. La fase concluye con la exposición completa del rostrum esfenoidal y con la exposición de ambos ostium esfenoidales, los cuales serán la puerta de entrada al seno esfenoidal.

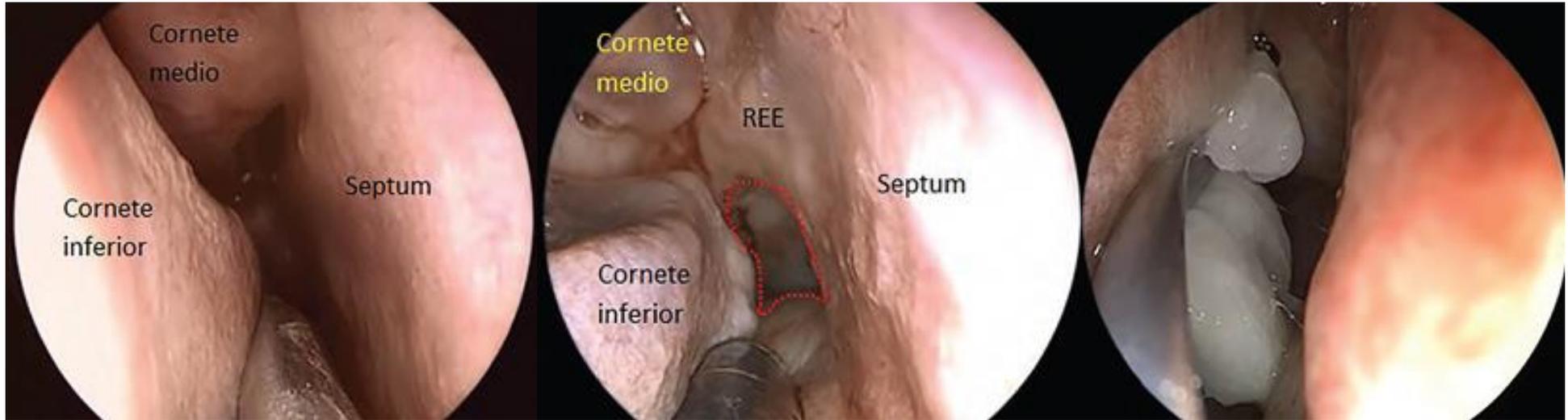


Figura 29: Primer reconocimiento de fosa nasal derecha, siguiendo la cola de la turbina inferior de insinúa la coana.

Figura 30: Identificación de los límites coanales (líneas rojas).

Figura 31: Se reclina comete inferior hacia lateral.

(Información paso a paso y figuras 29, 30 y 31 recolectadas de Arévalo, Seclen, Herrera, Rojas, Vallejos, Mural. Hospital Alta Complejidad en Red El Cruce S.A.M.I.C. Argentina, 2015)

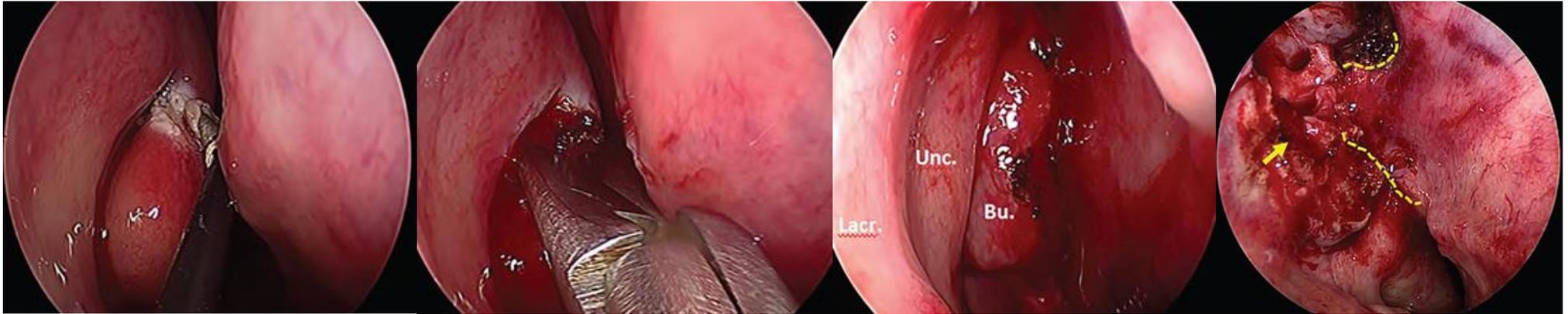


FIGURA 32: Turbinectomía media: se coagula la base de implantación del cornete media donde comenzara la sección.

FIGURA 33: Mediante tijera, se secciona y desciende la turbina hasta su individualización por completo.

FIGURA 34: Se exponen los elementos etmoidales que hemos de remover al realizar la etmoidectomía anterior: la bulla etmoidalis (Bu.), la apófisis unciforme (Unc.) y el conducto lacrimonasal (Lacr.).

FIGURA 35: El receso esfenoetmoidal: en su profundidad discurre la arteria esfeno palatina. Nótese el defecto de la etmoidectomía (flecha).

(Figuras 32, 33, 34 Y 35 recolectadas de Arévalo, Seclen, Herrera, Rojas, Vallejos, Mural. Hospital Alta Complejidad en Red El Cruce S.A.M.I.C. Argentina, 2015)

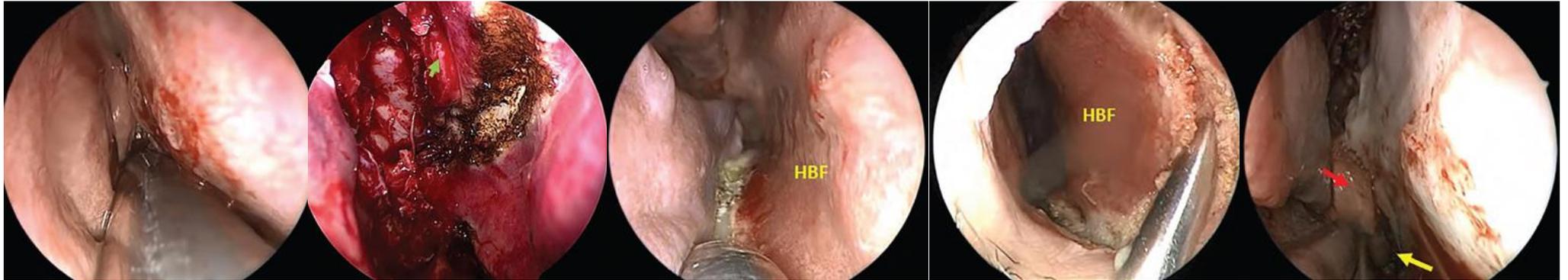


FIGURA 36: Se comienza la incisión superior inmediatamente por el borde inferior del ostium esfenoidal.

FIGURA 37: Progresa la incisión superior en forma recta a 2 cm del ápex de las fosas nasales (para preservar el epitelio olfatorio, señalado con una flecha verde).

FIGURA 38: Incisión horizontal inferior del HBF. De ser necesario, la misma puede realizarse sobre el borde más externo del piso nasal.

FIGURA 39: Incisión anterior uniendo las dos previamente talladas.

FIGURA 40: Septum nasal posterior (óseo) denudado. Se aprecia el pedículo del HBF (rojo) reservado en la coana (amarillo).

(Figuras 36, 37, 38, 39 y 40 recolectadas de Arévalo, Seclen, Herrera, Rojas, Vallejos, Mural. Hospital Alta Complejidad en Red El Cruce S.A.M.I.C. Argentina, 2015)

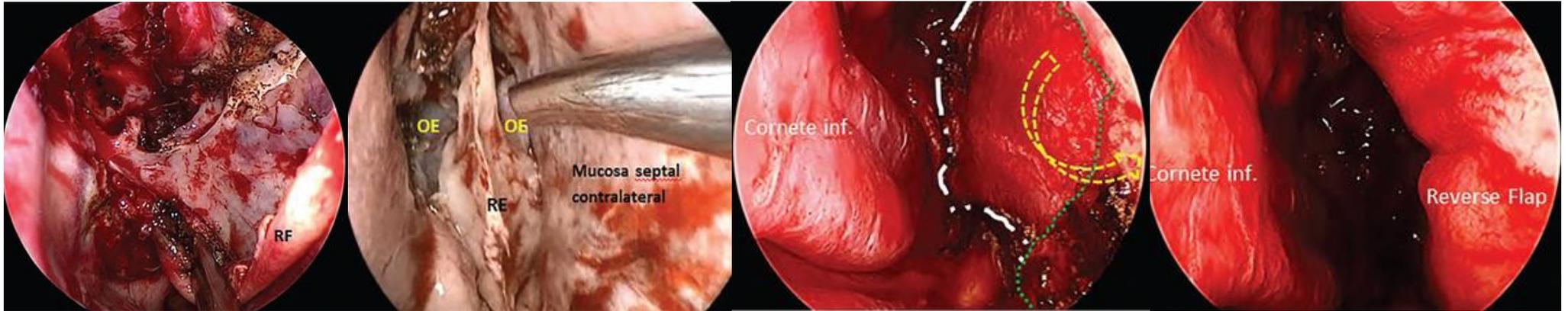


FIGURA 41: "Rescue" Flap (RF). Se expone el septum posterior, descendiendo el colgajo, pero sin completar la incisión anterior.

FIGURA 42: Septectomía posterior realizada. Se expone el rostrum esfenoidal (RE) y ambos ostiums esfenoidales (OE). A la derecha, mucosa septal contralateral.

FIGURA 43: Reverse Flap. Se incide la mucosa nasal contralateral (blanco) para cubrir el septum anterior desnudo (verde) tras la confección de HBF. La flecha indica el plegamiento de dicho sector de mucosa.

FIGURA 44: Reverse Flap posicionado correctamente.

(Figuras 41, 42, 43 Y 44 recolectadas de Arévalo, Seclen, Herrera, Rojas, Vallejos, Mural. Hospital Alta Complejidad en Red El Cruce S.A.M.I.C. Argentina, 2015)

## 6.2 ERRORES FRECUENTES

Debido a la complejidad anatómica y las extensas actividades que debe realizar el especialista durante el acceso quirúrgico, nos enfocaremos en los frecuentes errores o dificultades que pueden ocurrir durante el proceso, para luego elegir el más riesgoso e intentar emular esa zona en el modelo anatómico.

### Error 1:

Se puede lesionar el orificio lacrimonasal, ocurre cuando la trepanación se realiza muy alta en el cuadrante anterior del meato inferior, en ese caso en los días posteriores a la intervención aparece lagrimeo.

### Error 2:

Si durante la cirugía se sospecha de fractura o rotura de la Lámina Papirácea (hueso plano del etmoides), se debe realizar una maniobra de presión orbitaria y observar simultáneamente si

se acompaña ésta de salida o herniación de grasa periorbitaria. Esta complicación suele suceder a menudo, si se ocasiona un defecto pequeño en la Lámina Papirácea y no se rompe la delgada cápsula fibrosa que contiene a la grasa periorbitaria, no se tendrán secuelas importantes. La maniobra de presión orbitaria debe realizarse sutilmente para no ocasionar lesiones oftalmológicas y debe evitarse dentro de lo posible, en pacientes con Lentes Intraoculares.

### Error 3:

En ocasiones, la celda de Onodi (celdillas etmoidales posteriores) puede estar muy neumatizada y llevar a confusión al creer que se ha penetrado en el seno esfenoidal.

### Error 4:

“Acceso al seno frontal en la parte superior del infundíbulo etmoidal, donde se puede identificar el relieve que la arteria etmoidal produce en la base del cráneo, para realizar la aperturas de las celdillas se utilizan pinzas de

Blakesley-Weil de 45 o 90°. La ampliación del receso se realiza hacia la pared anterior, porque la posterior es frágil y puede producirse la entrada en cavidad craneal. **Para evitar la penetración del Fosa Craneal anterior, a través de la lámina cribosa es importante notar la depresión y elevación del surco olfatorio y evitar la disección de la inserción medial del Cornete Medio.”**

(Lobato, Martínez, Algaba.2014)

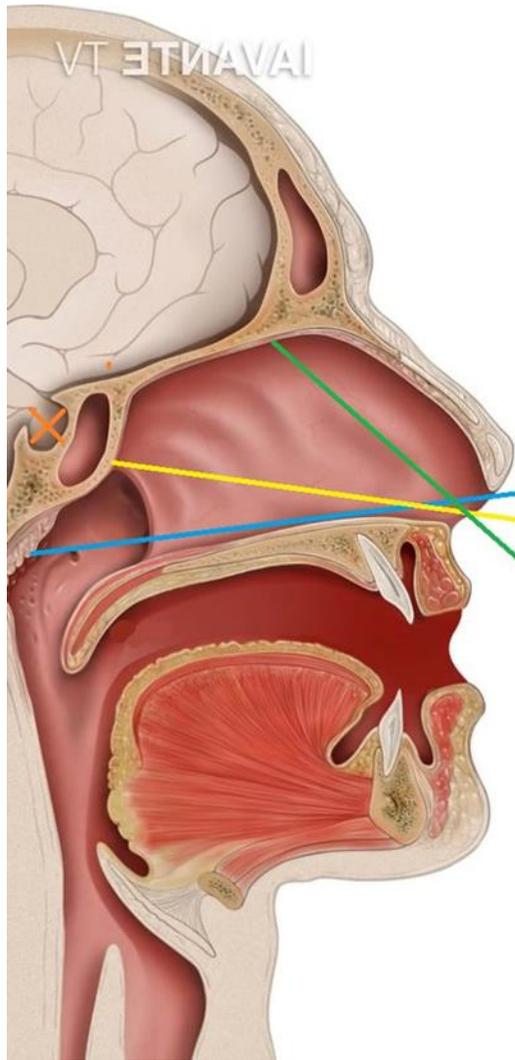
### Error 5:

Ruptura del techo etmoidal, entrando en la fosa cerebral anterior y dejando como secuela una fístula de líquido cefalorraquídeo. Si se detecta durante el acto quirúrgico se debe intentar reparar con fascia, pasta de hueso o cola de fibrina.

Existen descritos casos de pérdida visual por lesión del nervio óptico. El concepto más importante es que el procedimiento quirúrgico se debe realizar bajo observación directa. Si la hemorragia no permite la correcta visualización, es necesario concluir el procedimiento.

En base a lo anterior se decide replicar en el modelo de entrenamiento el error N° 5, ya que tiene contacto directo con la fosa cerebral, complicado el procedimiento en su totalidad y poniendo en mayor riesgo al paciente.

## Formas de acceso:



PCR → acceso a proteínas

Daña "seno esfenoidal", cavidad que tiene la función de producir mocos, que humedecen el aire y lo calientan. justo detrás, se encuentra la Hipófisis (gandula pituitaria)

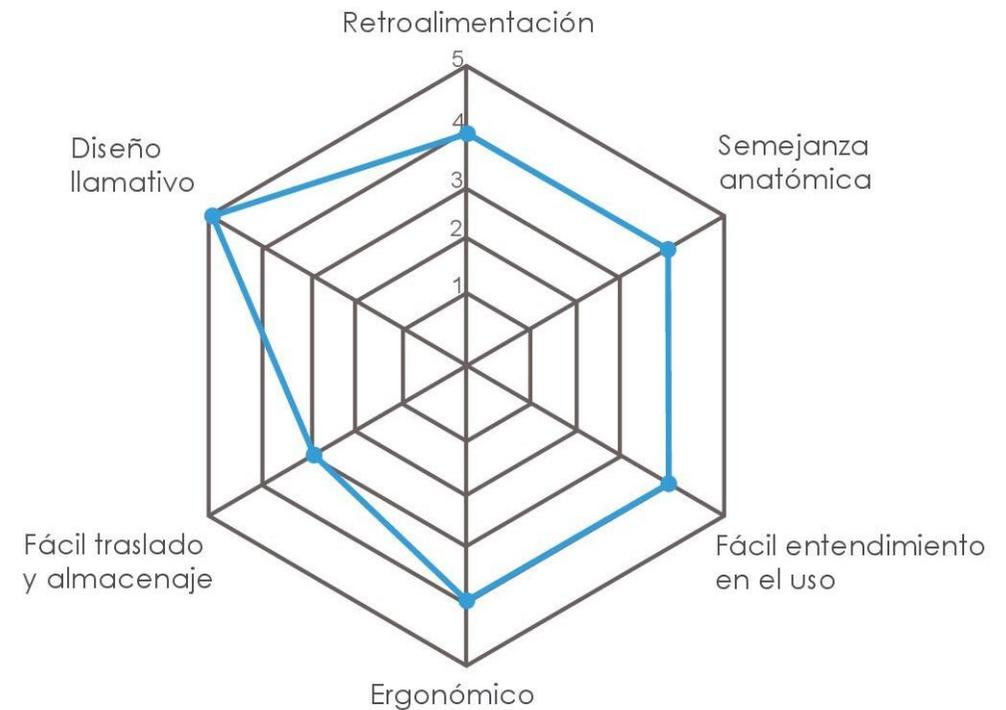
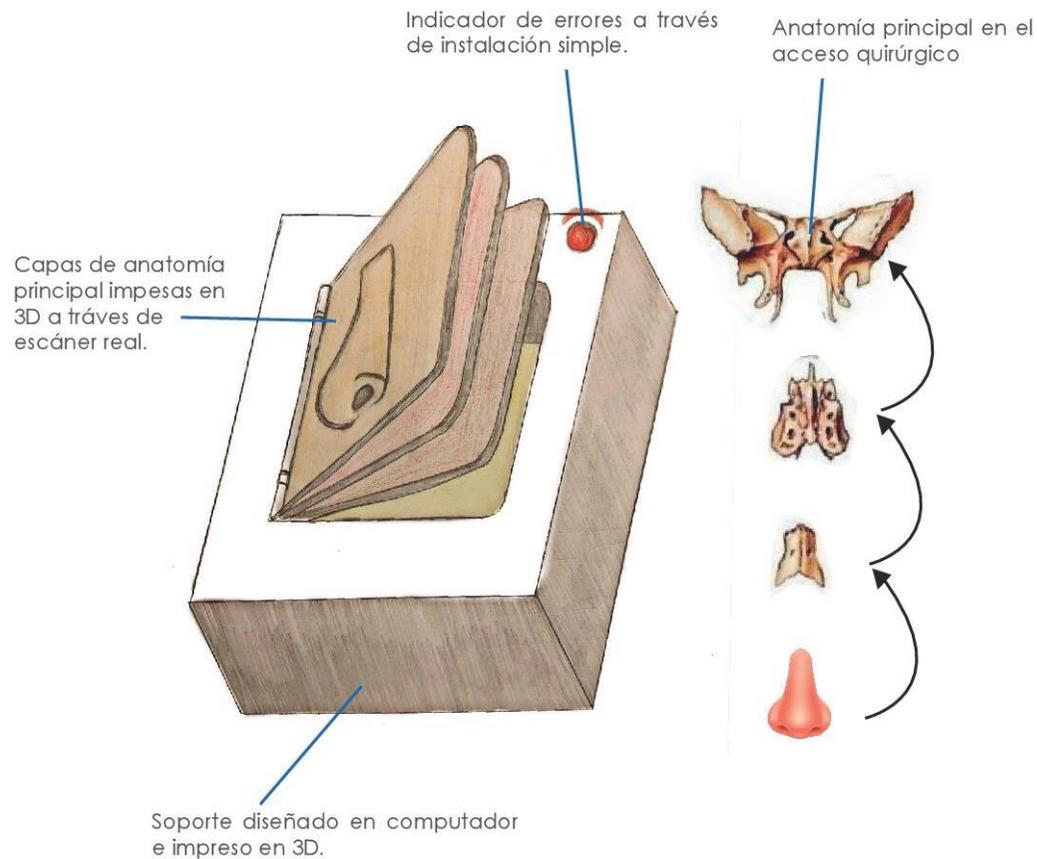
Puede dañar sensibilidad del olfato, dañar la "lamina cribosa del etmoides" masa ósea que protege el cerebro, capa de hueso muy porosa si el bastoncillo entra por un poro puede romper la membrana hematoencefálica que protege

## 6.3 LLUVIA DE IDEAS

# LLUVIA DE IDEAS

# A

Modelo anatómico que separa por capas diferentes materialidades dependiendo de la anatomía, facilitando la visualización y el entendimiento del proceso quirúrgico.

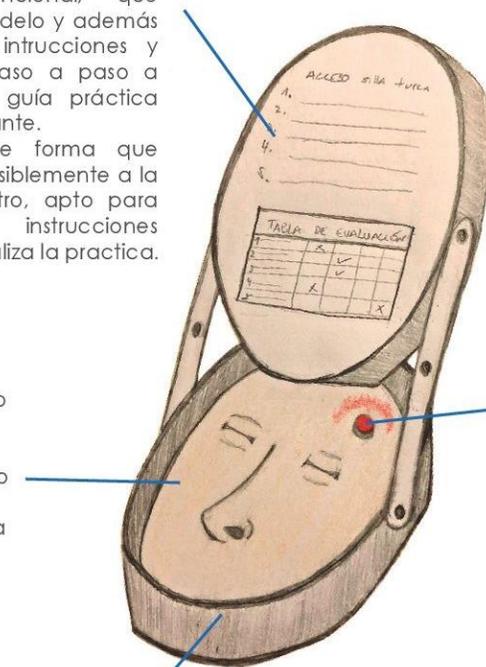


# LLUVIA DE IDEAS

**B** Modelo anatómico que sintetiza la parte anatómica que se utiliza en el acceso a la silla turca, con una tapa que contiene los pasos a seguir y un cuadro de registro.

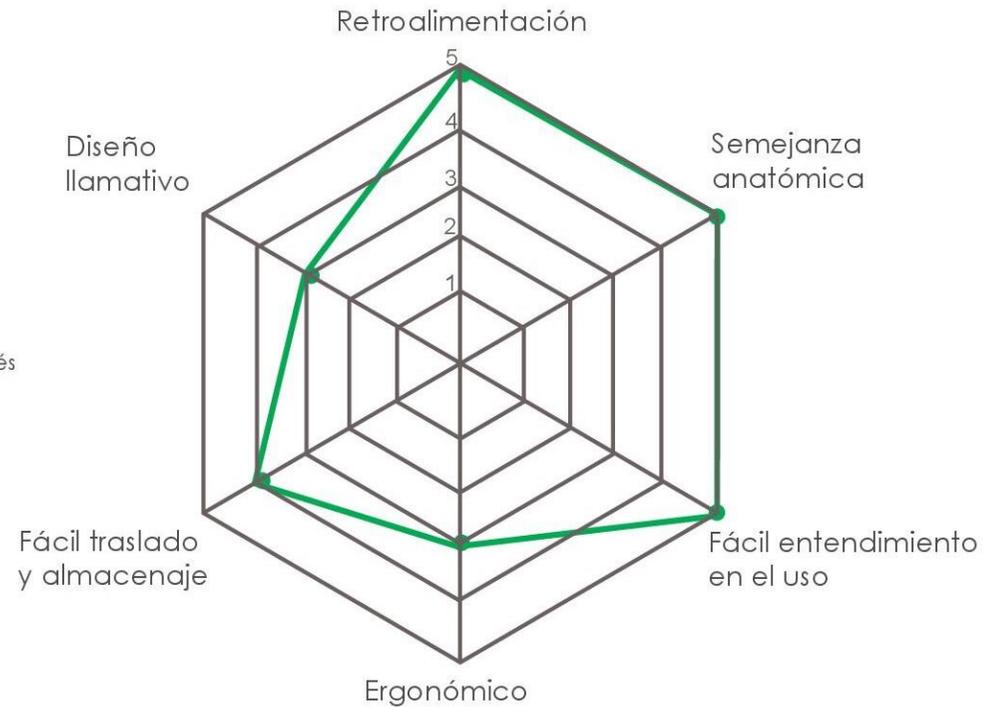
Tapa multifuncional, que protege al modelo y además contiene las instrucciones y registro del paso a paso a seguir, como guía práctica para el estudiante. Se reclina de forma que pueda estar visiblemente a la altura del rostro, apto para mirar las instrucciones mientras se realiza la practica.

Modelo anatómico impreso en 3D por medio de escaners médicos de un caso real, conservando solo el área a utilizar y visiblemente lo más parecido a la textura anatómica.



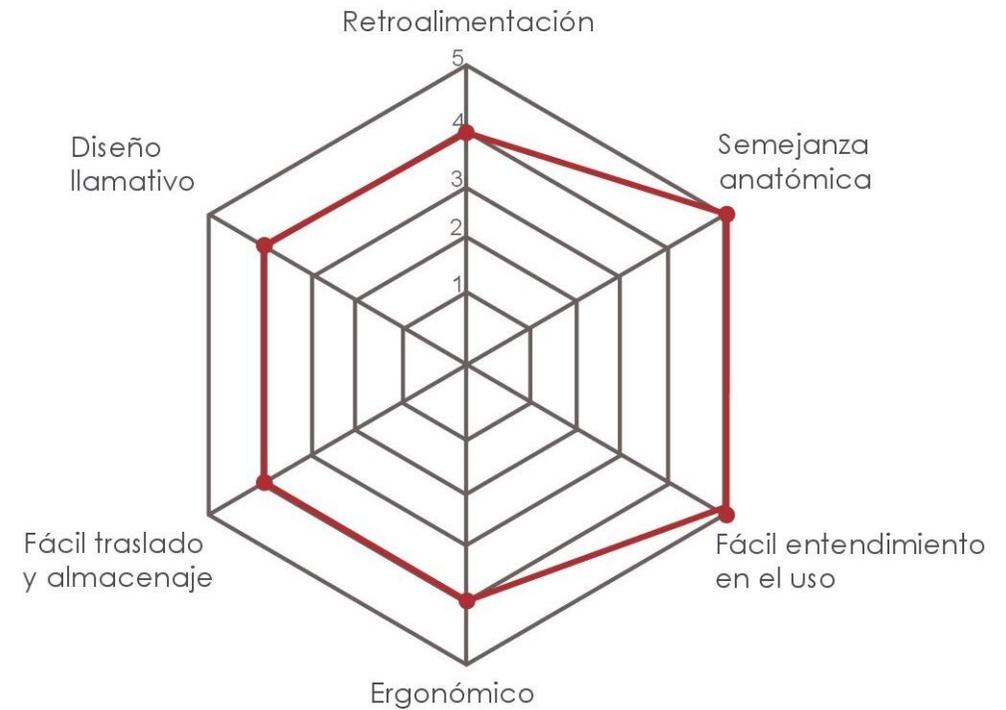
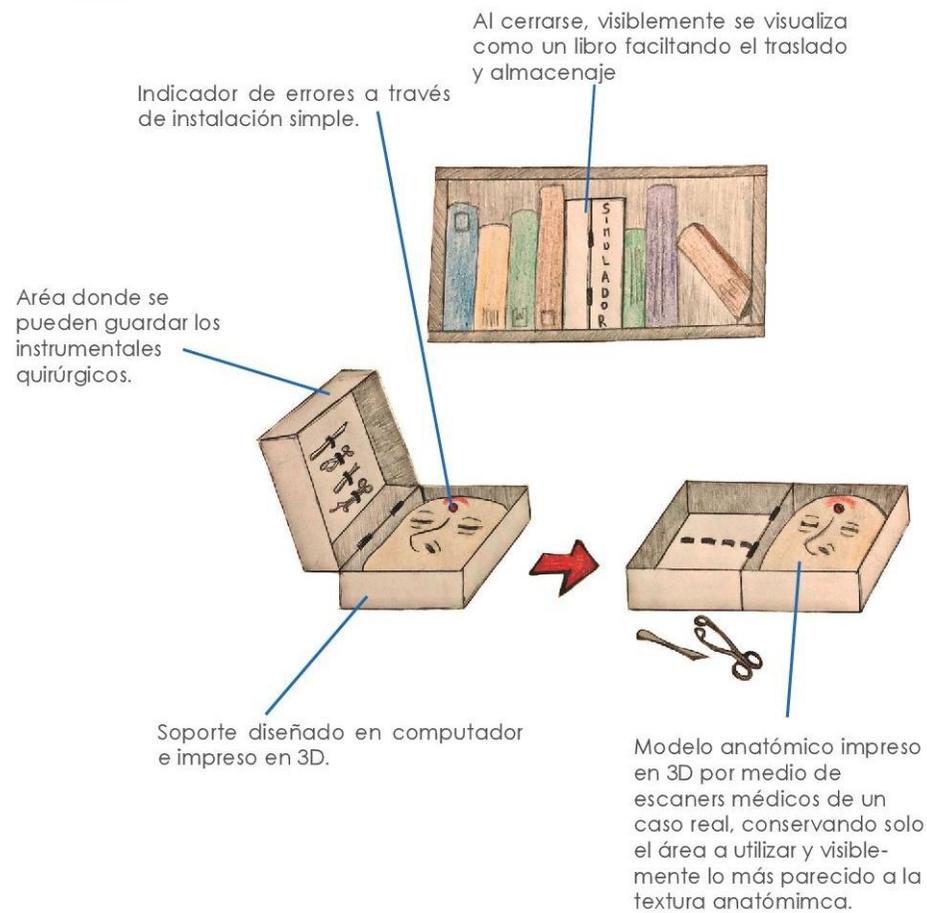
Soporte diseñado en computador e impreso en 3D, manteniendo la forma del craneo para no aumentar tamaño

Indicador de errores a través de instalación simple.



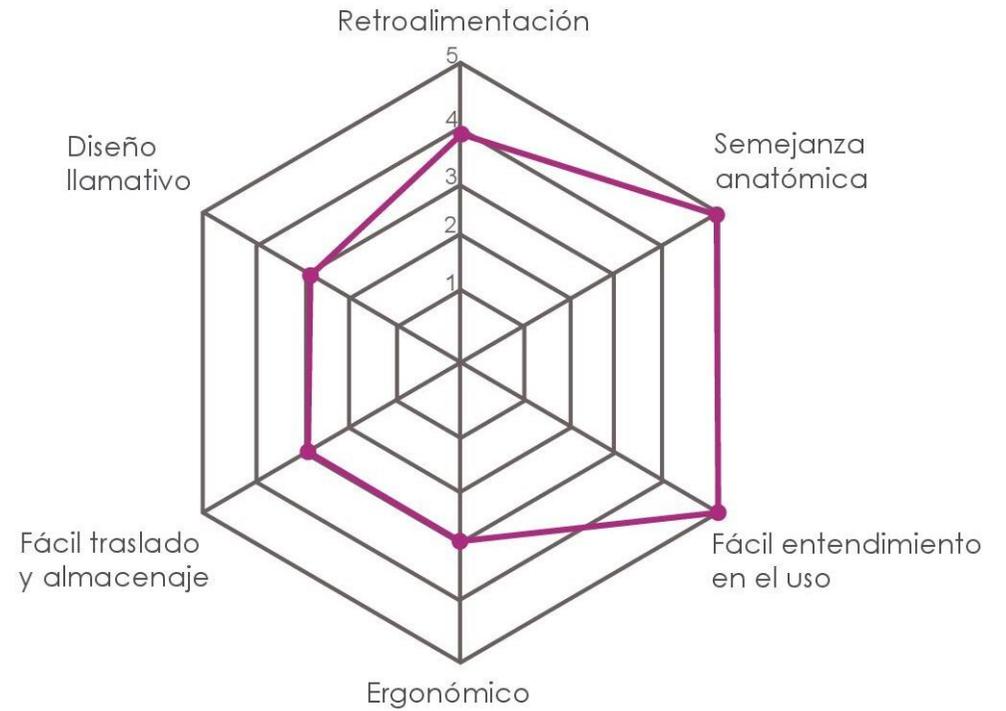
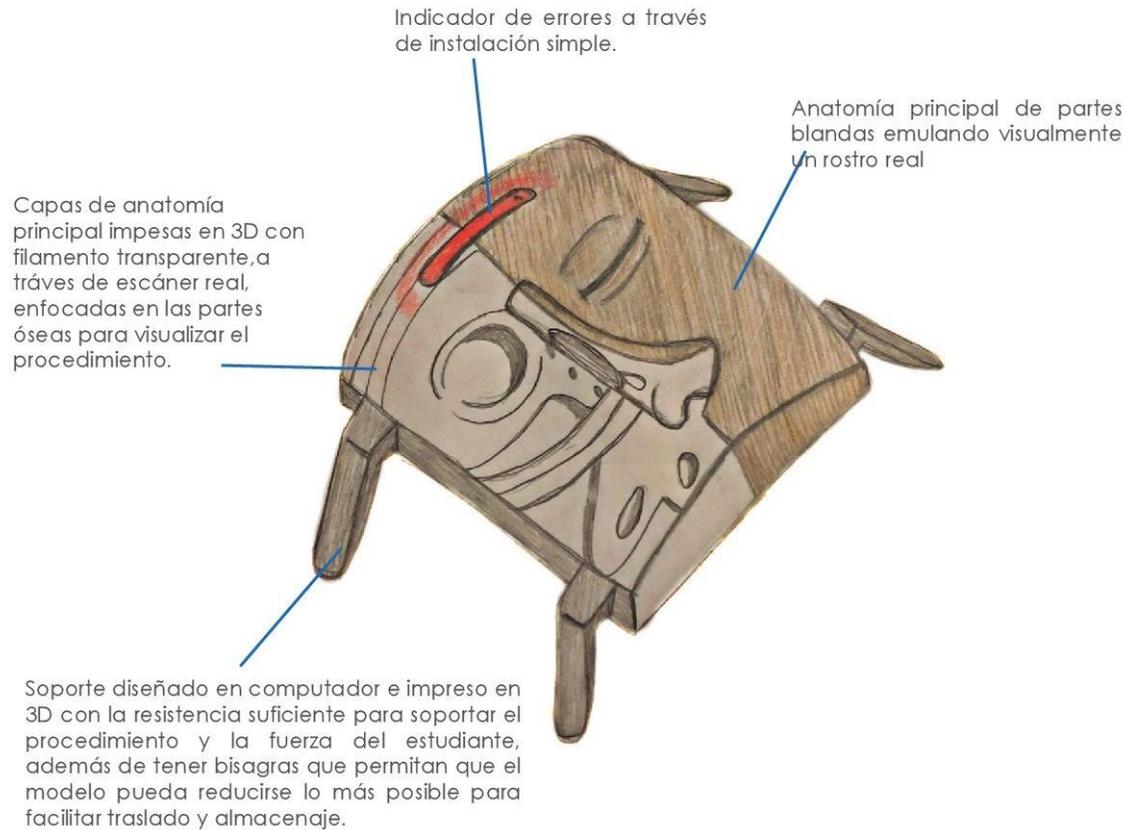
# LLUVIA DE IDEAS

**C** Modelo anatómico que se separa en 2 áreas (modelo y zona de instrumental quirúrgico) que al abrir amplía el campo de trabajo y al cerrar facilita el traslado.



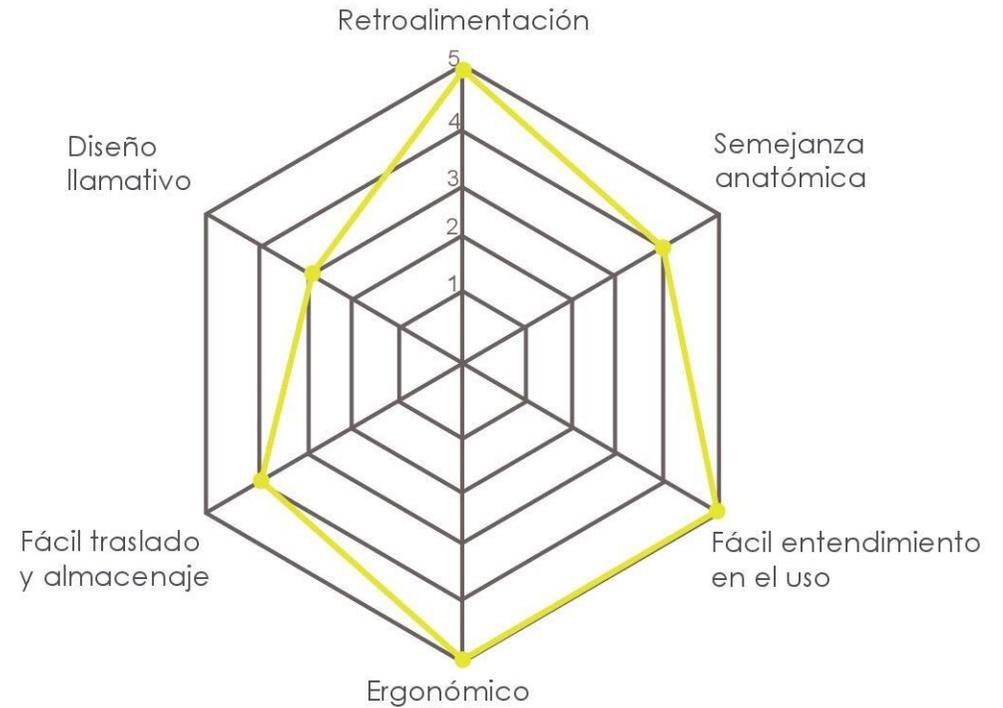
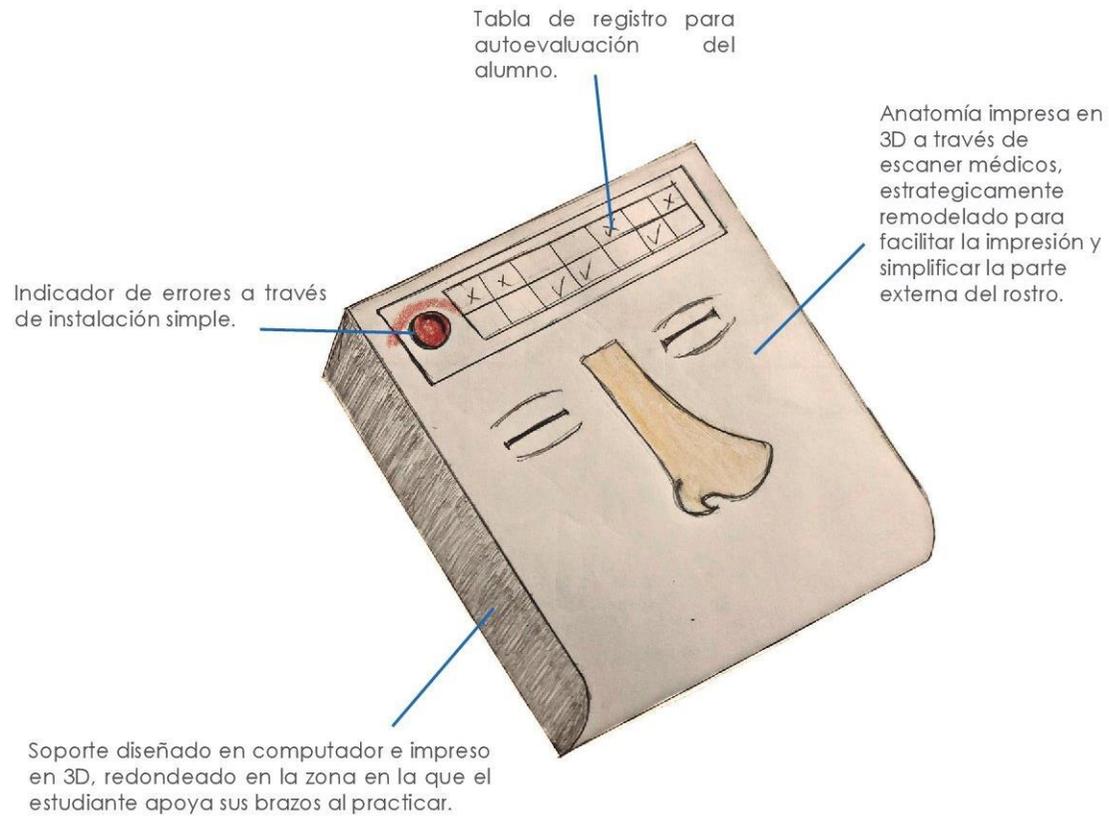
# LLUVIA DE IDEAS

**D** Modelo anatómico que separa en dos partes la capa externa de la anatomía del rostro, dividiéndola en una versión realista y otra transparente, sostenida por 4 patas reclinables.



# LLUVIA DE IDEAS

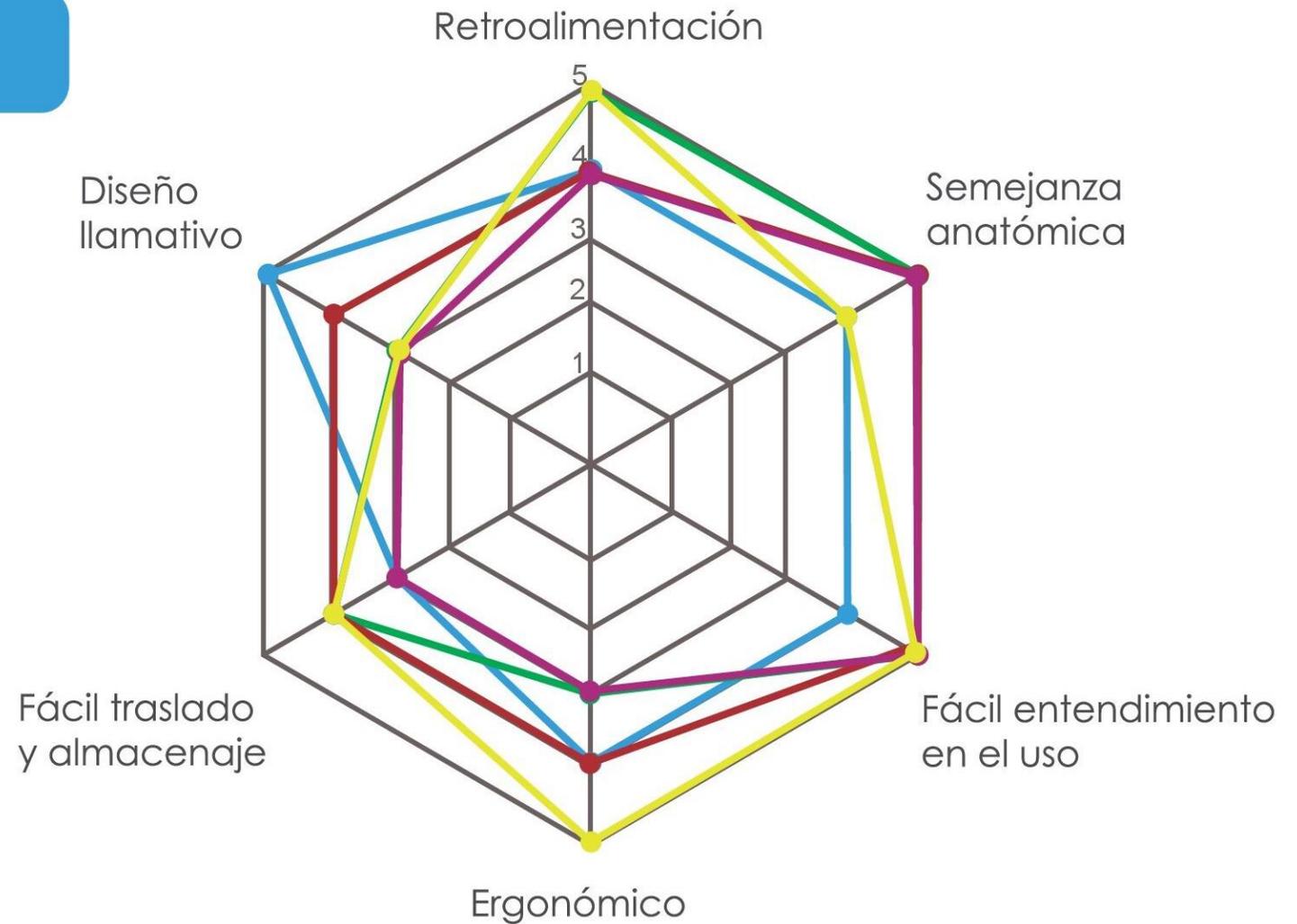
**E** Modelo anatómico muy simplificado externamente para facilitar el uso y traslado, con parte inferior redondeada para evitar incomodidad en el usuario.



# RESOLUCIÓN

M  
O  
D  
E  
L  
O  
S

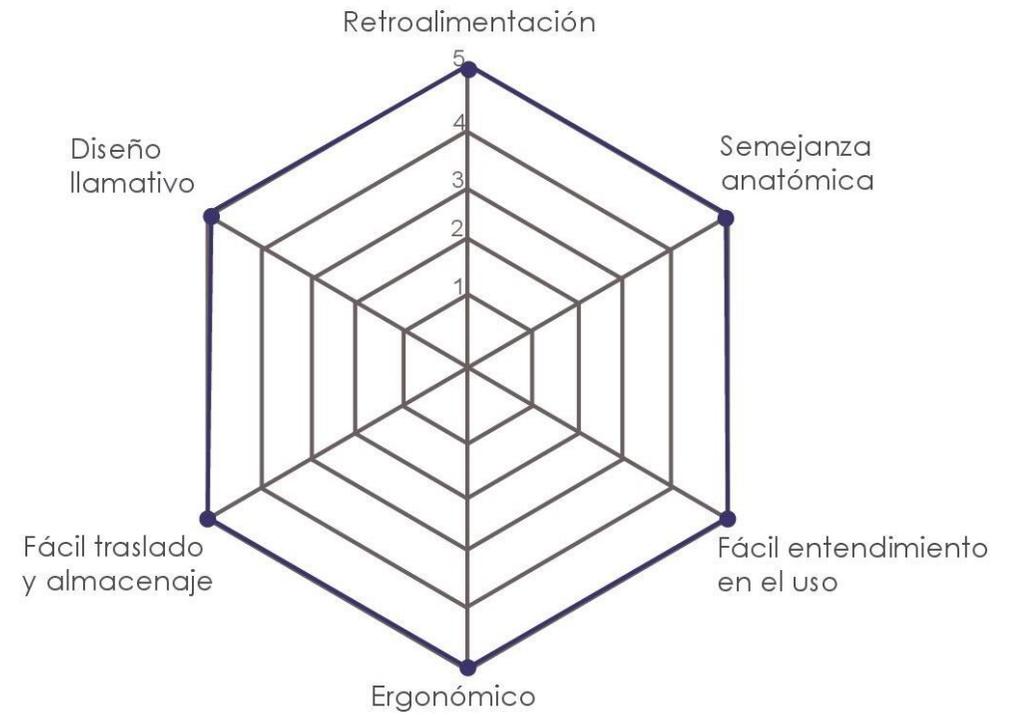
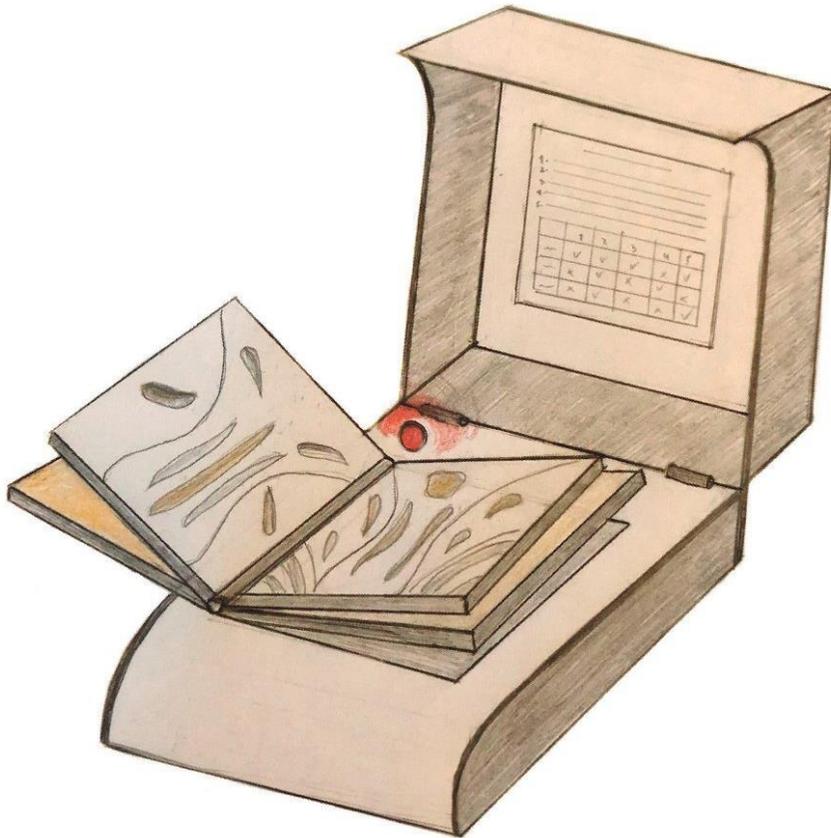
- A
- B
- C
- D
- E



En base a los resultados, se decide tomar los aspectos con mejor puntuación de cada modelo para hacer uno nuevo que contenga una mezcla de todos, de una manera más óptima.

# PROPUESTA

1 El modelo anatómico separa por capas diferentes materialidades dependiendo de la anatomía, facilitando la visualización y el entendimiento del proceso quirúrgico, con parte inferior redondeada y tapa de retroalimentación que ayuda al traslado y almacenamiento seguro.



# CAPÍTULO 7

## DESARROLLO DE PROPUESTA

### 7.1. DE ESCÁNER A MODELO STL.

Para comenzar a diseñar el modelo de entrenamiento en el computador, se necesita exportar el archivo entregado por el médico en el programa InVesalius.

El escáner posee toda la información anatómica del paciente, por lo que es un archivo muy pesado que no cualquier computador puede abrir o procesar. Además, abrirlo en el programa e intervenirlo puede tomar varios minutos, aún así, vale la pena esperar ya que eligiendo correctamente los parámetros que definen cada densidad anatómica, se puede lograr una región muy precisa para poder diferenciar en capas, por ejemplo, partes blandas, ligamentos, huesos duros o blandos, etc.

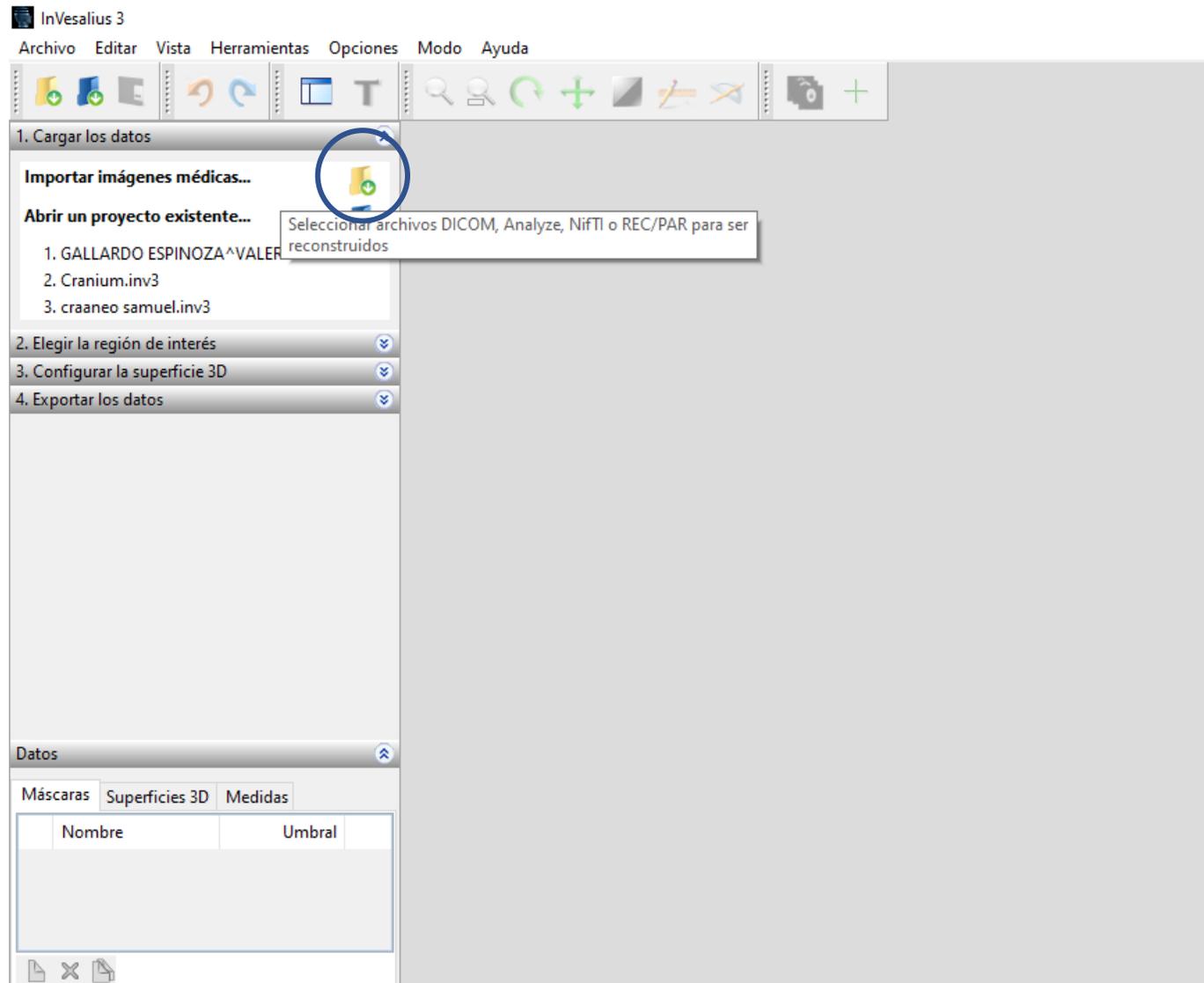


FIGURA 45: Elaboración propia.

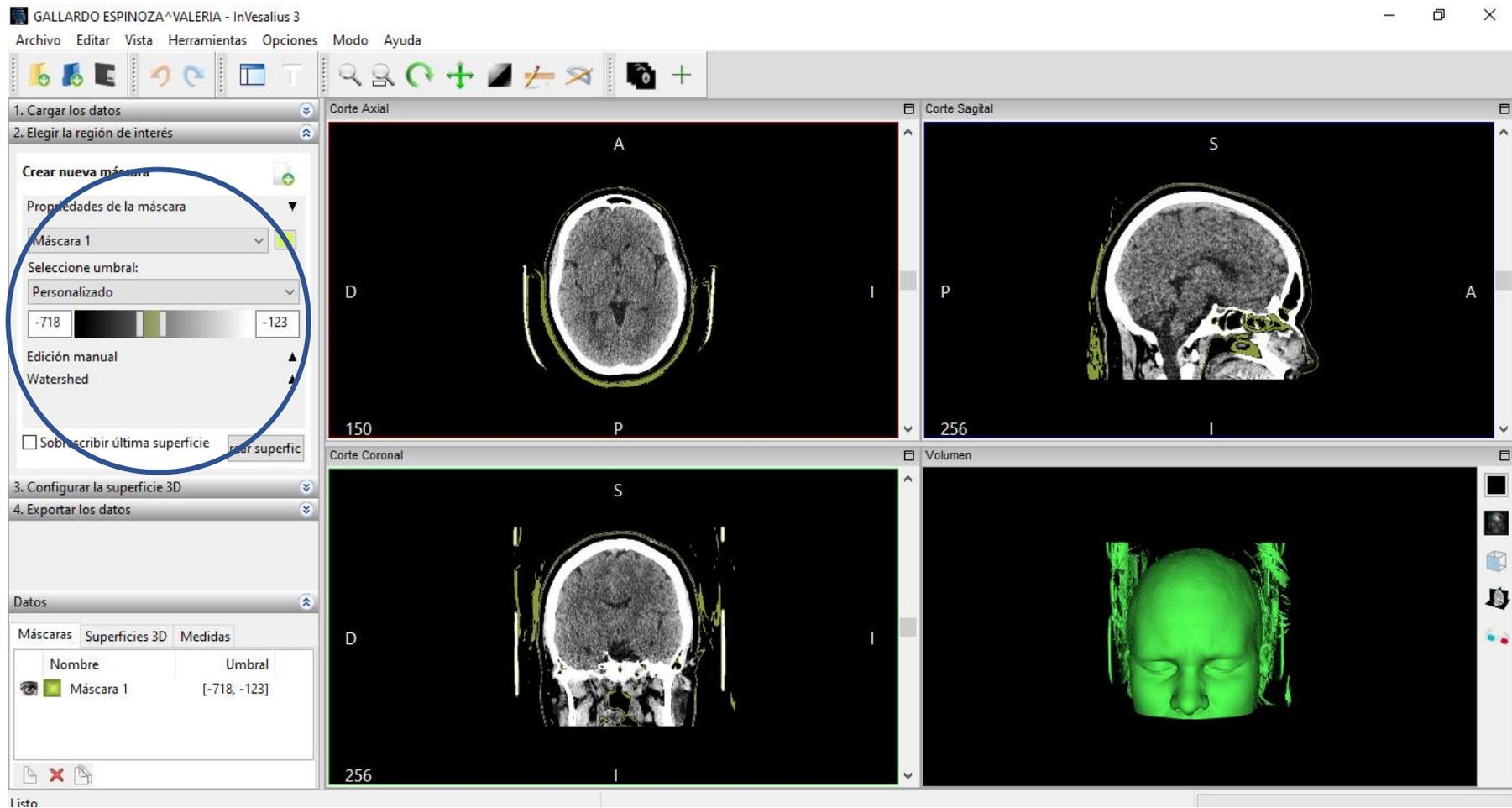


FIGURA 46: Elaboración propia.

La zona encerrada en el círculo azul, demuestra la parte del programa en la que se define la densidad anatómica de la capa que se está creando, en este caso la capa amarilla que está en ese rango corresponde a partes muy blandas y delicadas. En general más a la izquierda negro es más blando y a la derecha blanco es más duro como huesos o cartílagos.

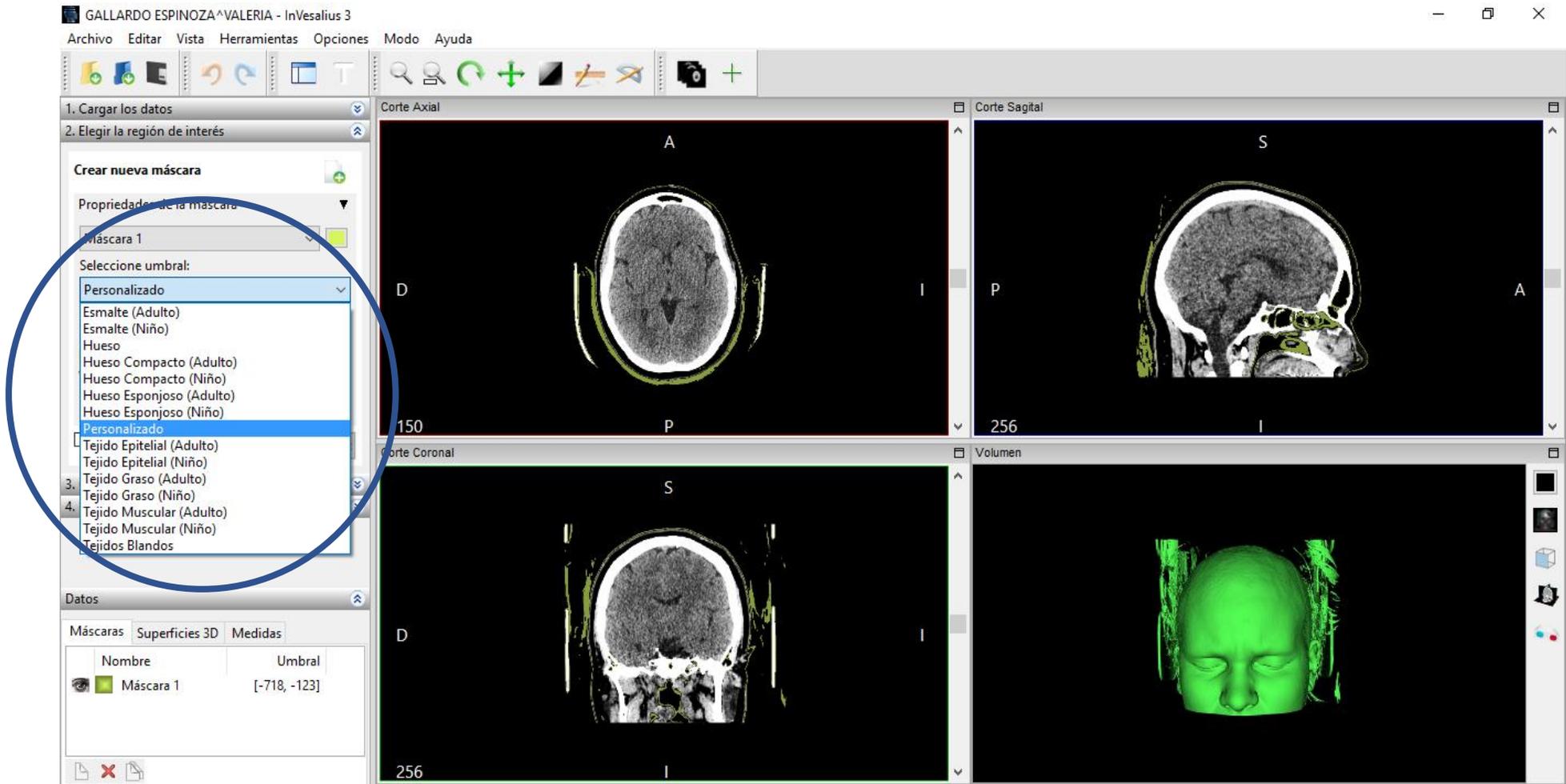


FIGURA 47: Elaboración propia.

EL programa tiene incorporado parámetros ya preestablecidos muy útiles para poder desarrollar las capas anatómicas, pero en nuestro caso en particular no fueron tan efectivas, ya que la zona que se necesita replicar tiene densidades diferentes y complejas en comparación al resto del cuerpo humano, por ejemplo, los huesos etmoidales son más blandos que lo que indica el programa como "huesos esponjosos" por lo tanto se tuvo que hacer de forma personalizada.

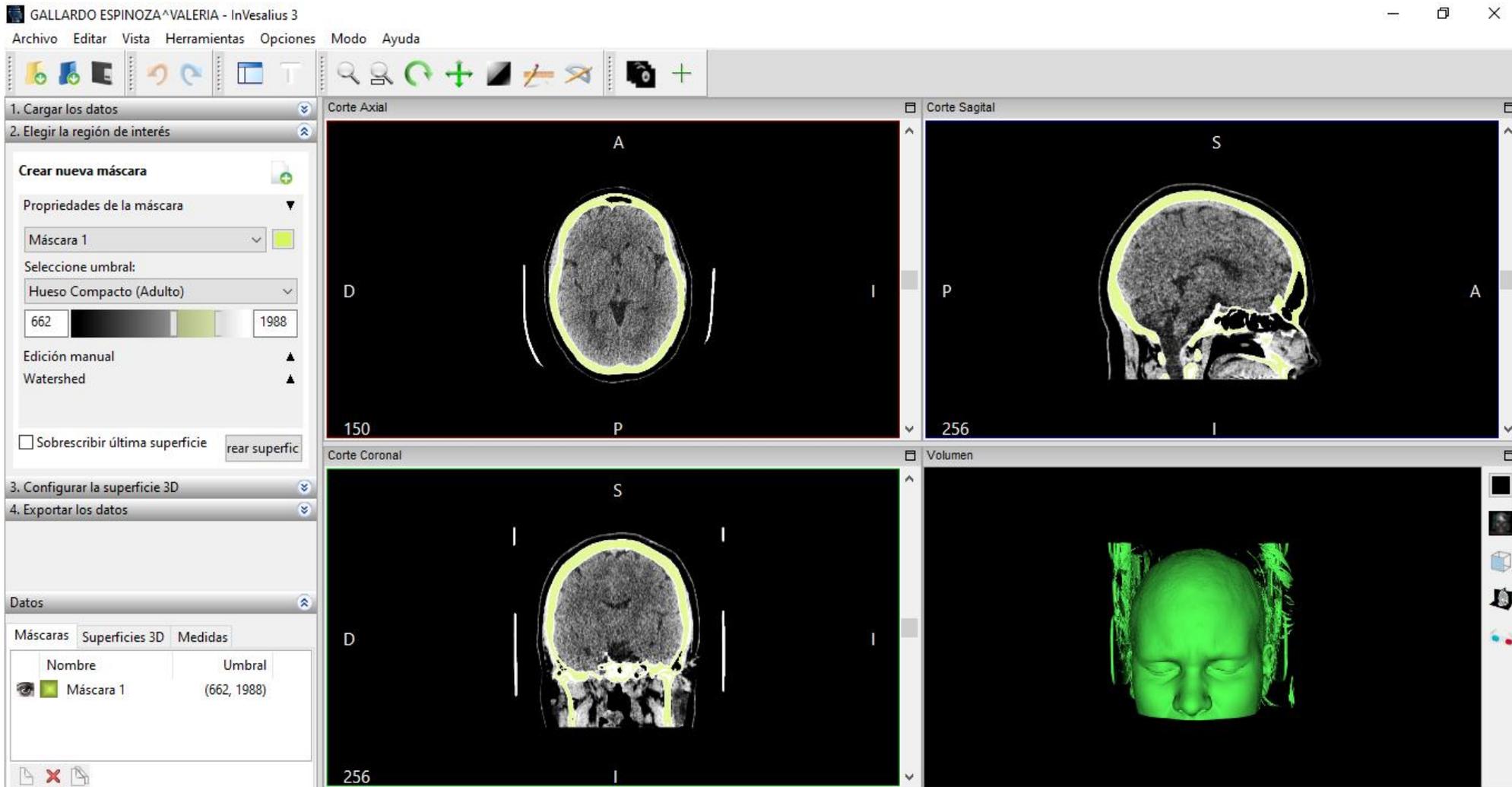


FIGURA 48: Elaboración propia.

Capa de partes blandas como piel, cometes, nervios, etc.

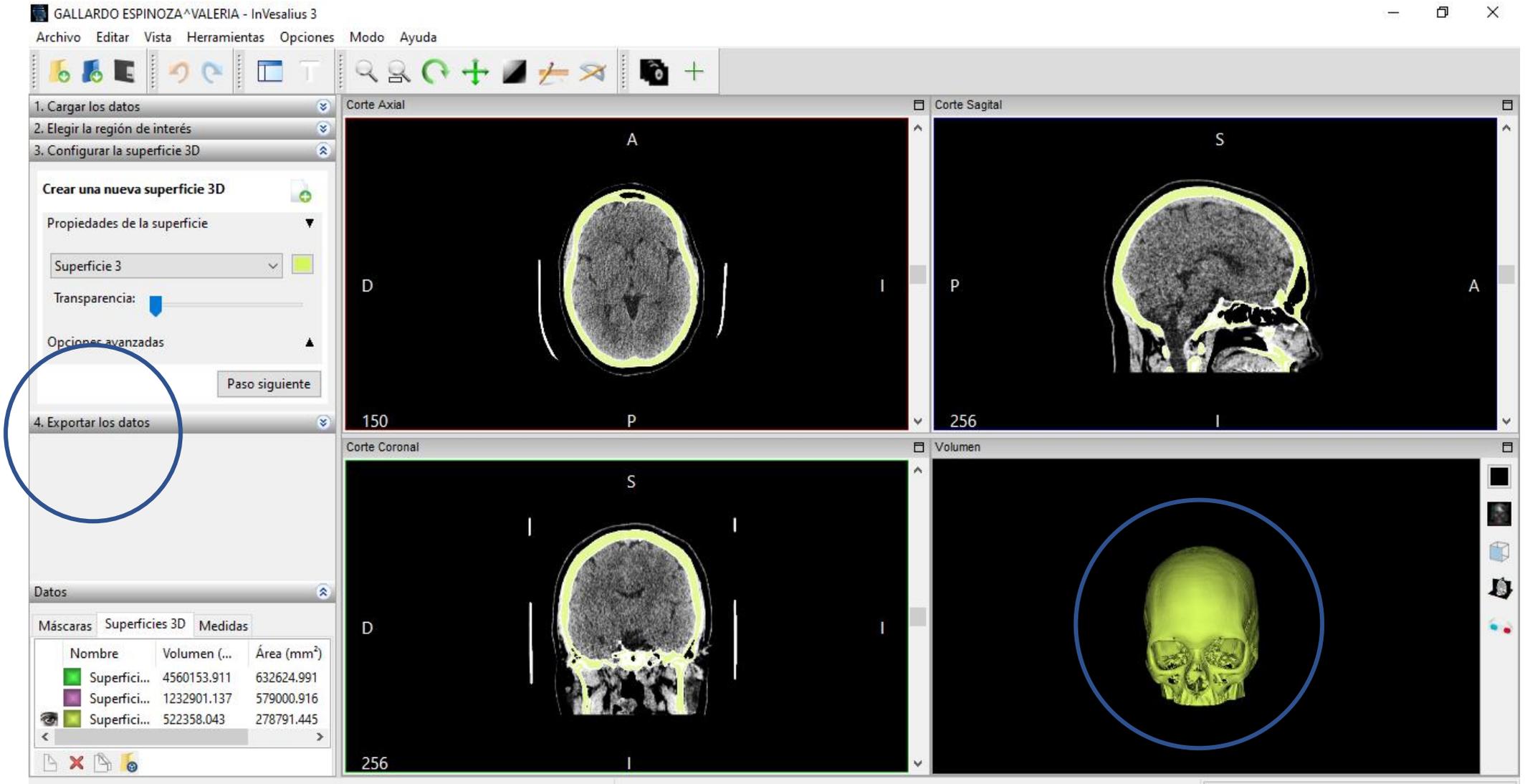


FIGURA 49: Elaboración propia.

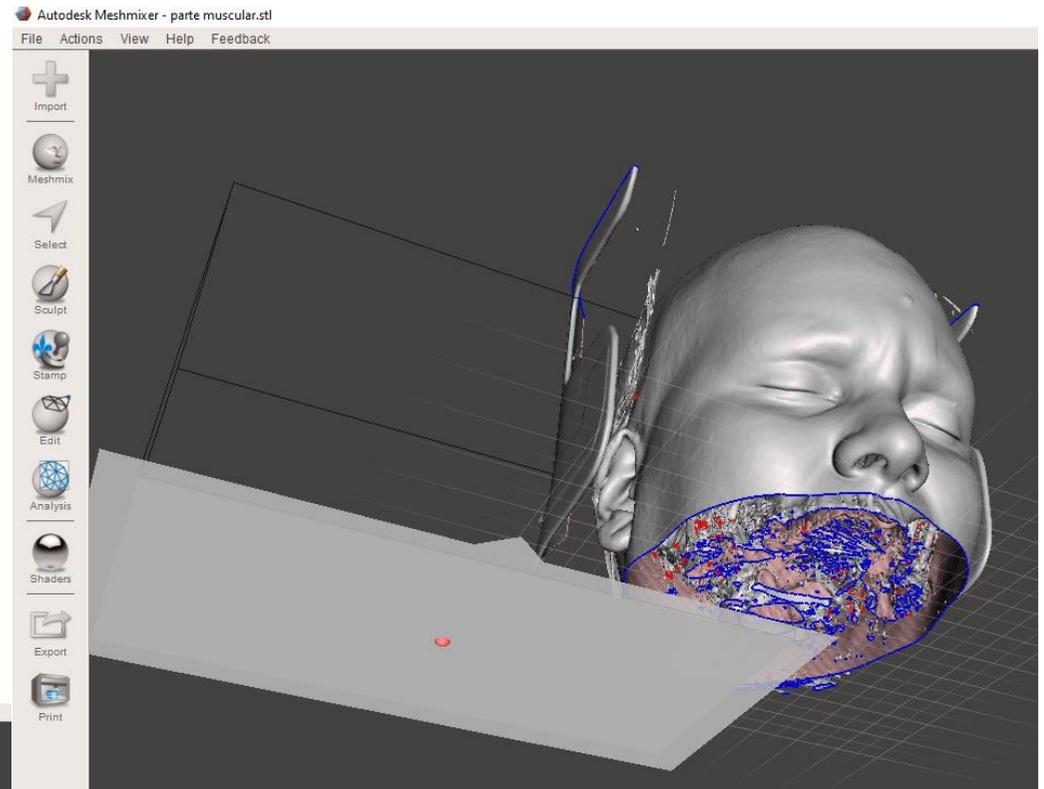
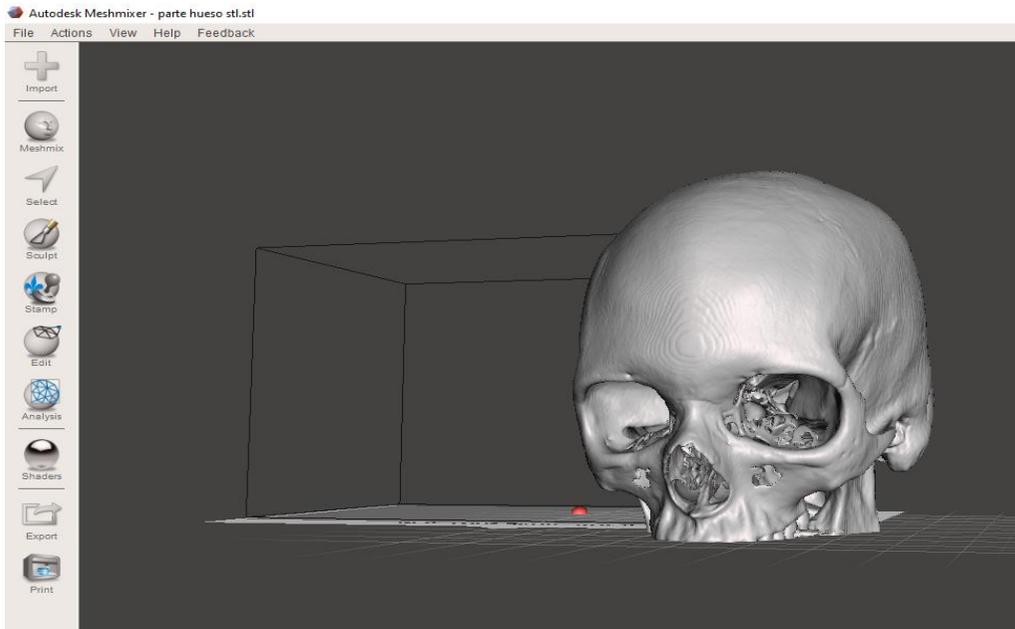
Capa de partes duras como etmoides, esfenoides, cráneo, etc. Luego de tener ambas capas listas se puede exportar el modelo en archivo STL para poder editarlo y diseñar en él, en diversos programas de modelación 3D.

## 7.2. MODELADO PROPUESTA 1

Teniendo el archivo listo en STL, se pudo abrir y editar en el programa Meshmixer, para mejorar el aspecto, corregir errores para la impresión y añadir características de diseño planteadas en la lluvia de ideas anteriormente.

El modelo es editable por separado, capas blandas y duras, por lo que facilita la edición y el trabajo minucioso.

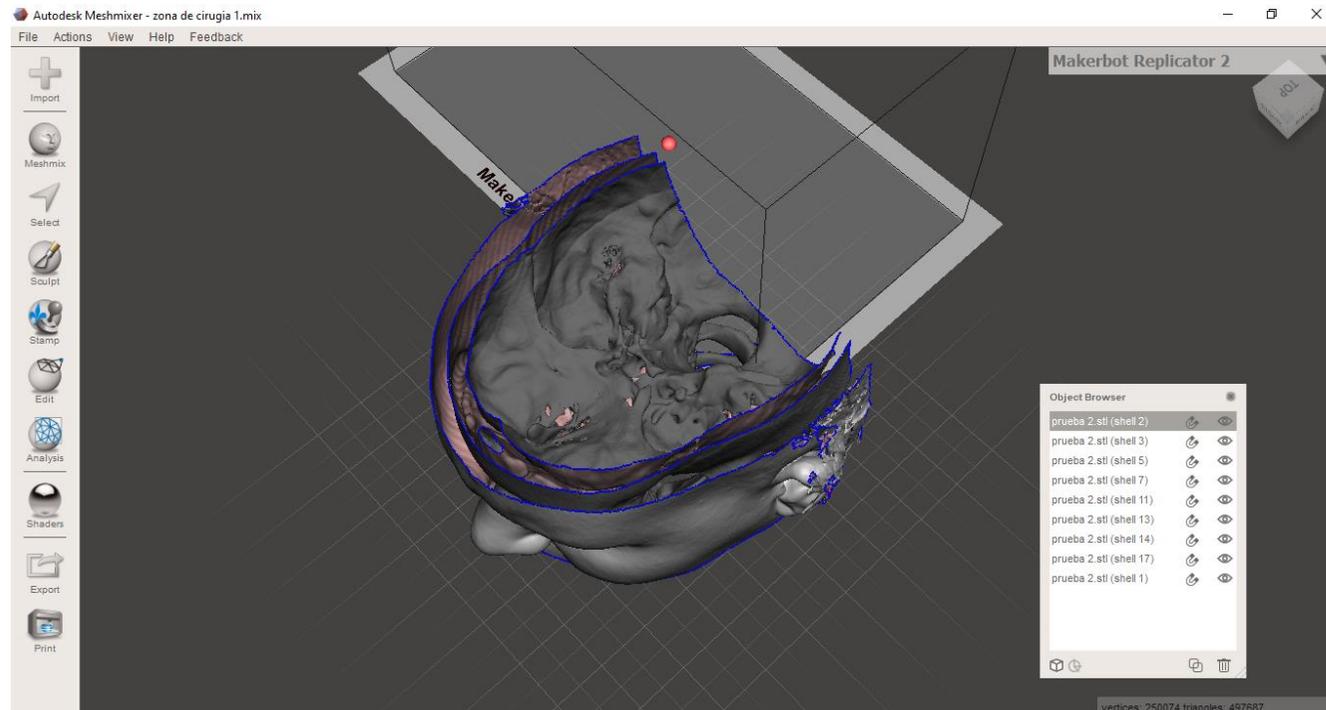
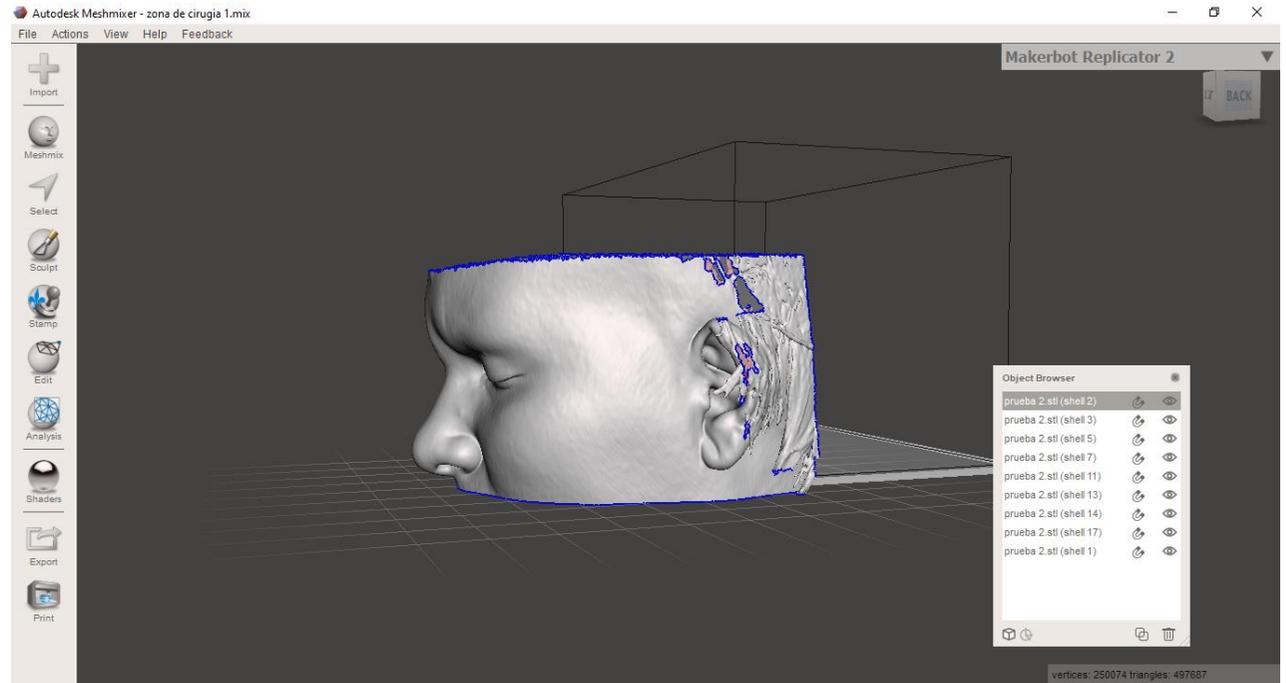
Además, tiene una herramienta de inspección automática que corrige relieves u orificios que complique la impresión 3D.



FIGURAS 50 Y 51: Elaboración propia.

Lo primero que se realizó en el modelo fue reducir el campo de trabajo, dejando sólo el área en la que se realiza la cirugía transfenoidal endoscópica y eliminar contenido que podría entorpecer la impresión como el cabello, partes blandas esparcidas por el cráneo, tapar irregularidades que no afectan la zona a trabajar y suavizar áreas rugosas.

Como siguiente paso se solidificó el espacio entre una capa y otra intentando mantener las capas editables por separado, pero creando un objeto unido que visualmente pareciera solo uno.



FIGURAS 50 Y 51: Elaboración propia.

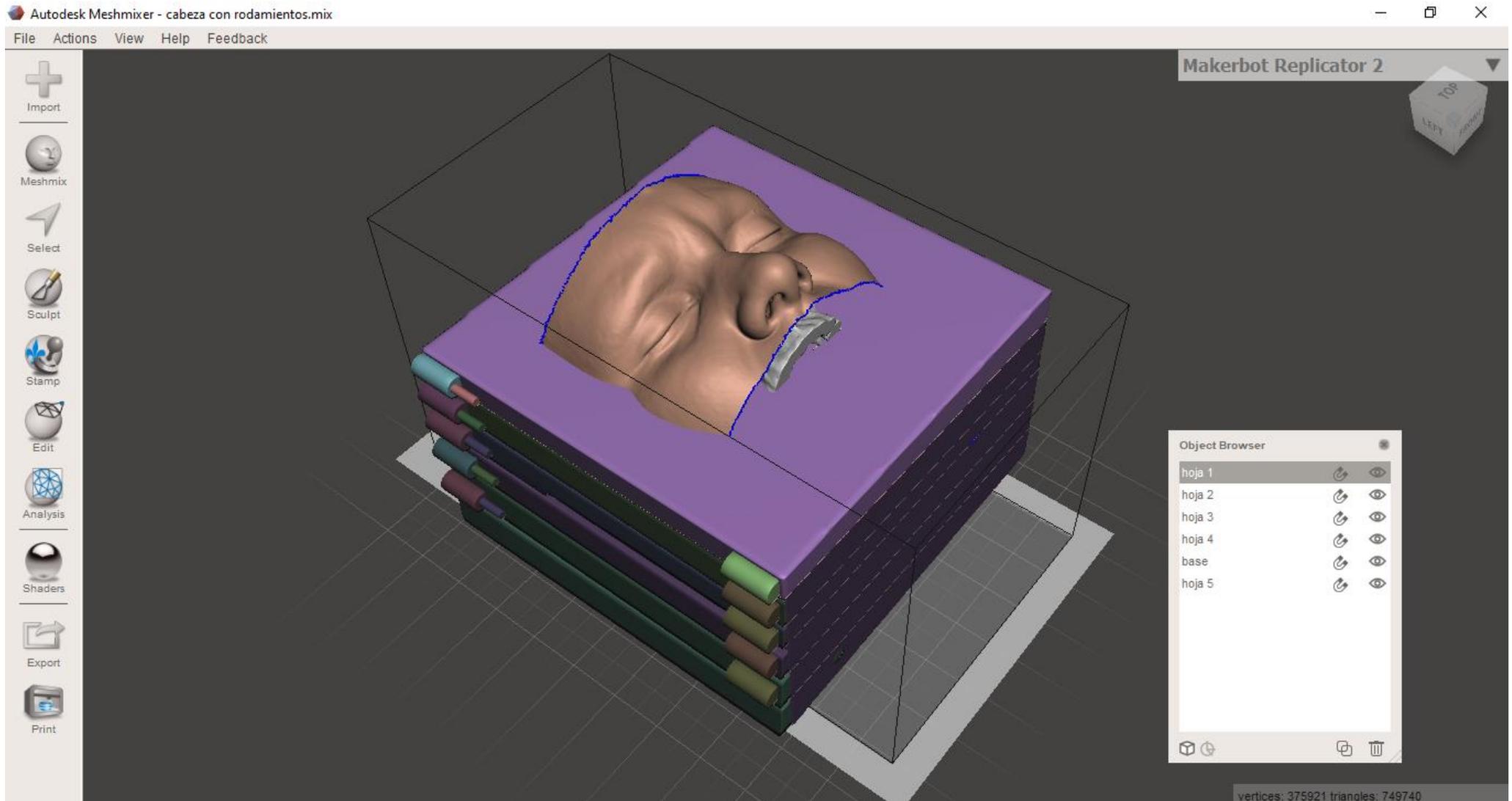


FIGURA 52: Elaboración propia.

El tercer paso fue diseñar el modelo con respecto a la propuesta elegida en la lluvia de ideas, creando 6 láminas que separan la anatomía del cráneo en forma de libro, incorporado bisagras y soportes que sostengan de manera segura el acceso quirúrgico.

### 7.2.1. observaciones de propuesta 1

Durante el proceso de edición de la propuesta uno, el programa colapsaba sin poder avanzar en el diseño como tal, además al intentar exportar el archivo al programa Ultimaker Cura, para impresión, tampoco podía procesar el archivo y leerlo correctamente. Se intentó corregir el archivo de diferentes formas y se concluyó que no se pueden combinar las capas blandas y duras en un mismo modelo, por lo tanto, habría que diseñar todo por separado o decidir que densidad es más importante para replicar en el modelo de entrenamiento final. Luego de varias conversaciones con profesionales de la salud y otros diseñadores se decidió seleccionar las partes duras del rostro como más importantes, además la impresión es más detallada y precisa en comparación a la anatomía real.

Los profesionales explicaban, que comprendiendo la parte ósea se puede entender de mejor manera el resto del proceso quirúrgico, ya que lo fundamental era no fisurar o perforar el hueso para no llegar a órganos vitales como el cerebro y que además en esta cirugía en particular lo fundamental del paso a paso comprometía a los huesos etmoides y esfenoides más que a otra anatomía blanda.

Por todo lo anterior se decidió reformular el modelo y ver en mayor detalle cada hueso y pieza para que sea posible su impresión.

### 7.3. MODELADO PROPUESTA 2

Siguiendo la misma idea de la propuesta anterior, se decide dividir en capas la anatomía principal de la cabeza, separando en los huesos más importantes, zona de nariz (tabique), etmoides y esfenoides (donde se encuentra la silla turca), esta vez limpiando el archivo de cada capa en mayor detalle y subdividiendo la pieza para visualizar de otro color lo más importante y para facilitar la impresión cambiando de programa para mayor precisión, se utiliza como segunda opción el programa Blender.

Que solo sean 3 capas ayuda a entender de mejor manera el área de la cabeza que se está manejando, ya que el estudiante podrá abrir como un libro el modelo y estudiarlo visualmente comprendiendo partes principales y anatomía comprometida, por otro lado, facilita la impresión en sí, ahorrando el tiempo de fabricación y filamento.

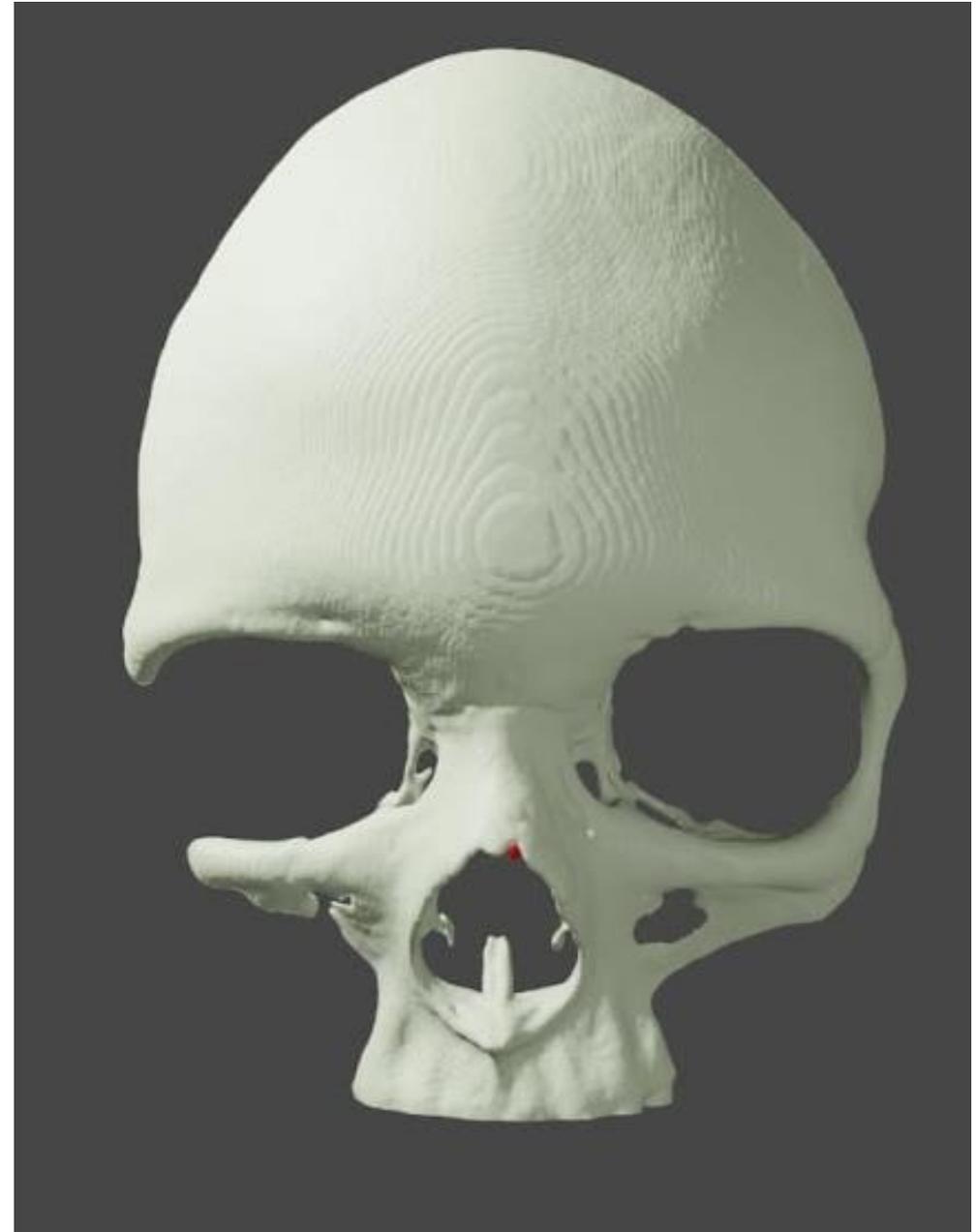


FIGURA53: Elaboración propia, primera capa de propuesta 2. tabique.

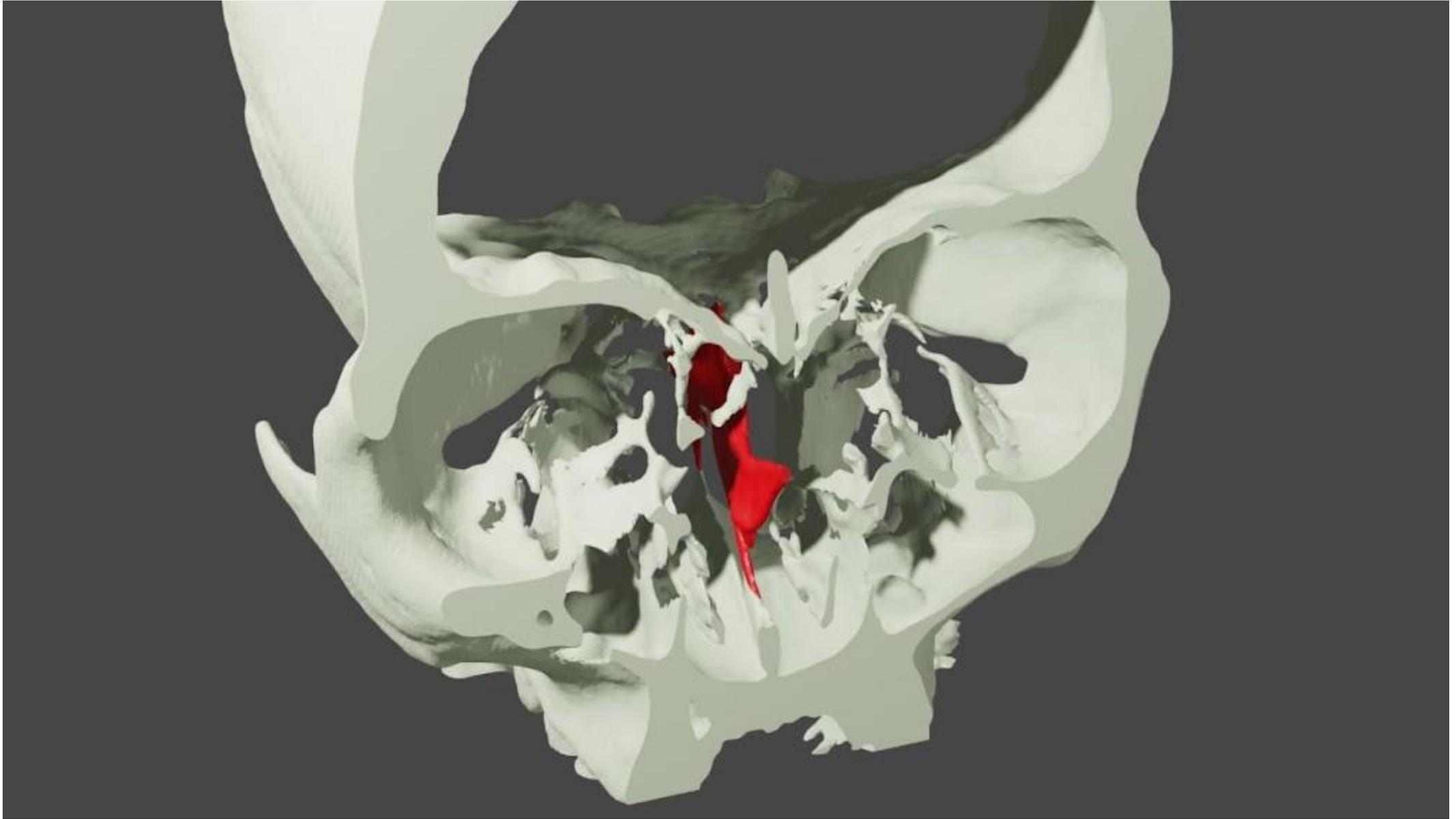
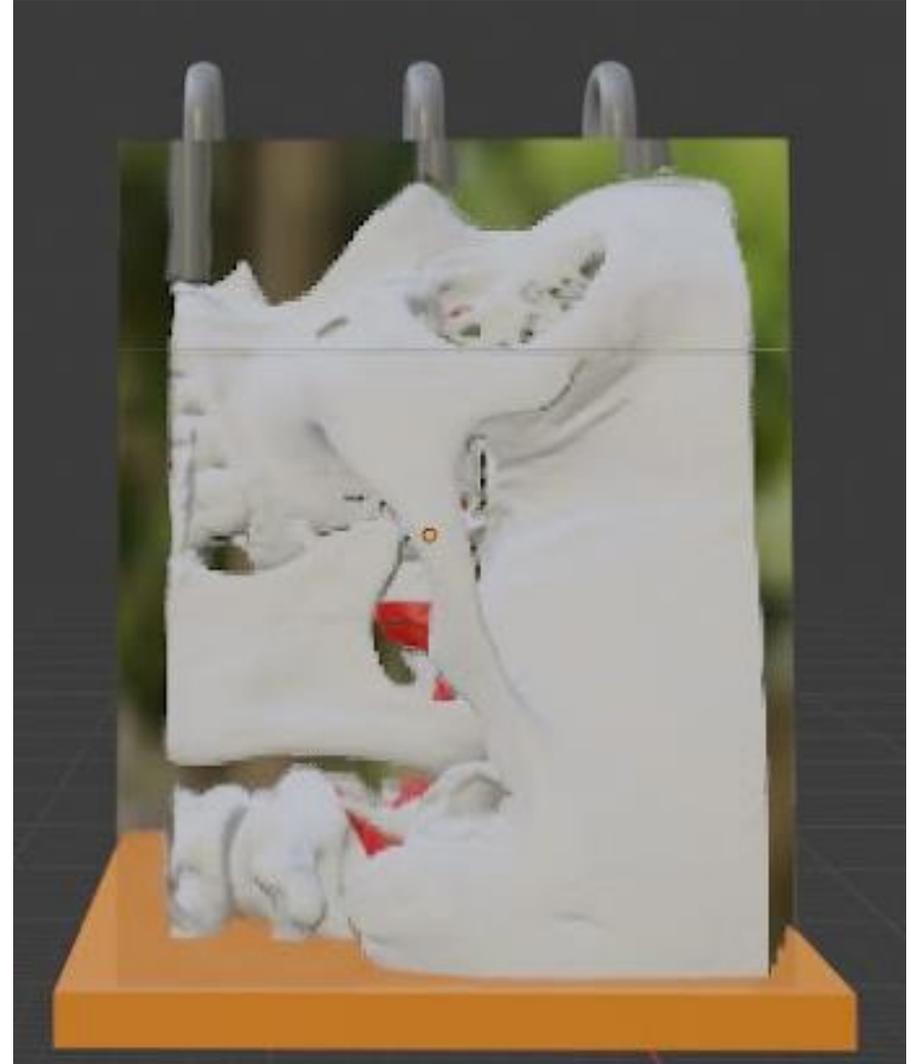
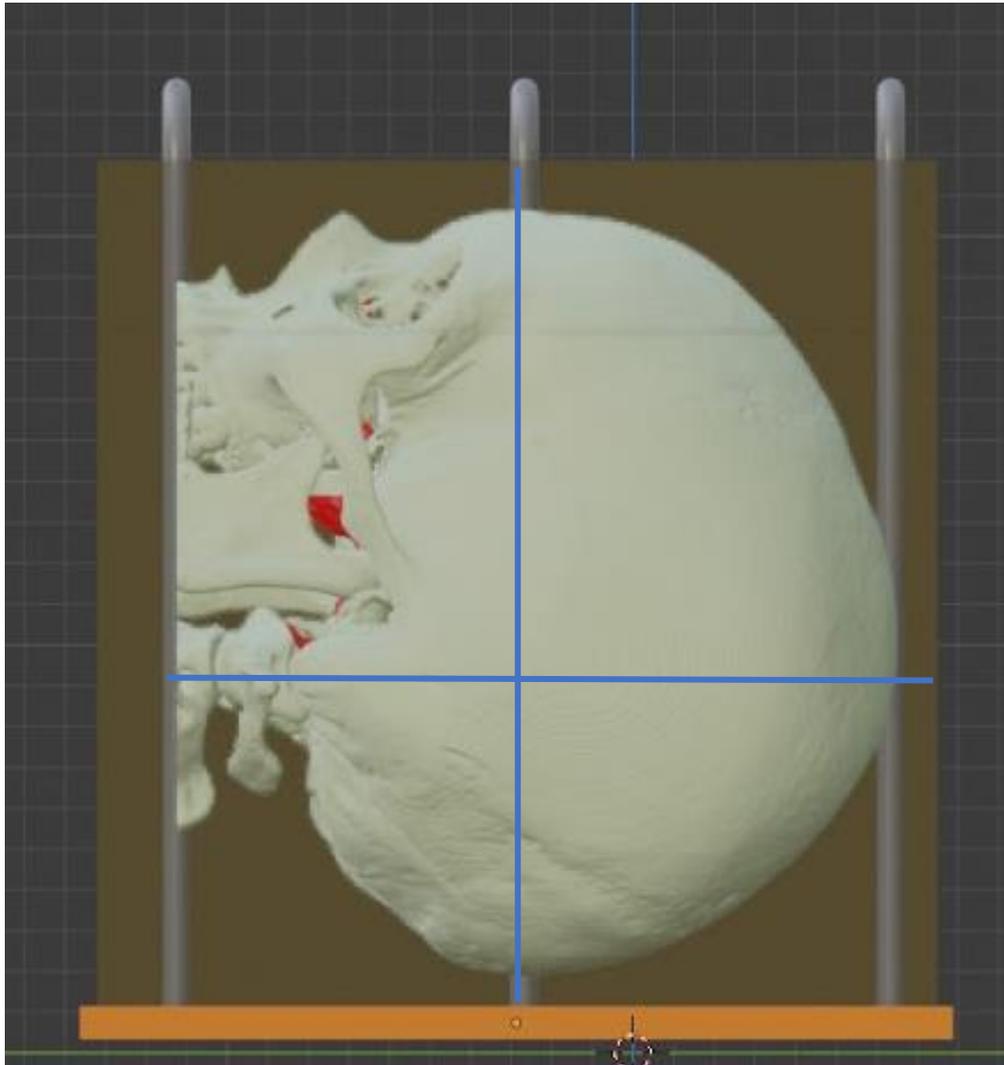


FIGURA 54: Elaboración propia, celdillas etmoidales.



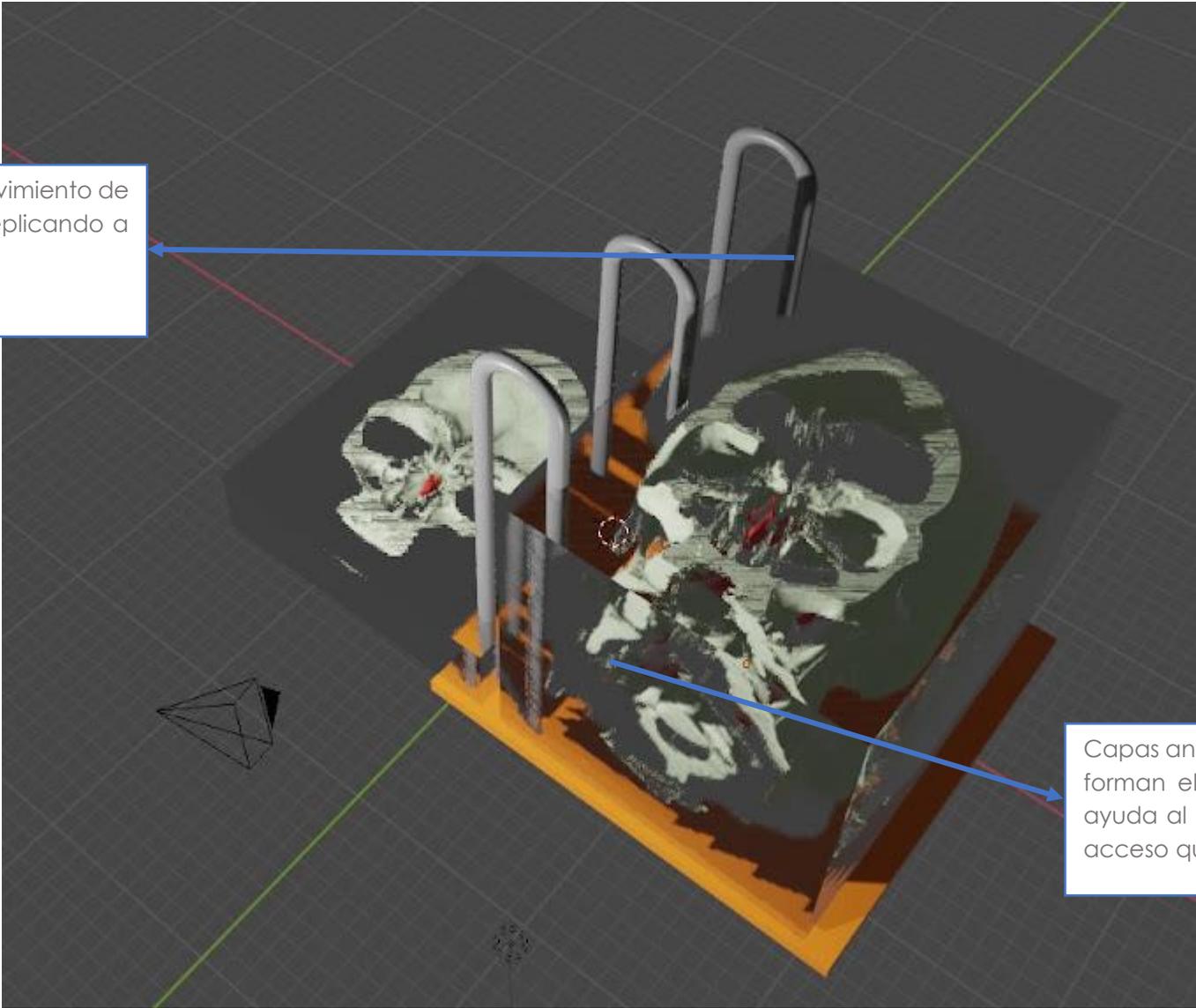
FIGURA 55: Elaboración propia, esfenoides y silla turca.

El siguiente paso en el diseño de la propuesta 2 es crear el cuadro delimitador que forma el “libro”, es en ese momento que nos damos cuenta que se puede seguir reduciendo el campo de trabajo, quitando gran parte superior y trasera del craneo ahorrando, material, tiempo de producción y facilitando el traslado del modelo.



FIGURAS 56 y 57: Elaboración propia.

Rieles que facilitan el movimiento de las capas anatómicas replicando a un libro



Capas anatómicas que en conjunto forman el cráneo, pero separadas ayuda al estudio de cada zona del acceso quirúrgico.

FIGURA 58: Elaboración propia, capas que simulan un libro anatómico.

Diseño de tapa que contendrá la tabla evaluativa e instrucciones, además de proteger el modelo en su transporte.

Luz que está conectada al Techo etmoidal a través de un circuito simple desde el interior del modelo, señalando que el estudiante tocó una zona riesgosa para el paciente.

Base y soporte del modelo con parte frontal redondeada que facilita el apoyo de los brazos y trabajo del estudiante por medio de la ergonomía.

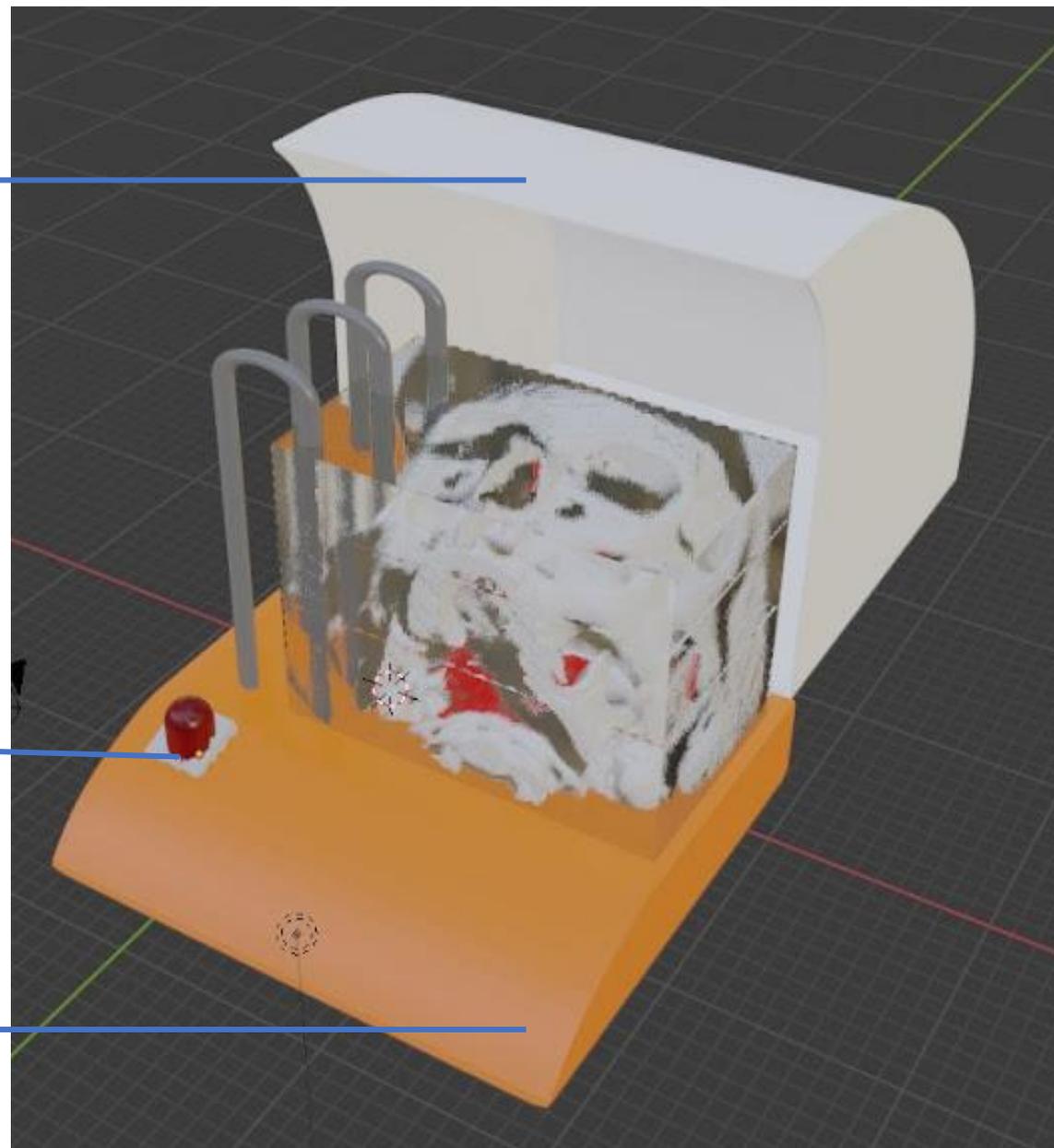


FIGURA 59: Elaboración propia.

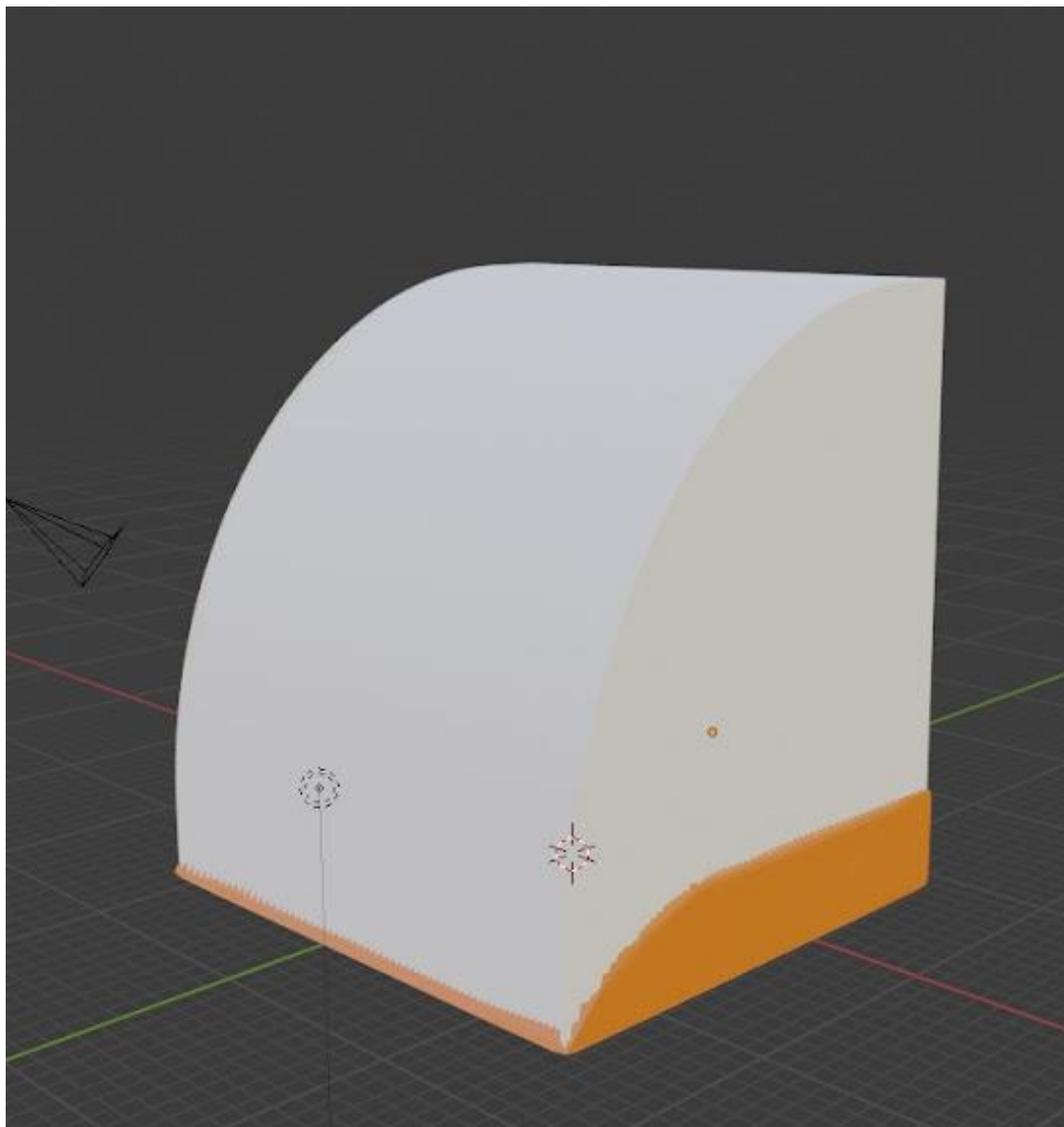
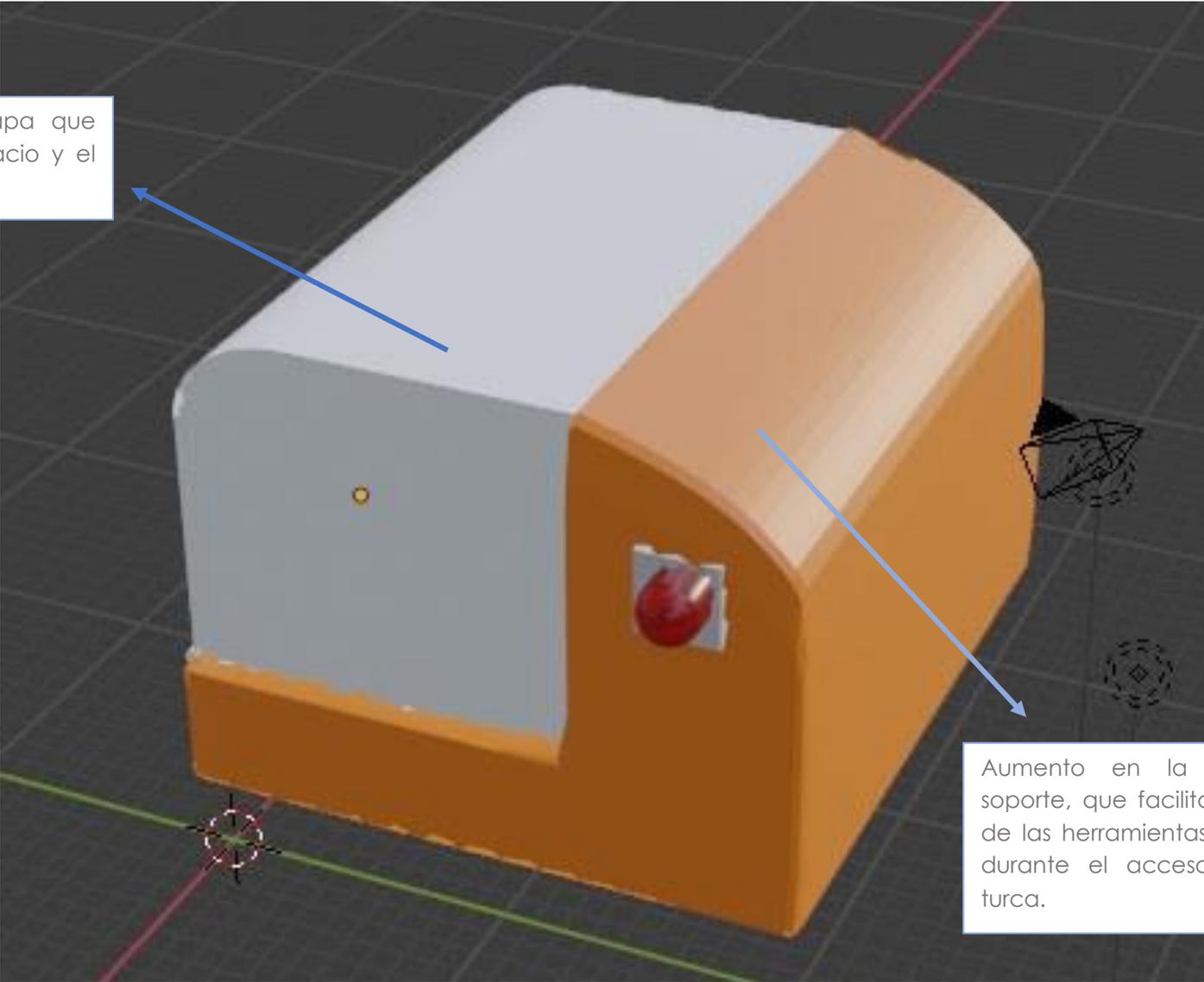


FIGURA 60: Elaboración propia, vista del modelo cerrado.

Nuevo formato de tapa que optimiza mejor el espacio y el material.



Aumento en la altura del soporte, que facilita el manejo de las herramientas quirúrgicas durante el acceso a la silla turca.

FIGURA 61: Elaboración propia, rediseño de la estructura del modelo.

### 7.3.1. observaciones de propuesta 2

Nuevamente al intentar imprimir las piezas el modelo demuestra error, aunque el programa Blender facilitó el proceso de diseño y limpieza del archivo, se necesita un nuevo programa que lo complemente para ver con aun más detalle cada pieza y puedan verse por separado y no como un conjunto, además se necesita que el nuevo programa pueda escalar el modelo de Blender a las medidas reales del escáner médico, para poder tener una mejor concepción del espacio y poder crear los planos con medidas generales del proyecto a tamaño real.

Como ya se logró que el prototipo se pareciera a la idea inicial del proyecto, la propuesta N°3 será la remodelación y mejora de la propuesta N°2, manteniendo en general cada parte, pero mejorando la lógica de impresión, los detalles y el tamaño.

Será necesario que la anatomía principal como el etmoides y esfenoides se subdividan de forma estratégica para que puedan imprimirse con mejor resolución sin generar errores que puedan alejarlo del propósito principal, que es mantener lo más posible el parecido con una cabeza real

la zona anatómica por la que accederá el estudiante de ORL, por lo tanto, se intentará imprimir más partes y pegarlas con cloroformo sin que afecte visualmente la prolijidad del diseño.

De igual manera, si por alguna razón el estudiante que esté realizando la práctica y entrenamiento en el modelo, llegara a romper naturalmente una pieza (por ejemplo, celdillas etmoidales que son partes muy delgadas), puede unirla con cloroformo y no afecta en absoluto la eficiencia del modelo de entrenamiento.

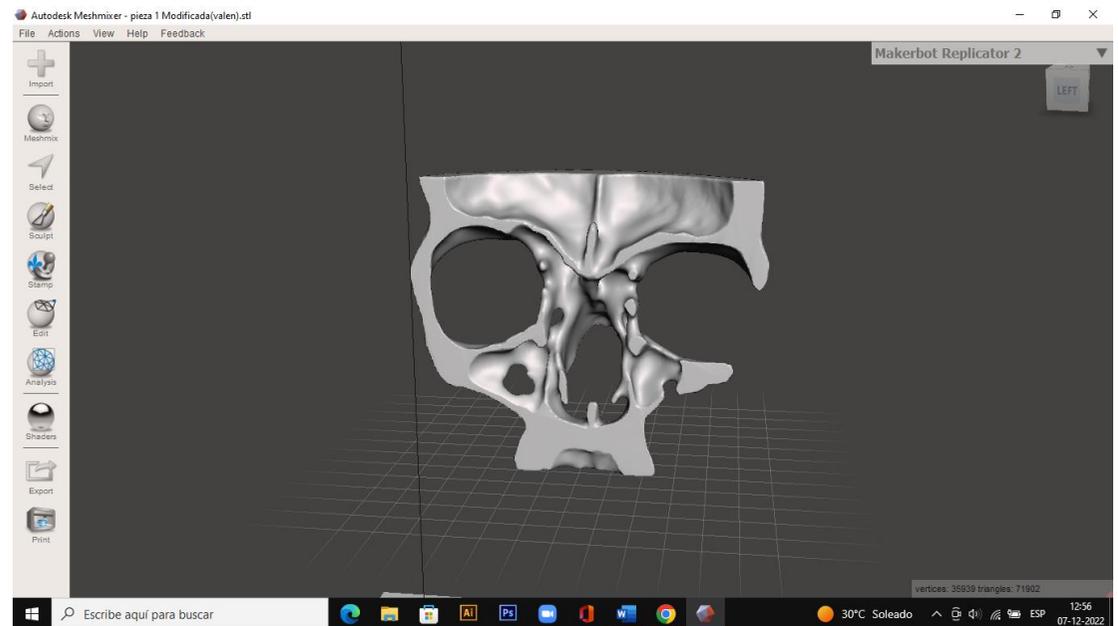
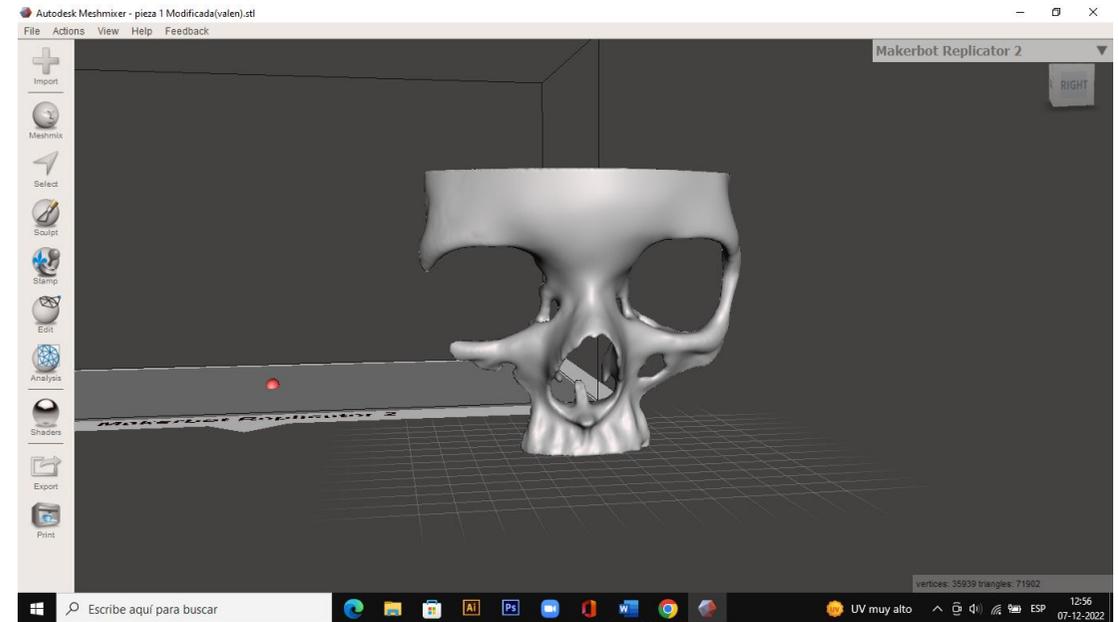
Por el contrario, cometer errores y reunir piezas dañadas, ayuda en el aprendizaje y en aumentar las repeticiones que estimulan la práctica sensorio motriz.

## 7.4. MODELADO PROPUESTA 3

La propuesta N°3 comienza desde cero, volviendo a buscar los parámetros más funcionales dentro del programa, para exportarlo desde el escáner médico al archivo de edición stl. Pero esta vez nos enfocamos solo en las partes óseas del cráneo.

Luego se volvió a exportar a Meshmixer para editar y limpiar sin dañar significativamente la anatomía, pero mejorando la calidad de impresión, rellenando espacios y suavizando grandes protuberancias en zonas alejadas al acceso principal hacia la silla turca, como por ejemplo los dientes y el contorno de la zona ocular.

Esto redujo significativamente las horas de impresión y aumentó la prolijidad de la prueba.

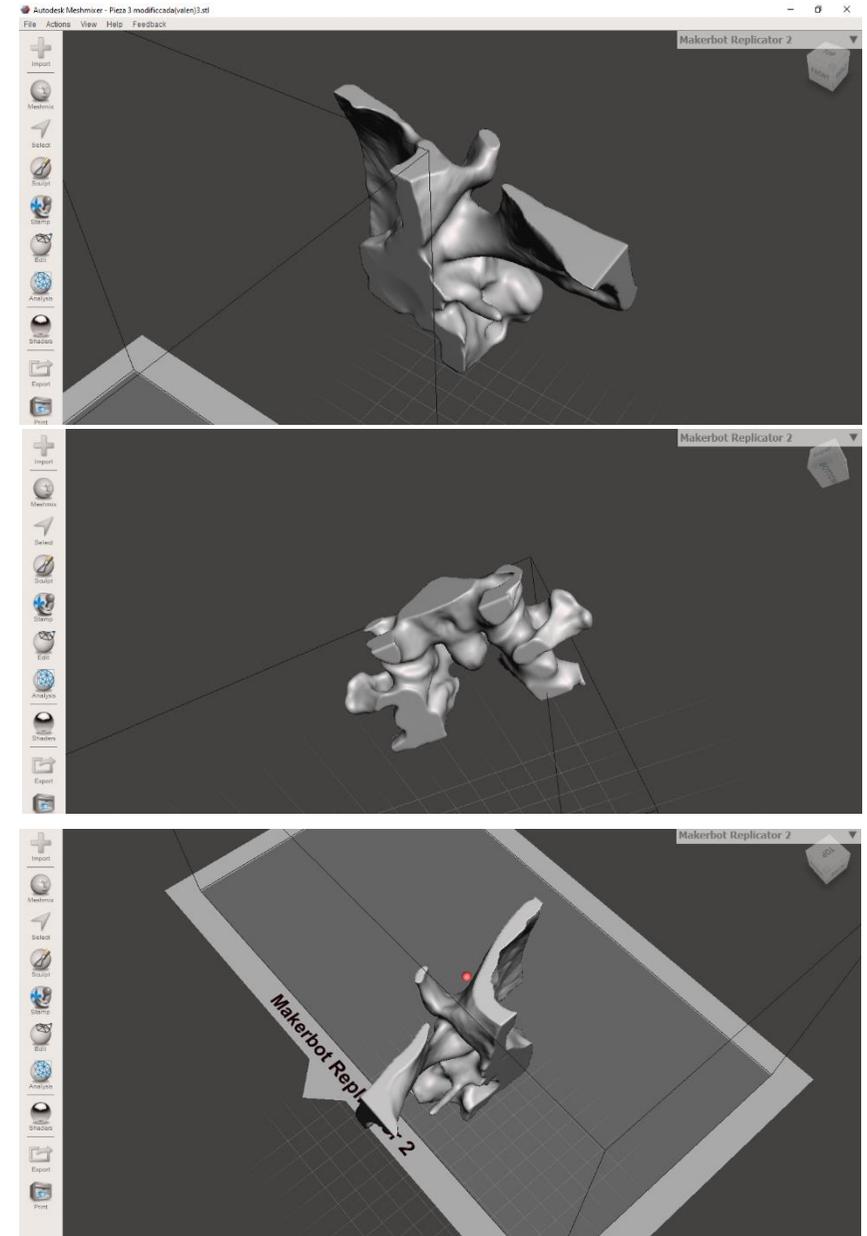


FIGURAS 62 y 63: Elaboración propia.

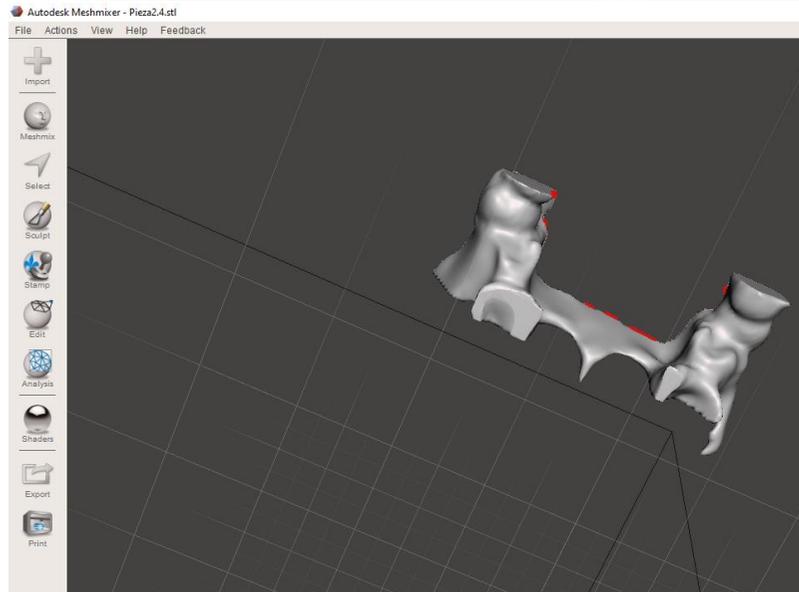
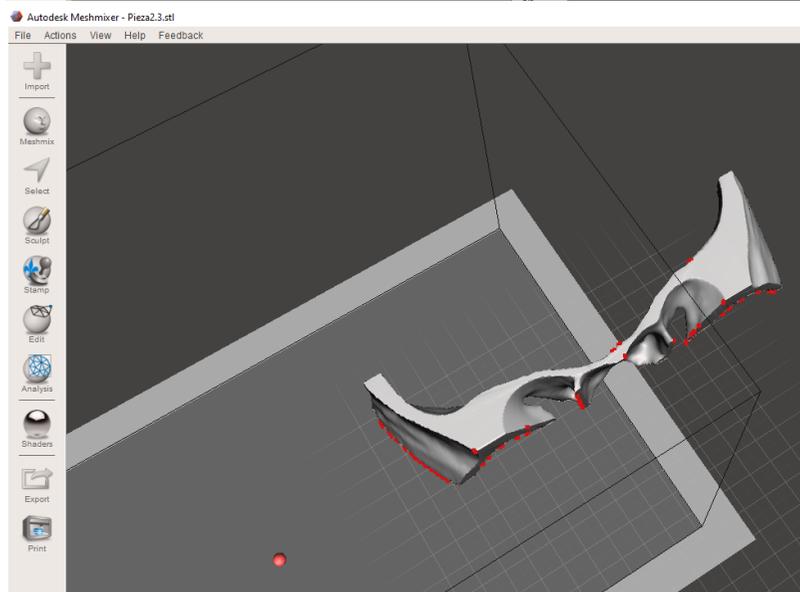
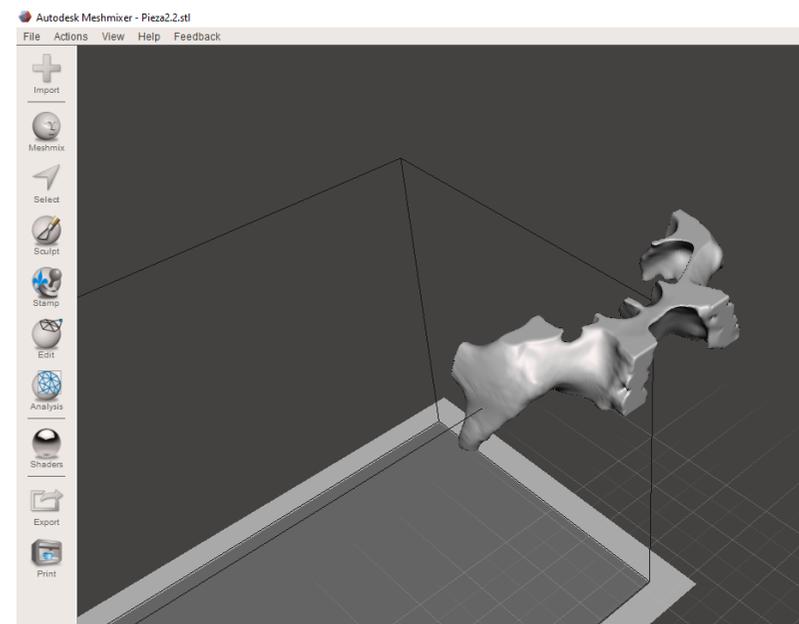
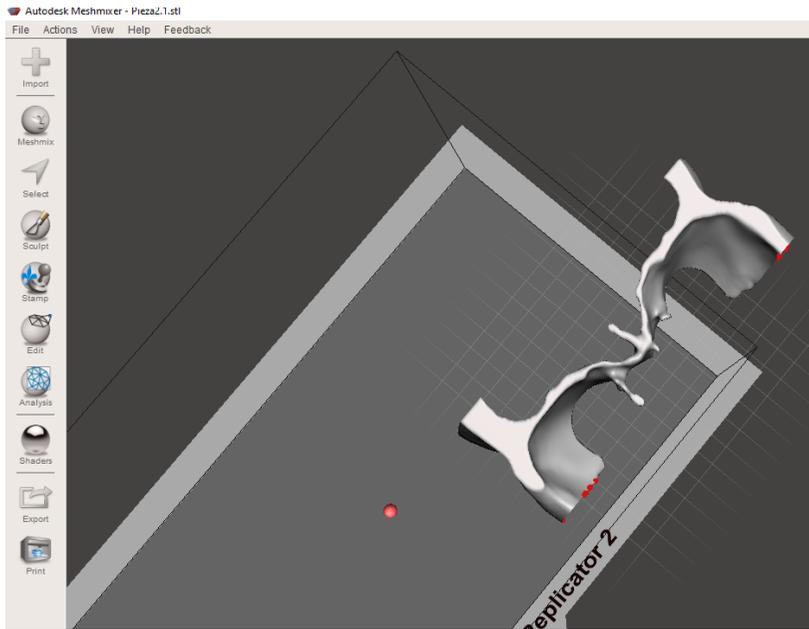
En la tercera capa del modelo que corresponde a la zona del esfenoides y donde se encuentra la anatomía principal de esta investigación la silla turca, se tuvo que dividir la pieza en 3 partes para facilitar la edición de forma más específica y solucionar los problemas de impresión, reduciendo las horas de fabricación y disminuyendo los soportes que se necesitan para crear la pieza, esto es importante ya que entre más soportes, mayor es la posibilidad de que al retirarlos dañe parte importante del modelo.

La segunda capa correspondiente a la zona etmoidal, se dejó para el final debido a su complejidad anatómica, sus celdillas con dimensiones reducidas y su espesor tan delgado tenía mayor riesgo de ser afectado durante la impresión, es por esto que se tuvo que dividir en 8 partes en total, para poder editarlas con mayor precisión y facilitar el manejo de las herramientas de diseño. Además es en esta zona donde comienza la zona de riesgo y que no debe dañarse durante el entrenamiento debido al riesgo del paciente.

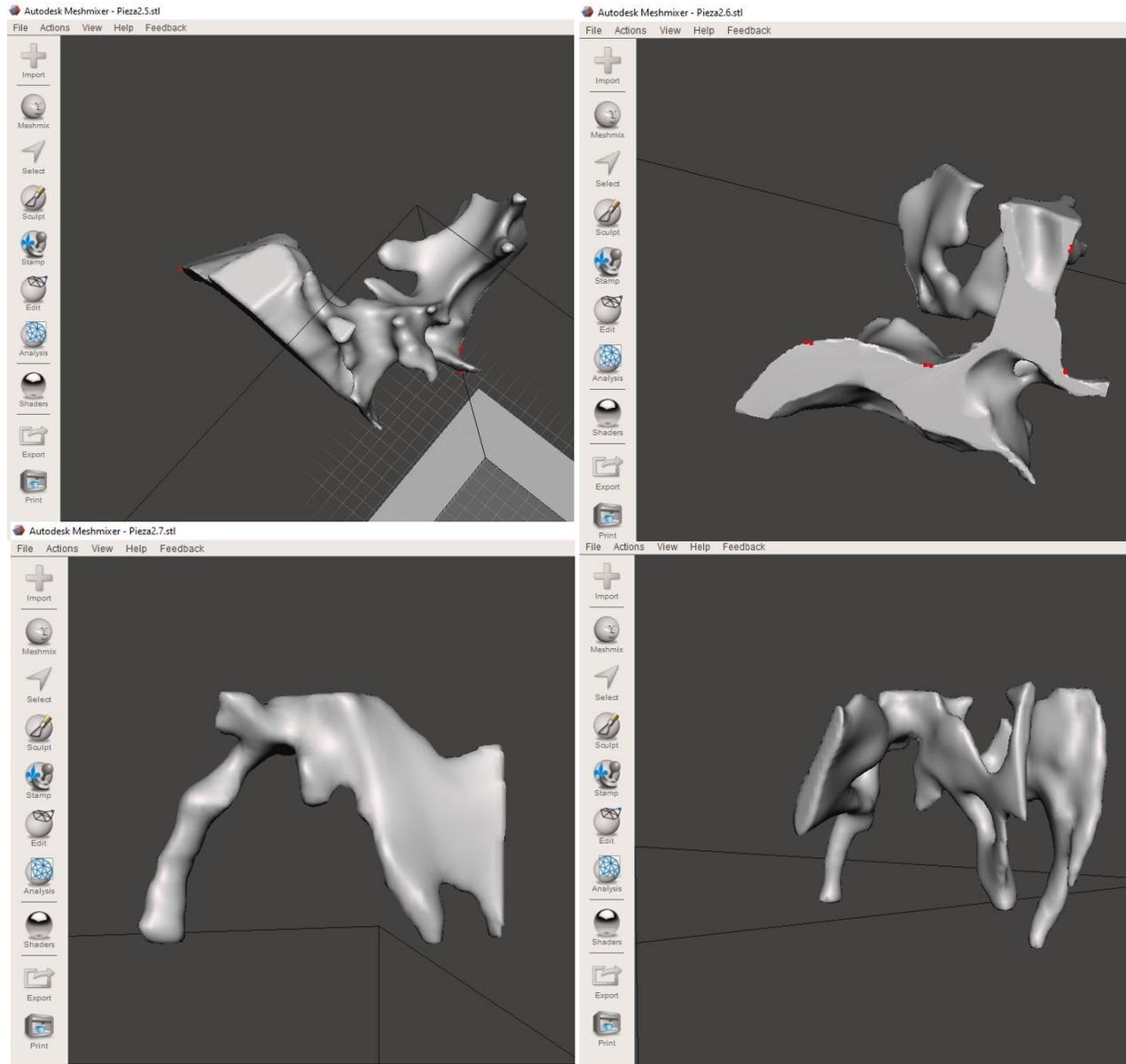
Finalmente, se pudo lograr en esta edición un mejor resultado que en las propuestas anteriores, pudiendo hacer pruebas físicas de impresión y proyectar mínimas mejoras.



FIGURAS 64, 65 y 66: Elaboración propia.



FIGURAS 67, 68, 69 y 70: Elaboración propia. primeras 4 piezas editadas de la capa nº2 zona etmoidal.



FIGURAS 71, 72, 73 y 74: Elaboración propia. 4 piezas finales editadas de la capa nº2 zona etmoidal.

Para terminar la propuesta N°3 se diseñó la base, carcasa, tapa y rieles que sostienen al modelo y son necesarias para la simulación de un libro anatómico, mejorando las propuestas anteriores, en específico las bisagras de la tapa, altura de la base y las curvaturas tanto del apoyo de los brazos como la de los rieles de las capas anatómicas.

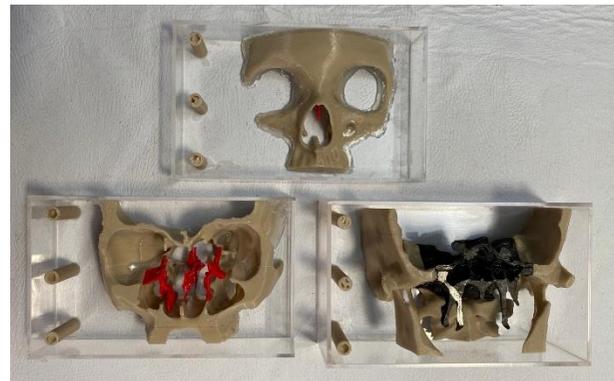
también se analizó la fabricación del contorno anatómico, es decir, se replanteó la pregunta ¿cómo la capa anatómica podrá emular a una "hoja" de mejor manera?

Se pensó desde un principio en imprimirla en conjunto con los demás elementos del modelo, pero finalmente luego de varias pruebas, y por el costo económico, se decide proponer otras posibilidades para obtener la transparencia deseada.

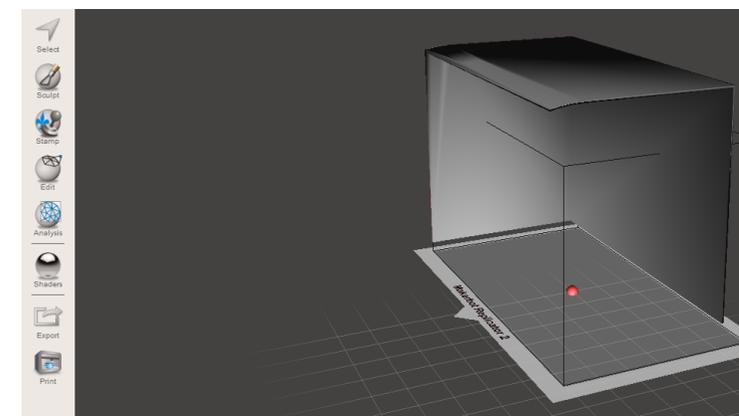
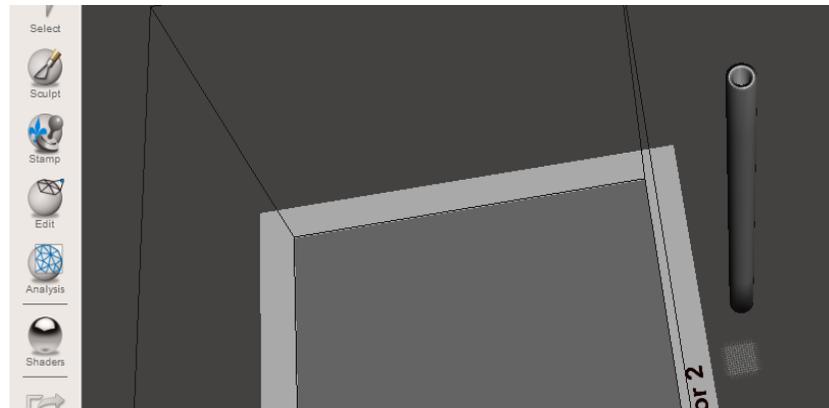
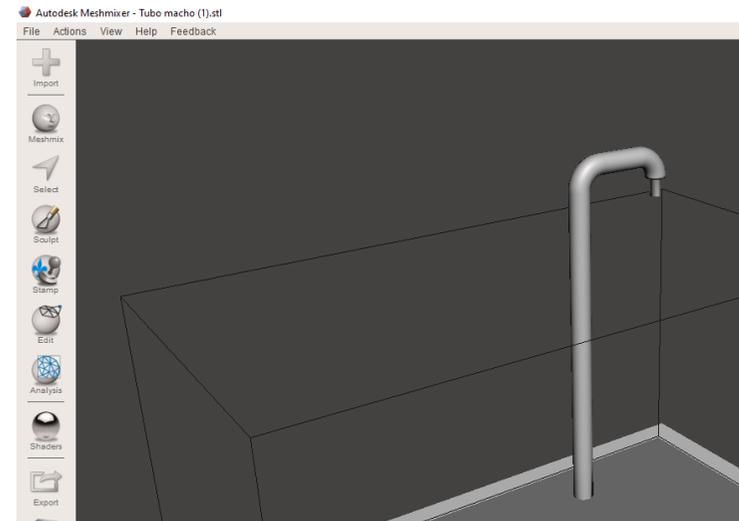
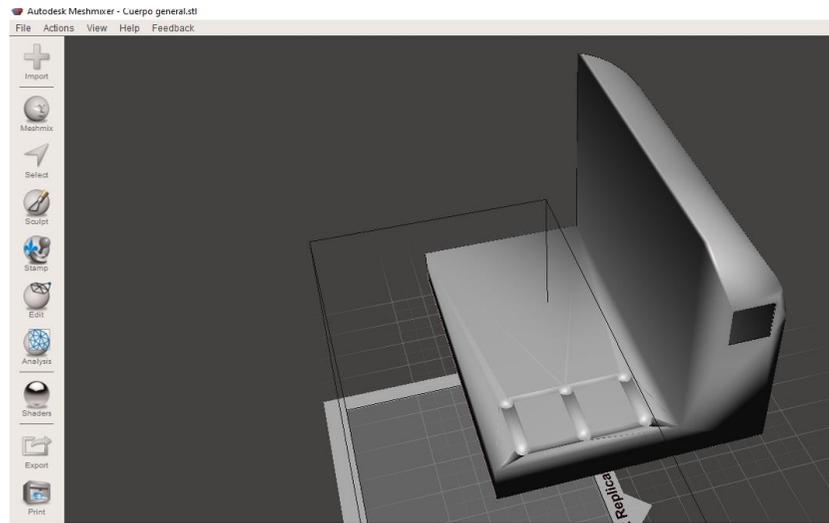
Como primera idea, se propuso imprimir con filamento el polígono, dejando justo el contorno en el centro de la anatomía y rellenando todo lo demás para luego unir ambas partes con cloroformo.

En segundo lugar, se pensó imprimir de la misma manera el contorno, pero en resina, ya que la resina es un material que al imprimirse en 3D deja un mejor acabado y transparencia, pero es más costoso todo el proceso de fabricación, tanto la compra del material, como la impresión en sí.

Por último y la idea más viable dentro de las posibilidades, es diseñar un molde rectangular en acrílico (uno para cada capa) con corte láser cnc, introducir la parte anatómica, sellar los orificios que se necesitan para el acceso a entrenar y rellenarlo con resina líquida. De esta manera se reducen horas de impresión, dinero y queda más transparente y suave.



FIGURAS 75: Elaboración propia.



FIGURAS 76, 77, 78 Y 79: Elaboración propia. soporte, rieles y tapa del modelo.

## 7.5 PROCESO DE IMPRESIÓN EN PROGRAMA CURA.

Las impresoras 3D con tecnología FDM realizan impresiones por capas, desplazándose en los ejes X e Y, y subiendo por el eje Z para realizar cada nueva capa de impresión. Esto permite que las piezas adquieran el volumen correspondiente.

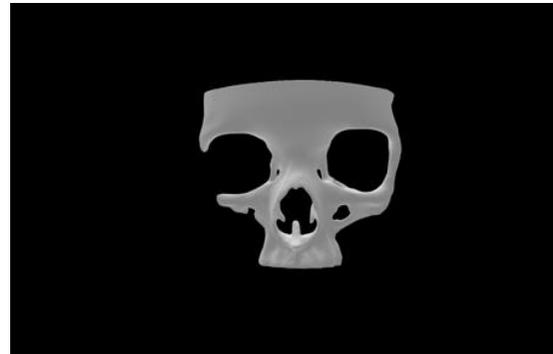
Si bien esta forma de desplazamiento en X, Y y Z permite generar que la pieza no quede en una figura "2D", los softwares de parametrización de archivos reconocen los volúmenes según los parámetros otorgados por el usuario. Estos reconocimientos de volúmenes pretenderán siempre tratar de respetar las formas de la figura a imprimir de la manera más cercana posible, aun cuando la forma y/o las condiciones de los parámetros de impresión no lo permita.

Luego de la obtención de la/s pieza/s que deseamos imprimir, se realiza un análisis de prioridad de impresión por archivo. Este análisis permite posicionar y direccionar las piezas a imprimir priorizando distintos puntos que pueden ser críticos en el resultado final o, según el caso, durante el proceso de impresión (y que podría terminar generando un atasco o sencillamente, una pieza que no termina de imprimirse).

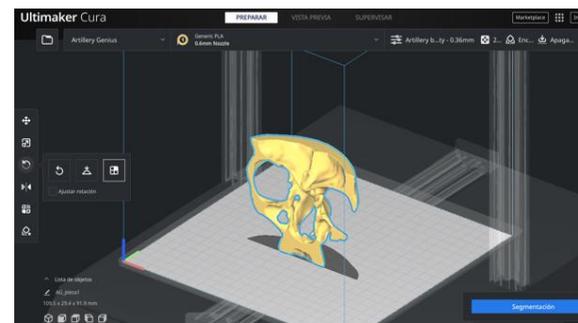
Este análisis de prioridad busca seleccionar la cara que quedará posicionada en la cama de impresión, la orientación que tendrá la pieza según las caras del volumen de impresión, y proyectar las dificultades que poseerá la pieza según el análisis para compensar aquellos detalles a través de los parámetros a asignar.

Ejemplo práctico:

A continuación, se adjunta una captura de pantalla de la Pieza 1.



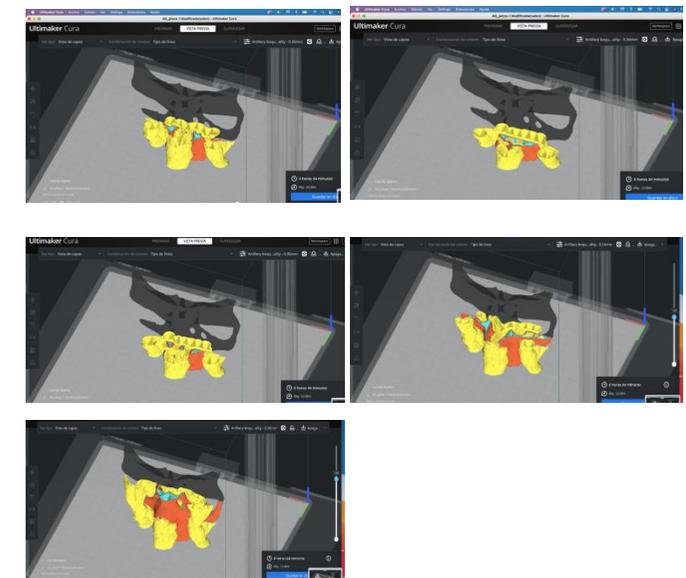
Si se posiciona la pieza en la cama de impresión con la misma orientación en que fue realizada, quedaría de la siguiente manera:



Para poder realizar una impresión segura (es decir, sin que la pieza pierda estabilidad, o que pueda generar warping), es necesario abarcar la mayor cantidad de área posible en la primera capa de impresión. Idealmente, la primera capa de impresión sea totalmente plana, así la unión entre pieza y cama de impresión queda

más firme. Además, debido a la estabilidad según la masa de la pieza en el proceso de impresión, es recomendable realizar las impresiones desde el área más grande hacia el área más pequeña, siendo este último el que quedaría en la cara superior (es decir, en las últimas capas de impresión).

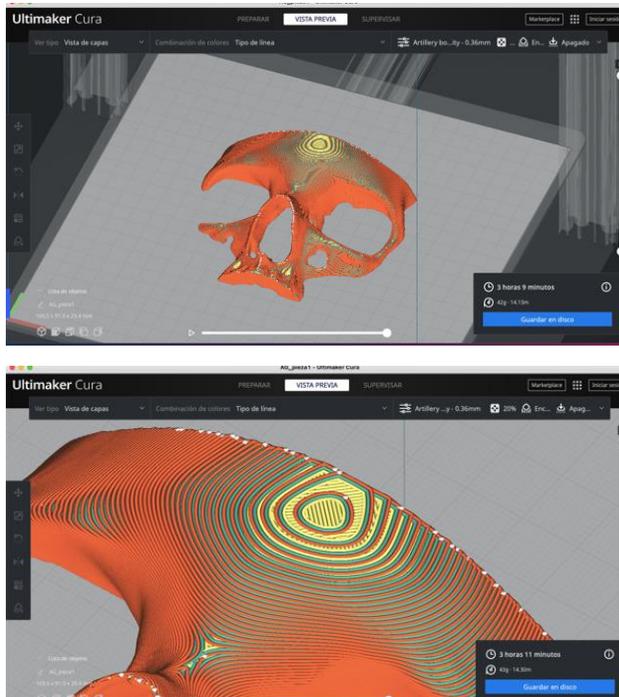
Visualmente, independiente la orientación que posea la pieza, será necesario el uso de soportes de impresión.



FIGURAS 80, 81, 82, 83, 84, 85 y 86: Elaboración propia.

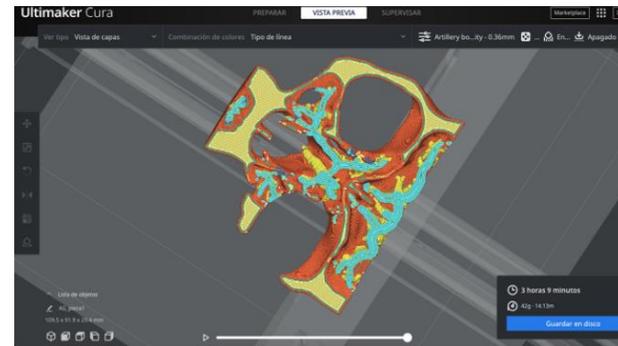
Si vemos el proceso de impresión en la Pieza 1 en el mismo posicionamiento que fue creada, este adquiere mayor peso en las capas superiores. Además, la mayor cantidad de unión en la primera capa de impresión es por soporte de impresión, y no por pieza final a obtener.

Al girar la pieza en 90°, obtenemos una impresión mucho más estable debido a la unión de la primera capa y la base de impresión. Sin embargo, se comienzan a visualizar otros problemas. Como se mencionó anteriormente, la impresora trabaja los volúmenes en el eje Z por desplazamiento de capa por capa. Si bien el ángulo frontal del cráneo se realiza, no adquiere la misma calidad que el posicionamiento anterior debido a que el software de parametrización trata de realizar el ángulo de la pieza, pero con el orden de capas que puede imprimir.

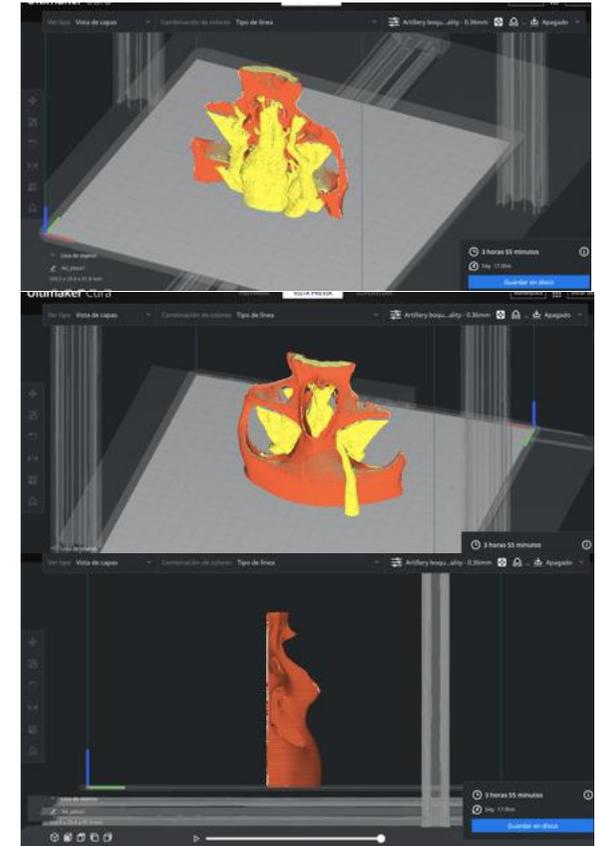


Además, debido a la forma de impresión del soporte, posiblemente este sea de gran dificultad a la hora de retirar (independiente el mínimo relleno que este posea). La forma del desplazamiento de las capas de impresión del soporte debe permitir sostener la figura y, al mismo tiempo, ser lo suficientemente frágil para ser retirado con facilidad.

Debido a que uno de los requerimientos de la impresión final es la calidad de impresión (y la resolución que posea) para tener terminaciones (oficio) óptimas, es necesario priorizar las estructuras de menor tamaño y los ángulos de la figura.



Si rotamos la figura nuevamente en 90° (es decir, en 180° del posicionamiento inicial), adquirimos un posicionamiento ideal. Esta forma de impresión permite dejar el volumen menor de la figura en las caras superiores, adherir la primera capa de impresión de forma eficiente, generar soportes que establezca la figura, generar adherencia suficiente entre soporte y detalles de huesos de menor tamaño que permita su correcta impresión, pero, al mismo tiempo, la extracción de este soporte con facilidad y, como último, una óptima impresión en las curvas frontales del cráneo.



FIGURAS 87, 88, 89, 90, 91 y 92: Elaboración propia.

Por la ubicación de la impresora en el espacio de trabajo, se prioriza la ubicación del cráneo con la cara posterior hacia adelante (primera imagen de la secuencia). De esta manera, se puede revisar con mayor facilidad el progreso de impresión de los soportes.

Por lo tanto, descartamos cualquier otro posicionamiento de la pieza, debido a que obtenemos el mejor posicionamiento de impresión.

Además, sería poco óptimo realizar cualquiera de estas dos impresiones por motivos lógicos de orientación.

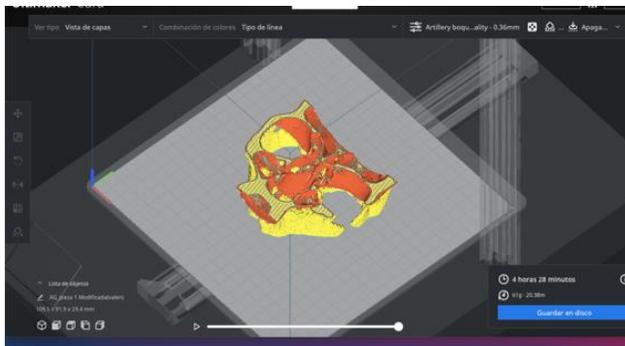
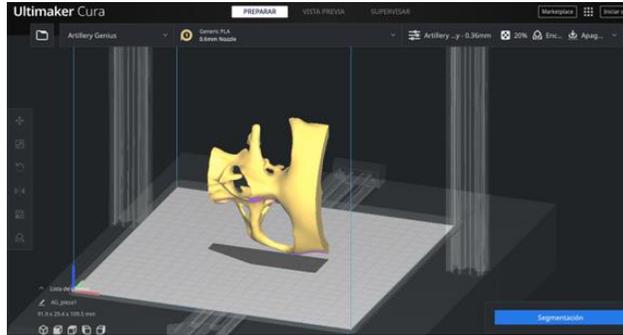
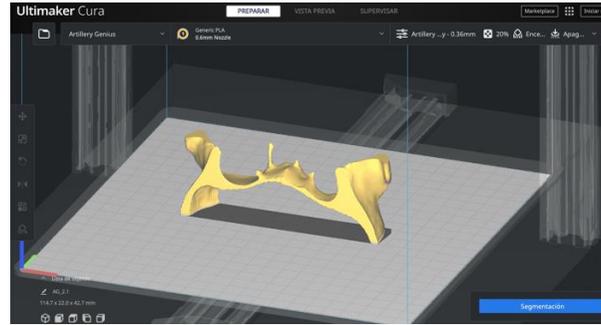


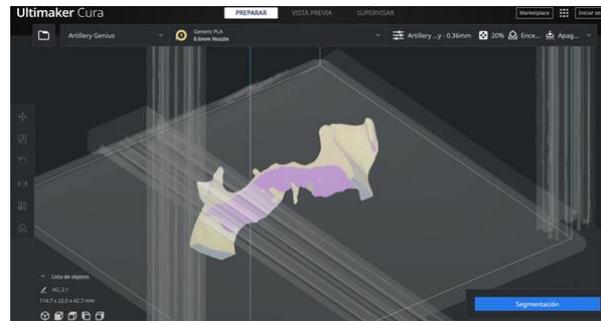
FIGURA 93 Y 94: ELABORACIÓN PROPIA.

Debido a que la forma de impresión se seleccionó con esta figura, las siguientes piezas serán realizadas con los mismos criterios y, además, priorizando la impresión con el mismo sentido que la Pieza 1. De esta manera permitiremos que todo el cráneo tenga el mismo orden en las capas de impresión.

Revisemos lo mencionado anteriormente con la Pieza 2.1.



En el caso de la Pieza 2.1, el posicionamiento de la imagen adjunta es el mismo con el que fue diseñada. Sin embargo, esa posición generaría una gran cantidad de soporte.



Si rotamos las piezas en 90° o, desde esta última rotación, en 180°, obtenemos una pieza con impresión eficiente debido a la cantidad de soporte. Sin embargo, dejamos de priorizar la calidad de terminación en las secciones de huesos pequeños.

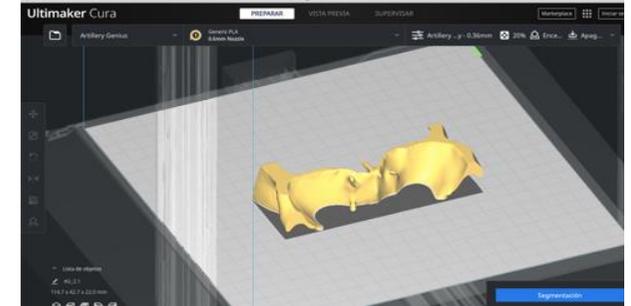
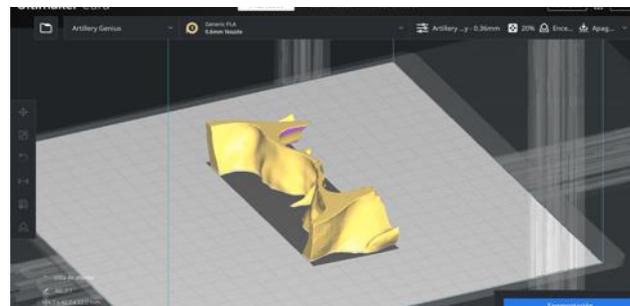
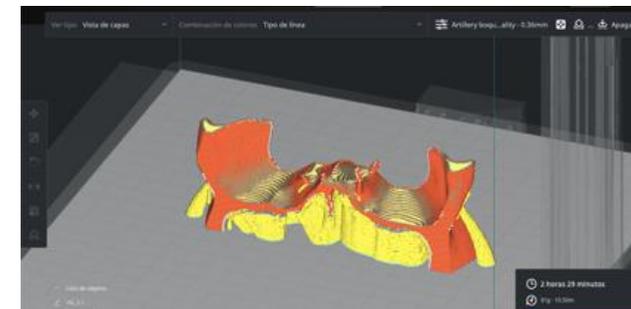


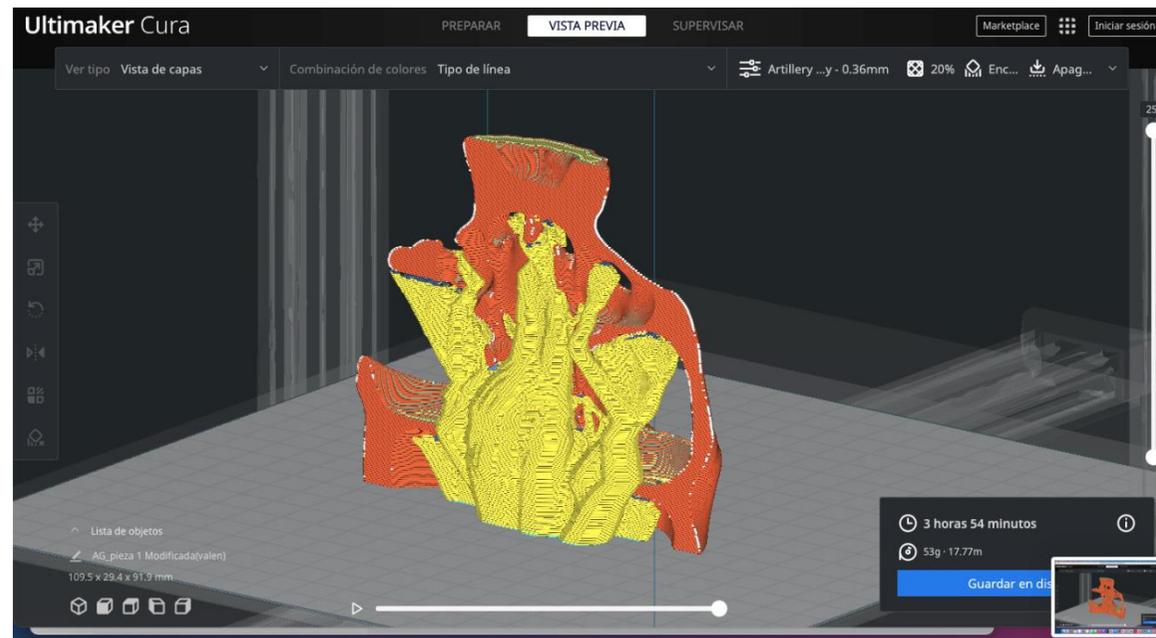
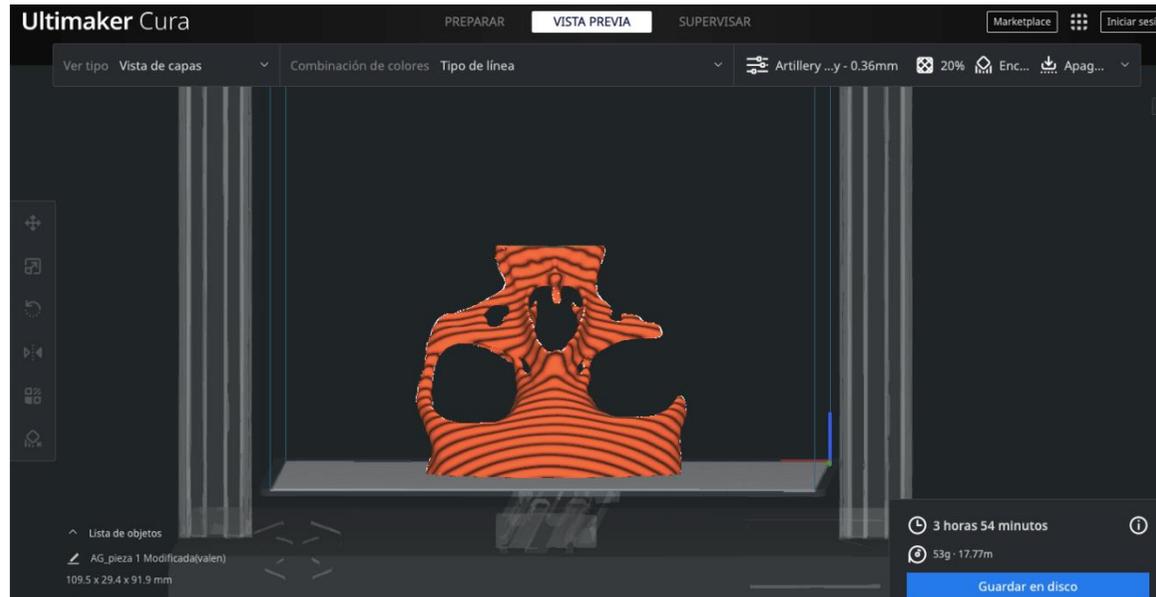
FIGURA 93, 94, 95, 96, 97, 98: Elaboración propia.

Debido a que ambas formas de impresión otorgan una calidad distinta en diferentes secciones y, por lo tanto, ambas son correctas, se prioriza el orden de impresión de la Pieza 1. Ya que las capas se realizan de forma vertical por el cráneo general, se selecciona el primer posicionamiento de impresión de la pieza 2.1.

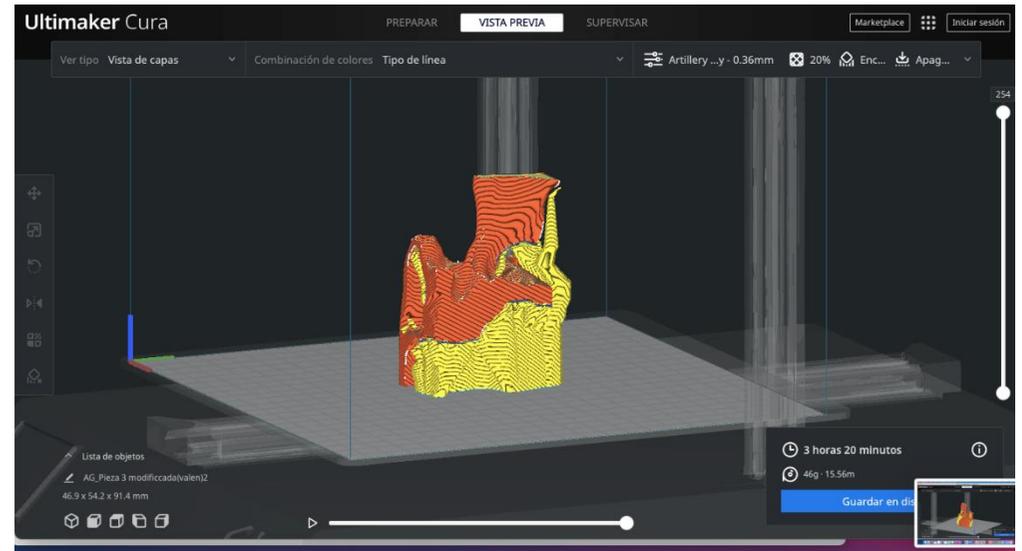
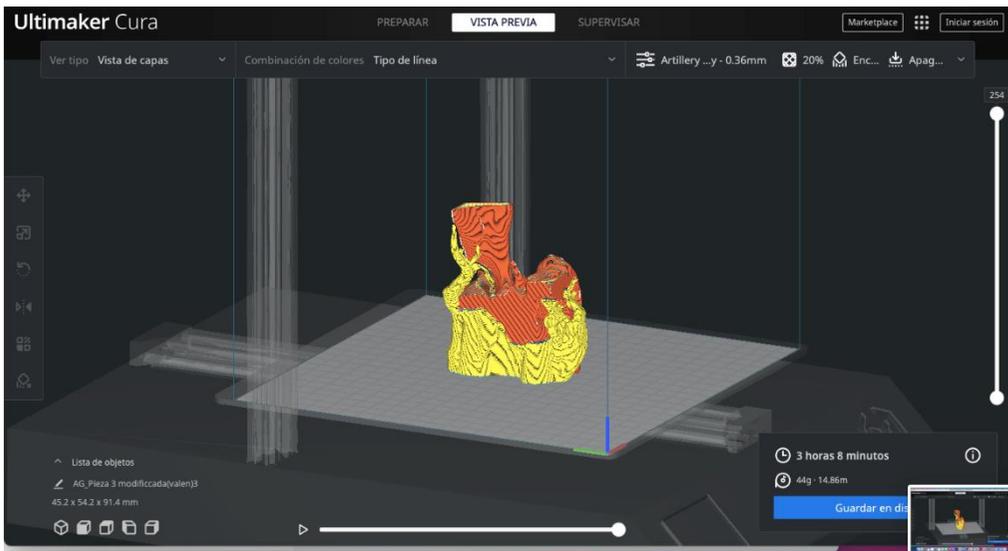
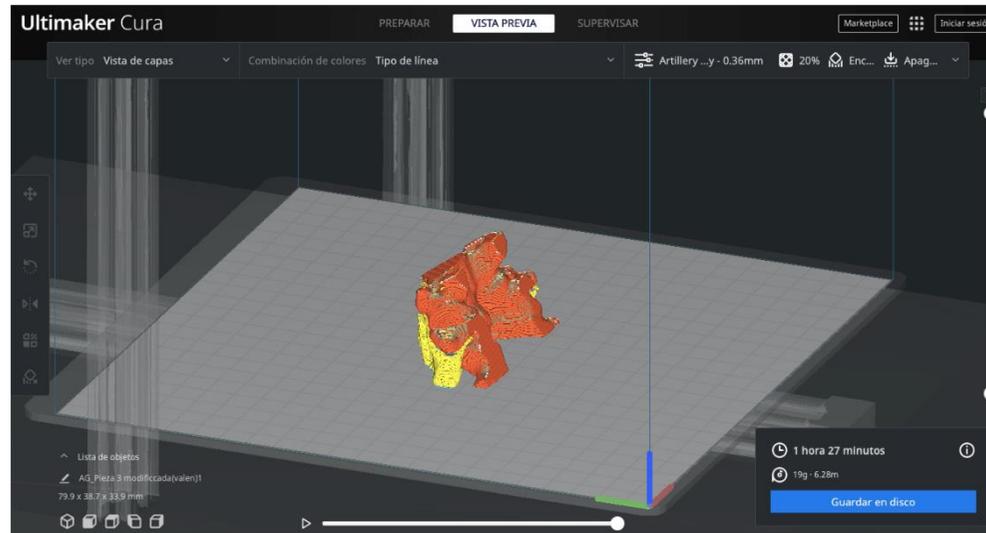


FIGURAS 99: Elaboración propia.

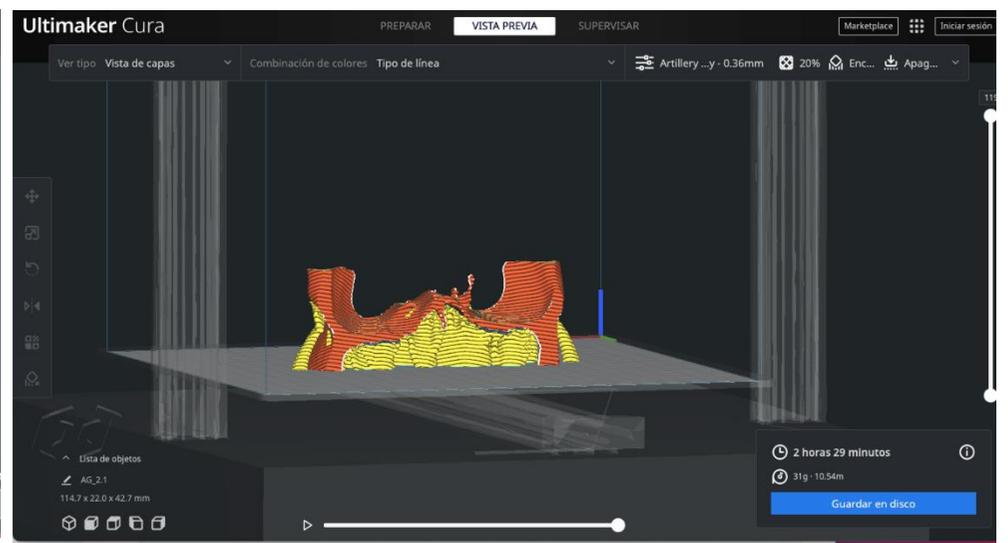
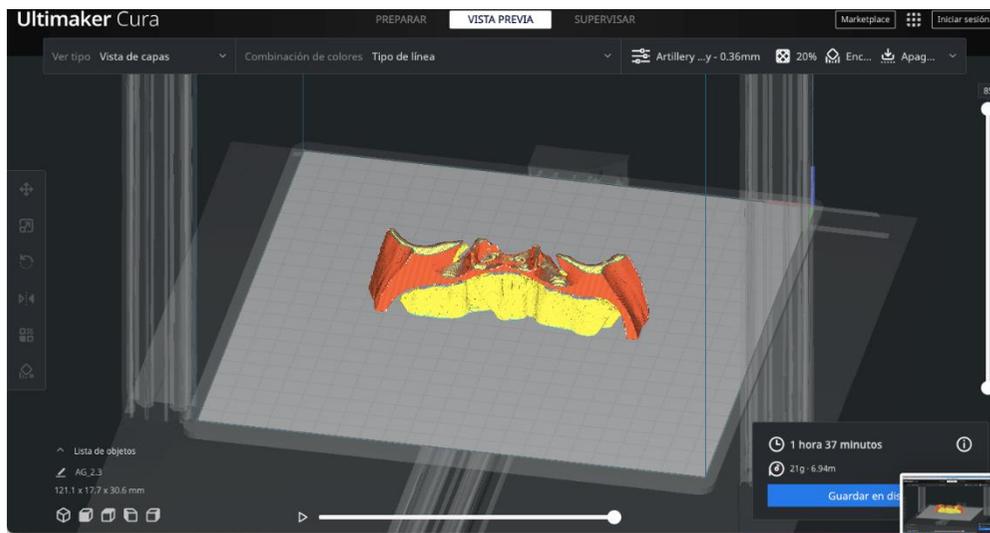
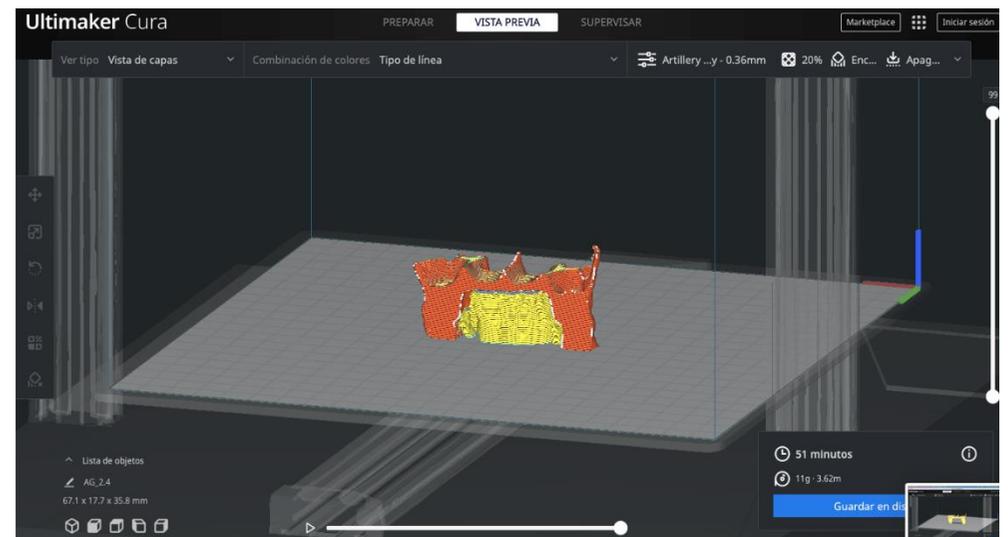
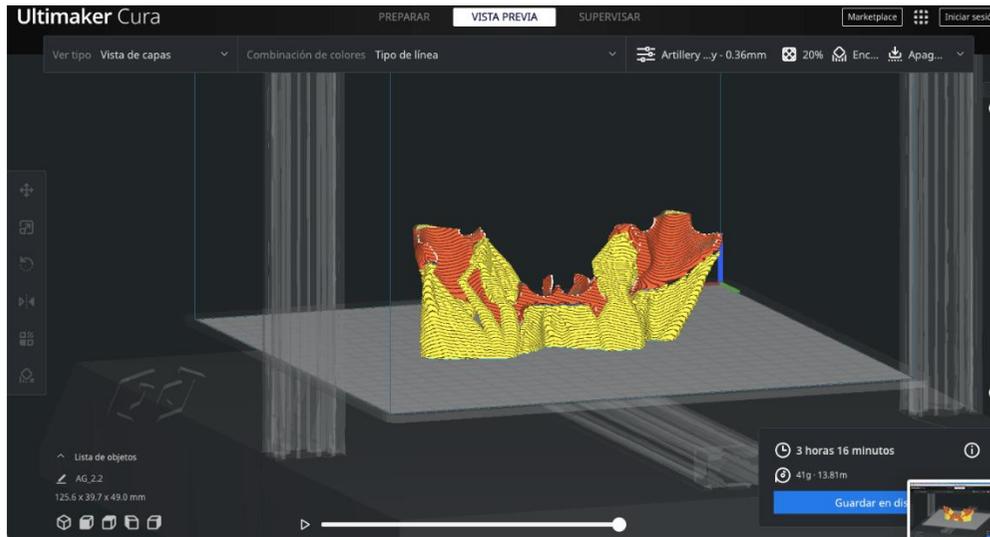
De esta manera, todas las piezas faltantes se analizarán con los mismos criterios, y priorizando un correcto orden en las capas de impresión.



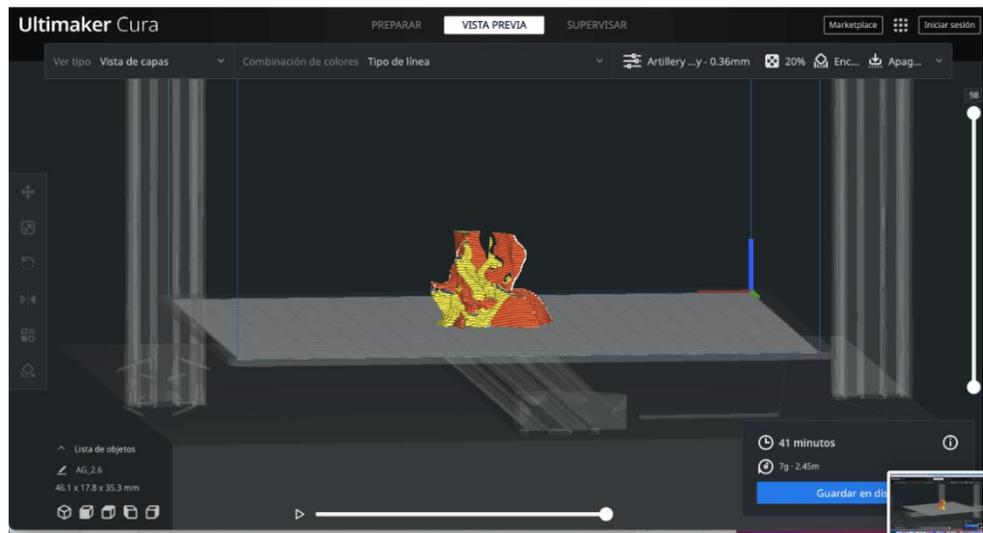
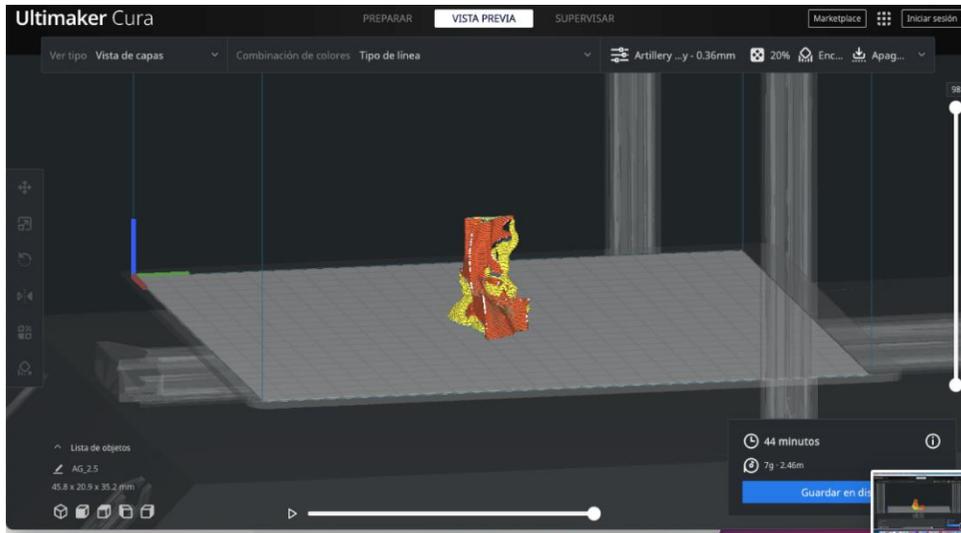
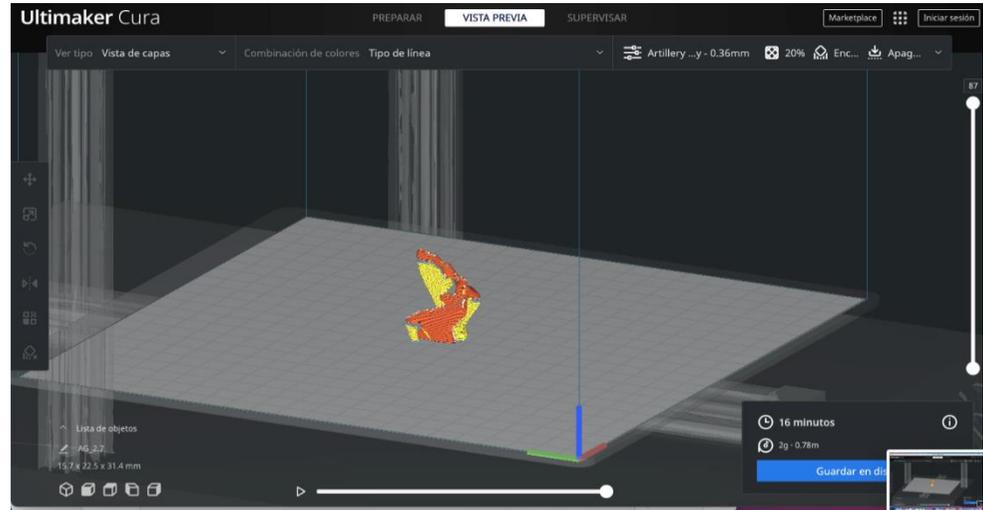
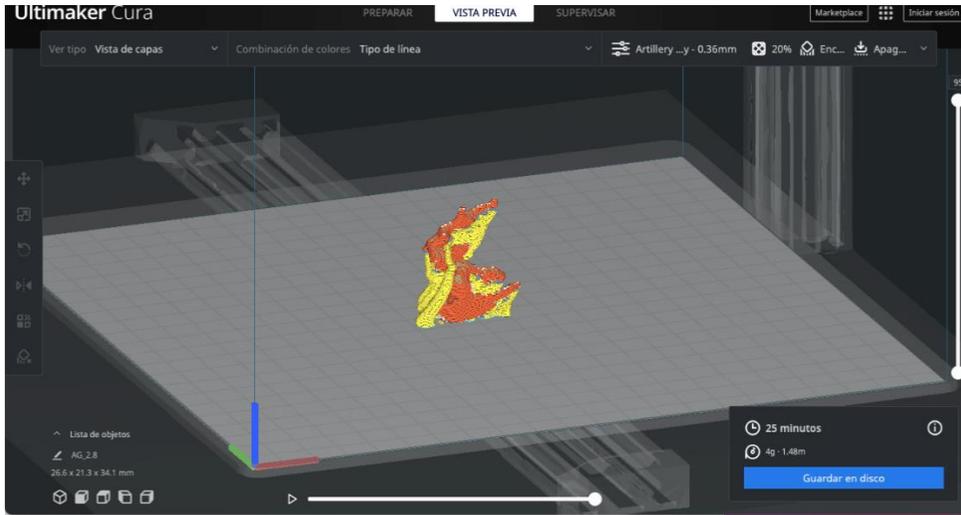
FIGURAS 100 y 101: Elaboración propia. posicionamiento en impresión.



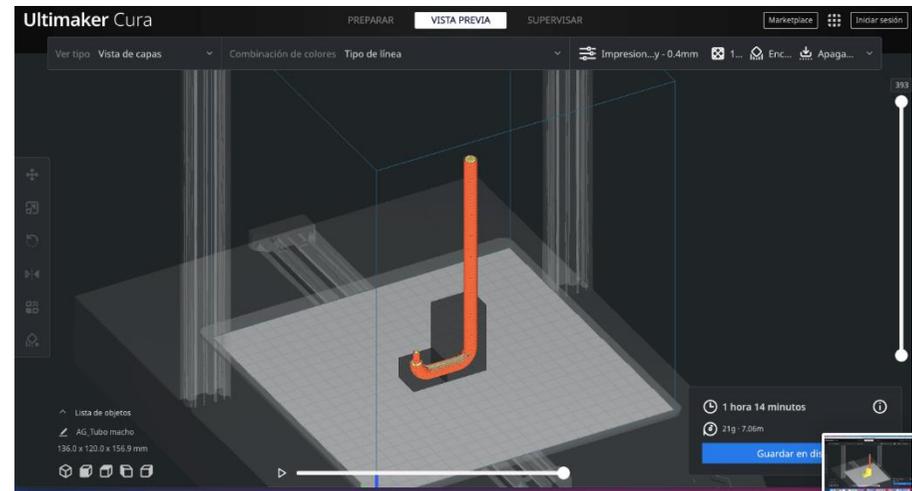
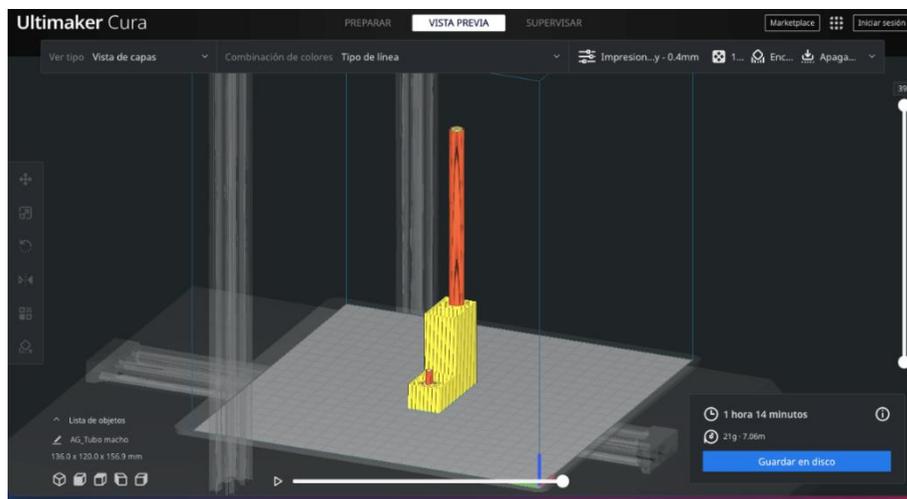
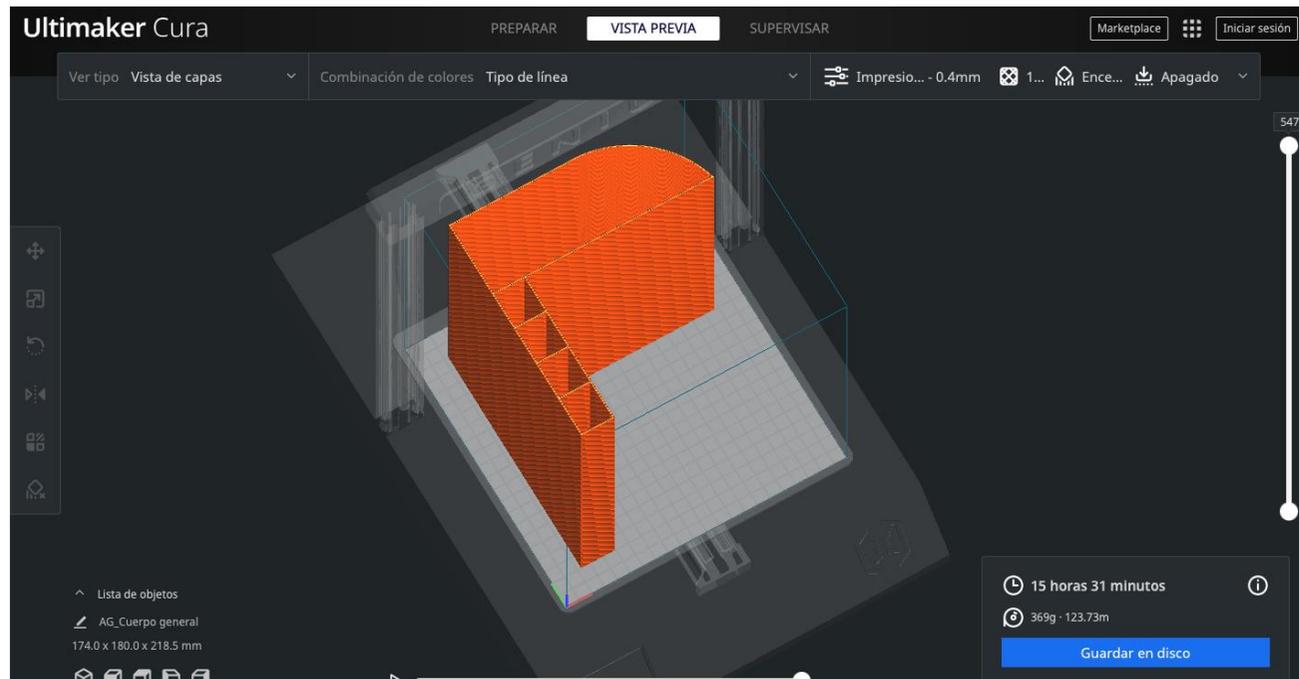
FIGURAS102, 103 Y 104: Elaboración propia. posicionamiento en impresión.



FIGURAS105, 106, 107 Y 108: Elaboración propia. posicionamiento en impresión.



FIGURAS109, 110, 111 Y 112: Elaboración propia. posicionamiento en impresión.



FIGURAS 113, 114 Y 115: Elaboración propia. posicionamiento en impresión.

## 7.6. PRUEBAS

Se realizaron distintas pruebas con la anatomía de la capa 1, debido a que es la zona más sencilla dentro del cráneo y requiere menos tiempo de impresión y además no necesita subdivisiones para ver el resultado completo.

Para eso se utilizó filamento que estaba disponible, sin necesidad de comprar uno por el momento, ya que para las pruebas era fundamental observar la calidad de impresión y no el color del modelo final, pero se obtendrá filamento blanco hueso para el prototipo final más adelante.

Como resultado se logra obtener la morfología principal, sus orificios y relieves lo más parecido a la anatomía real, pero no queda con un acabado suave al tacto, como sería en un hueso real. Sin embargo, como primer acercamiento y por costo de impresión, se establece como resultado óptimo para realizar un primer modelo físico en totalidad.



FIGURAS 116, 117, 118 Y 119: Elaboración propia. pruebas de impresión.

## 7.7. TABLA RESUMEN DE IMPRESIÓN

ARCHIVO	NOMBRE PIEZA	SECCIONES PIEZA	TIEMPO IMPRESIÓN	CANTIDAD MATERIAL (GRAMOS)	COLOR	ESTADO
CRÁNEO	PIEZA 1	Pieza1	3:55:00	54	hueso	IMPRESA
	PIEZA 2	Pieza2.1	2:29:00	31		IMPRESA
		Pieza2.2	3:16:00	41		IMPRESA
		Pieza2.3	1:38:00	21		IMPRESA
		Pieza2.4	0:51:00	11		IMPRESA
		Pieza2.5	0:44:00	7		IMPRESA
		Pieza2.6	0:41:00	7		IMPRESA
		Pieza2.7	0:16:00	2		IMPRESA
		Pieza2.8	0:25:00	4		IMPRESA
	PIEZA 3	Pieza3.1	1:28:00	19	IMPRESA	
		Pieza3.2	3:20:00	46	IMPRESA	
		Pieza3.3	3:10:00	45	IMPRESA	
	PIEZA 4	Pieza4.1	0:03:00	1	Rojo	IMPRESA
		Pieza4.2	0:16:00	2		IMPRESA
		Pieza4.3.1	0:10:00	2		IMPRESA
		Pieza4.3.2	0:11:00	2		IMPRESA
		Pieza4.3.3	0:11:00	2		IMPRESA
CAJA	CUERPO	Tapa lateral	0:58:00	22	celeste	IMPRESA
		Tapa lateral 2	1:23:00	31		IMPRESA
		Cuerpo general	15:31:00	369		IMPRESA
		Tapa superior	6:11:00	146		IMPRESA
	LUZ LATERAL	Caja luz	0:15:00	5		IMPRESA
		Luz	0:07:00	2		IMPRESA
	TUBOS	Tubo hembra	0:54:00	14		hueso
		Tubo hembra	0:54:00	14	IMPRESA	
		Tubo hembra	0:54:00	14	IMPRESA	
		Tubo macho	1:14:00	21	IMPRESA	
		Tubo macho	1:14:00	21	IMPRESA	
Tubo macho		1:14:00	21	IMPRESA		
<b>TOTAL</b>			53 horas y 53 minutos	977 gramos		

TABLA 7: Elaboración propia.

## 7.8. SISTEMA ELECTRÓNICO SIMPLE

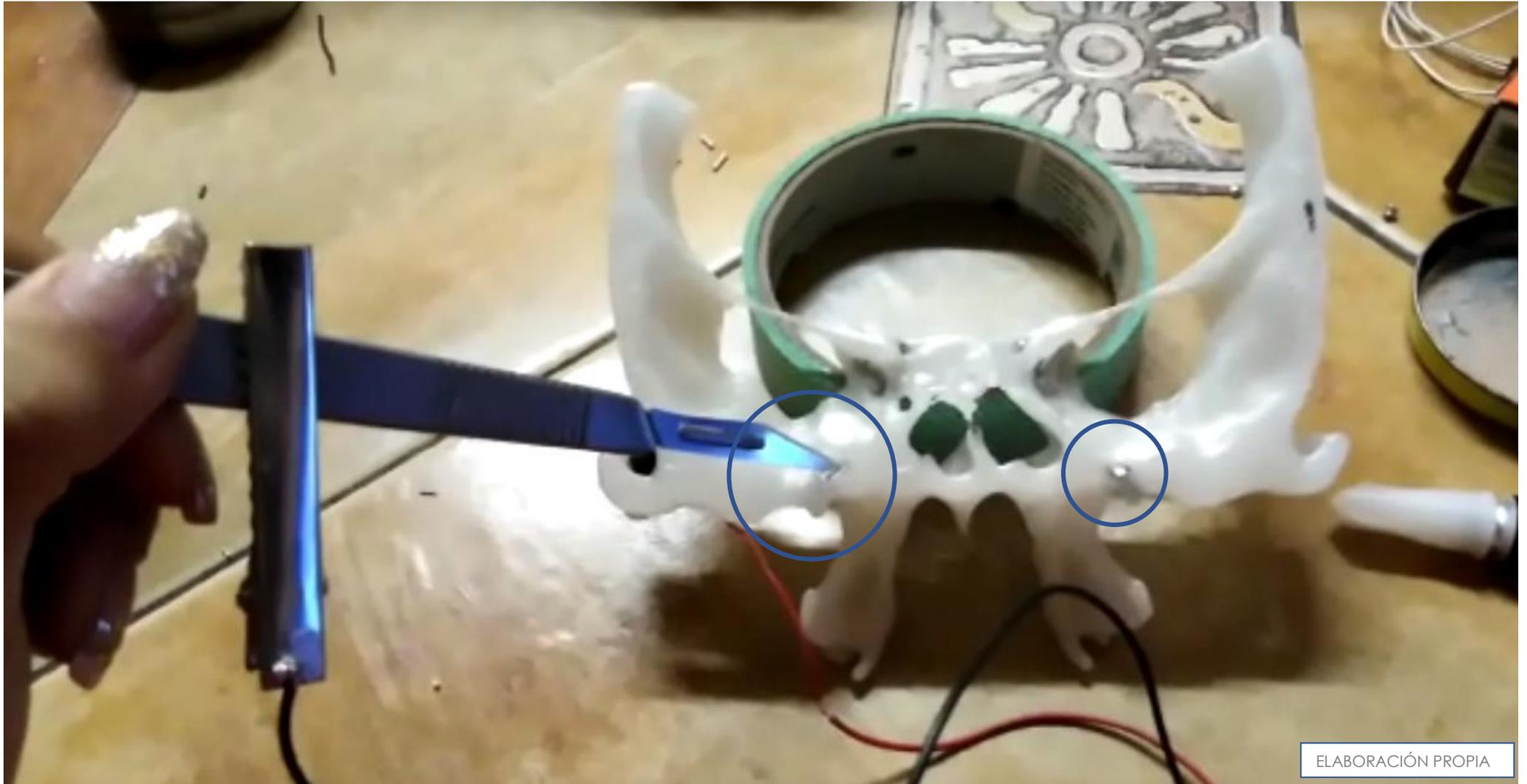
Como se mencionó con anterioridad, para que el modelo de entrenamiento tenga un impacto positivo en el estudiante, es necesario incorporar tecnología simple en un punto crítico de lo que sería un paciente real, es decir, destacar en el modelo cual es la zona que pondría en riesgo al paciente si es que se llegase a romper o fisurar, en este caso en particular, el techo etmoidal. Ya que por consecuencia podría dejar con secuelas importantes al paciente como, desprender líquido cefalorraquídeo, pérdida visual por lesión en nervio óptico o hemorragia, esta última es fundamental controlar ya que obstruye la visual del doctor y puede ocasionar otra lesión por falta de control en el campo visual durante el procedimiento.

Incluir en el modelo esta tecnología no solo sirve como señal de aviso de un posible riesgo, sino más bien, ayuda al entrenamiento del estudiante a través de las repeticiones, ya que cada vez que reciba el aviso de que estuvo en la zona crítica, el estudiante deberá comenzar otra vez el proceso de simulación del acceso a la silla turca, hasta que ya no cometa el error de compactar con fuerza el techo etmoidal y activar en este caso la luz.

Entre las opciones de vibración, sonido o luz, se decidió utilizar luz como aviso ya que es menos invasivo ante los sentidos durante el procedimiento, es decir, que mientras el estudiante realice el entrenamiento, se encontrará concentrado y posiblemente tembloroso ante una situación nueva bajo presión, por lo tanto, en ese contexto, una vibración podría llegar a asustar al usuario y ocasionar un accidente en él o en el modelo. Por otro lado, el sonido era una opción

tentadora, debido a que en medicina los sonidos significan alerta durante procedimientos quirúrgicos o en la recuperación del paciente, pero en esta circunstancia, supuestamente el becado aún no tiene las habilidades sensorio-motrices necesarias para reaccionar con cautela ante alertas fuertes, sobre todo en áreas anatómicas pequeñas como lo es el cráneo, así que de igual manera que en la vibración, podría sobre reaccionar ante el sonido fuerte y no lograr la pasividad que se necesita para poder desempeñarse adecuadamente ante un procedimiento tan cauteloso y preciso.

Es por todo lo anterior que se decide incorporar una luz, idealmente roja, que alerte sutilmente al estudiante que está en una zona riesgosa y que debe parar el procedimiento para volver a comenzar correctamente el entrenamiento. Esto tiene relación con el semáforo vial, mundialmente conocido, teniendo en cuenta que la luz roja siempre es detenerse de manera segura.



En una prueba anterior de impresión 3D, se realizó un circuito simple con una chicharra (antes de decidir que la alerta fuera una luz roja). En la prueba se incluyó metal en distintos puntos críticos del hueso esfenoides, como nervios ópticos y vidianos, para crear conductividad y que al tocarlos se produjera el sonido. La prueba fue un éxito, pero se concluyó que, en la propuesta final del modelo, era necesario que no solo un punto funcionara como alerta, sino una zona anatómica más extensa, por lo tanto, un punto de metal no era suficiente y se necesitaba fabricar una pieza anatómica completa que fuera conductiva. Debido a lo anterior se investigaron formas de solucionar esa problemática y se decidió imprimir la pieza en ABS conductivo.

### 7.8.1. ABS conductivo

Al ser un nuevo material, se probó el ABS conductivo anteriormente mencionado, como es un filamento diferente al ya trabajado se necesitan preparar nuevamente los parámetros adecuados para la impresión y realizar diversas pruebas de espesor y tamaño para visualizar su conductividad.

Se realizaron 4 pruebas, tres círculos de espesores 1mm, 2mm y 4mm. En las 3 no se obtuvo un resultado esperado y no se encendió la luz, así que se imprimió una nueva pieza, esta vez, una pequeña parte anatómica del modelo real propuesto, para analizar si había conductividad en piezas más complejas con algún otro tipo de voltaje y esta vez manejando polos positivos y negativos. Si logró encenderse la luz pero con muy poca potencia, así que se intentó incorporar pintura conductiva en el modelo impreso para aumentar conductividad.

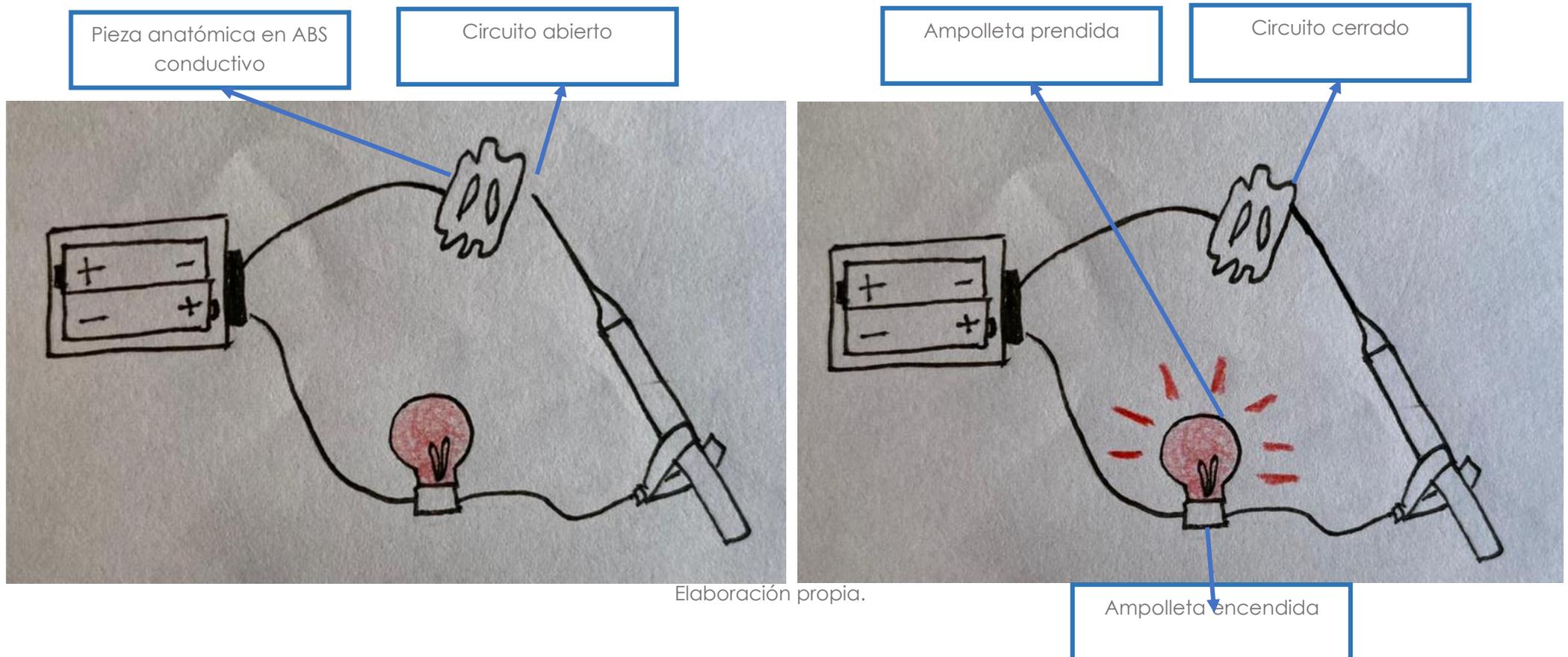
Finalmente, ya que no se logró la intensidad deseada de luz, se realiza una mezcla entre impresión en ABS conductivo, pintura conductiva en puntos críticos y utilización de estaño y cables para unir todo, logrando la intensidad de la luz necesaria para que funcione adecuadamente como alerta.



## 7.8.2 Circuito

Existen distintos tipos de circuitos simples, pero en este proyecto se utilizará un circuito abierto, es decir, que dentro del circuito existe una interrupción que no permite conectar todos los conductos metálicos, impidiendo que la carga cumpla el recorrido necesario para que se establezca la circulación de la corriente eléctrica.

En este caso en particular es necesario, ya que el circuito se cerrará en el momento en que la herramienta quirúrgica unida por una pinza al circuito, toque la pieza impresa en ABS conductivo y permita que transcurra la corriente eléctrica hasta prender la ampolleta con luz roja.



## 7.9. INSTRUCTIVO Y TABLA DE REGISTRO

En la siguiente tabla se encontrarán las fases que debe emplear el estudiante durante el acceso a la silla turca y 5 cualidades por cada una de ellas, que deberá registrar con un rango del 0 al 5, siendo 0 no logrado y 5 logrado. En el caso de las repeticiones y el tiempo que necesitó en realizar la fase, es fuera de rango y dependerá de la cantidad real que necesitó efectuar.

Ej.: FASE 1, paso 8. Repeticiones 7, ubicación espacial 2/5, control y coordinación 3/5, precisión 0/5, Tiempo 40 segundos.

Para el diseño de esta tabla, se redujeron los pasos en relación a los que competen al estudiante y las partes óseas, dejando de lado la realización de colgajos y fisuras en partes blandas. Además, se seleccionaron 5 cualidades que podían resumir las **habilidades** esperadas propuestas con antelación.

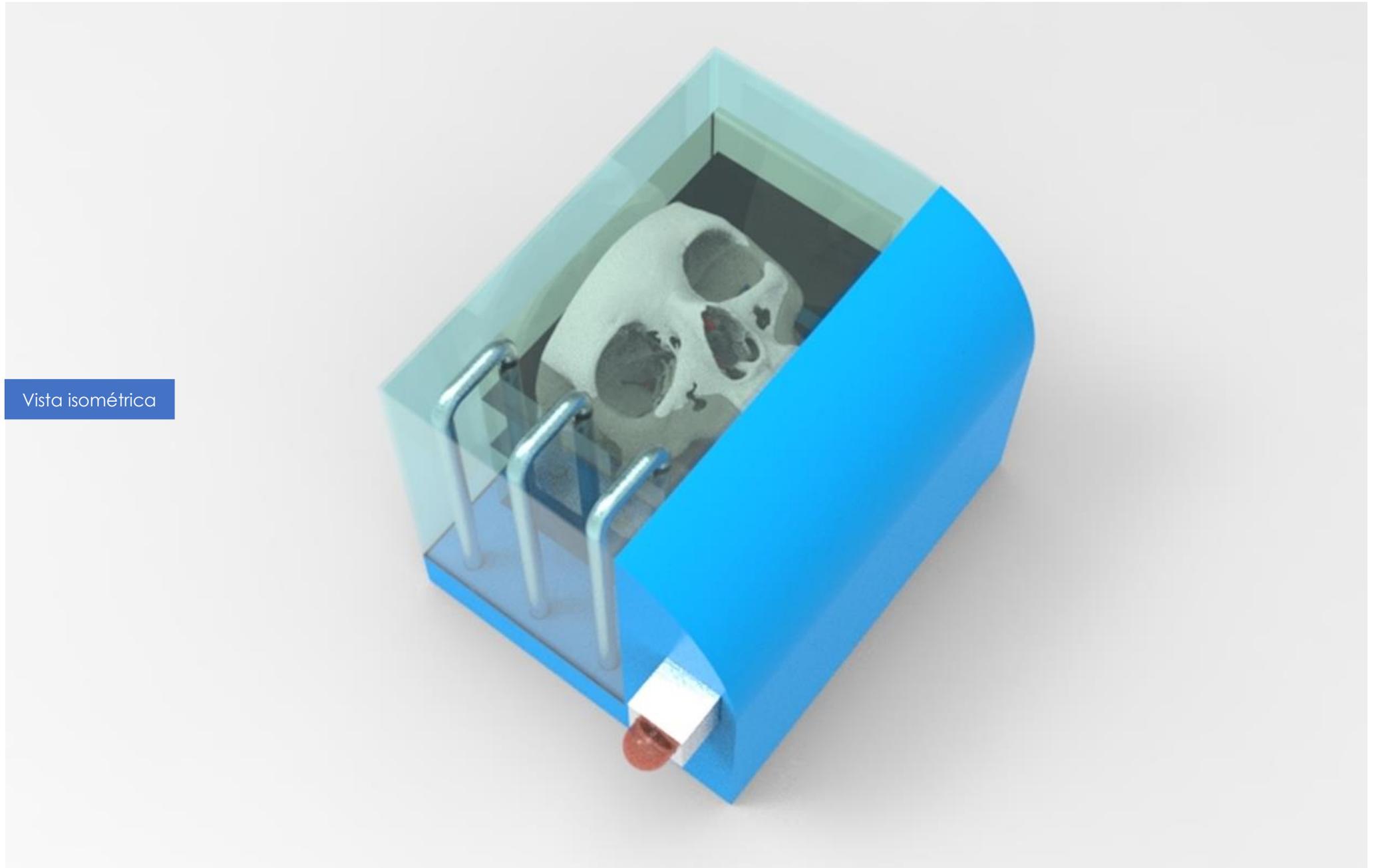
FASE 0	Repeticiones	Ubicación espacial	Control y coordinación	Precisión	Tiempo (Velocidad)
1.El equipo de neuroendoscopía (monitor, fuente de luz y cámara) se coloca a la izquierda del paciente a la altura de la cabecera de la camilla.					
2.Los neurocirujanos y otorrinolaringólogos se colocan a la derecha de la camilla, de frente a los monitores, y a la izquierda de la mesa de instrumentación.					
3. Una vez posicionado el paciente, se procede a realizar una primera limpieza con yodopovidona en la región nasal, maxilar y peribucal. Luego se da paso a la topicación de la mucosa nasal con algodones embebidos en adrenalina u oximetazolina, con el objetivo de lograr vasoconstricción local para disminuir el sangrado durante la realización del abordaje. Paso esencial con el especialista anesthesiologo.					

FASE 1	Repeticiones	Ubicación espacial	Control y coordinación	Precisión	Tiempo (Velocidad)
1. Elección de fosa nasal profesional. Balancear colores y enfoque de la cámara.					
2. Insertar endoscopio.					
3. Reconocer cornete inferior y medio, piso de la fosa nasal (hueso maxilar superior) y septum nasal.					
4. Recorrer con endoscopio toda la cavidad, hasta la coana para explorar y reconocer el área y contexto del paciente.					
5. Generar corredor nasosinusal "ampliando" la cavidad para que llegue más luz, reclinando los cornetes inferior y medio hacia lateral utilizando un disector y algodón embebido con adrenalina y lidocaína para evitar erosión y sagrado de la mucosa.					
6. Generado el corredor nasosinusal, se inspeccionan y se identifican los límites de la coana, la turbina superior, el receso esfenoidal y finalmente el ostium esfenoidal (parte del seno esfenoidal que se comunica con el sector posterior de las fosas nasales a través de dos orificios), objetivo máximo al cual llegar.					
7. Confección de Rescue Flap o colgajo nasoseptal de rescate: Tallado de dos incisiones horizontales del plano sagital, una superior (a 2cm de techo de fosas nasales) e inferior (sobre el hueso maxilar superior). Se disecciona mucosa del septum nasal preferentemente con coagulación monopolar con punta de colorado, debido a su precisión y menor daño colateral por diatermia (técnica donde se aplica corriente de alta frecuencia que acelera metabolismo de células que alivia la inflamación).					

<p>8. Incisión 1: Se inicia en el borde inferior del ostium esfenoidal (habitualmente se encuentra a unos 2 cm del techo coanal), prolongando esa incisión hacia adelante unos 4 cm. En este punto de la cirugía es importante destacar que esa incisión horizontal debe discurrir a no menos de 1,5 cm del techo de las fosas nasales, con el objetivo de no lesionar el epitelio olfatorio inmerso en esa porción más alta de la mucosa septal.</p>					
<p>9. Incisión 2: Es paralela a la previa, que comienza en la unión del techo y la pared medial de la coana, descendiendo hacia el piso de la fosa nasal, siguiendo hacia sobre la cresta del hueso maxilar superior, hasta la unión mucoepidermoide en el extremo más anterior de la nariz.</p>					
<p>10. Continúa con la realización de la septectomía posterior, la cual se lleva a cabo resecaando la lámina perpendicular del etmoides (utilizando bisturí N° 11) en conjunto con el vómer hasta su articulación con la espina del esfenoides.</p>					
<p>11. Se crea una cavidad única entre las dos fosas nasales, con una exposición completa del rostrum esfenoidal, generándose así el verdadero abordaje bilateral que permitirá maniobrar la óptica y el instrumental a través de ambas fosas nasales, considerando no extraer la mucosa, sino recortarla como colgajo o cortina.</p>					
<p>12. La fase concluye con la exposición completa del rostrum esfenoidal y con la exposición de ambos ostium esfenoidales, los cuales serán la puerta de entrada al seno esfenoidal.</p>					

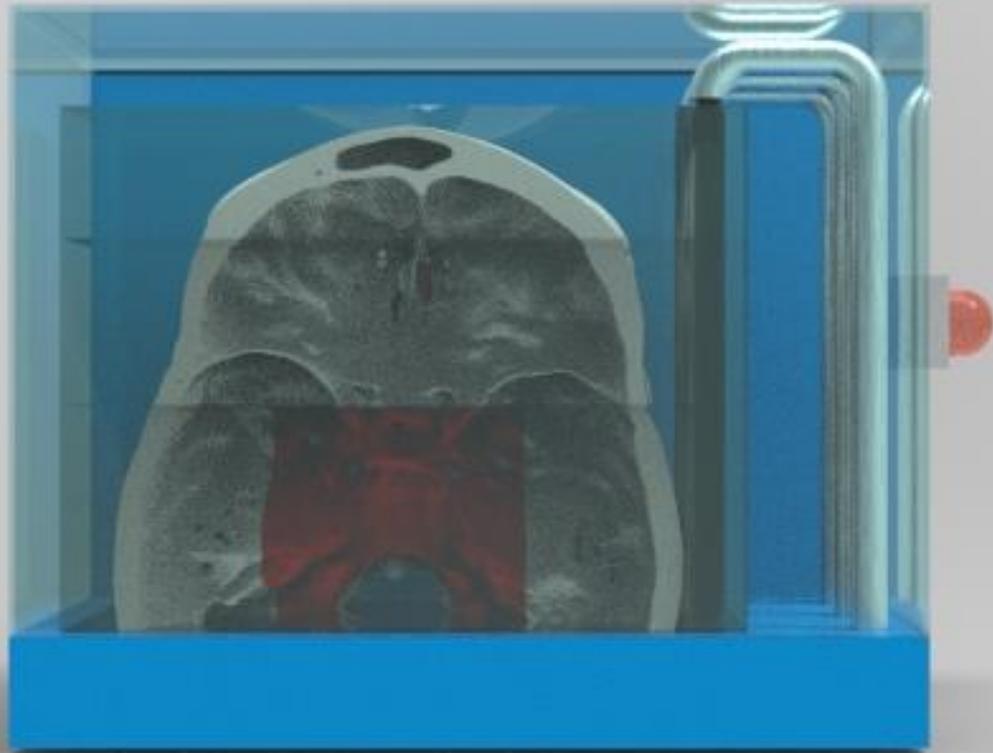
TABLA 8 Y 9: Elaboración propia

## 7.10. PROPUESTA FINAL

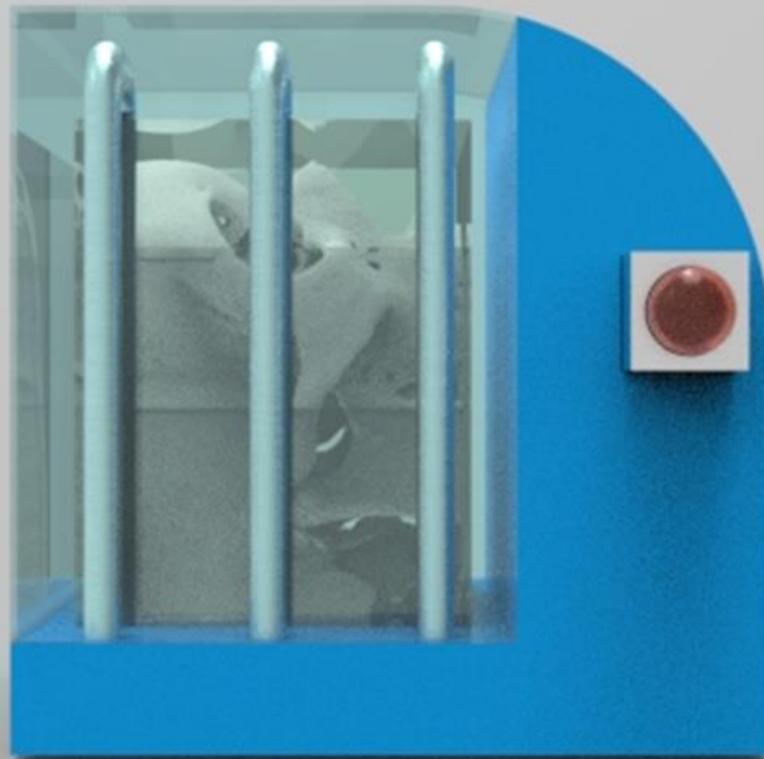


Vista isométrica

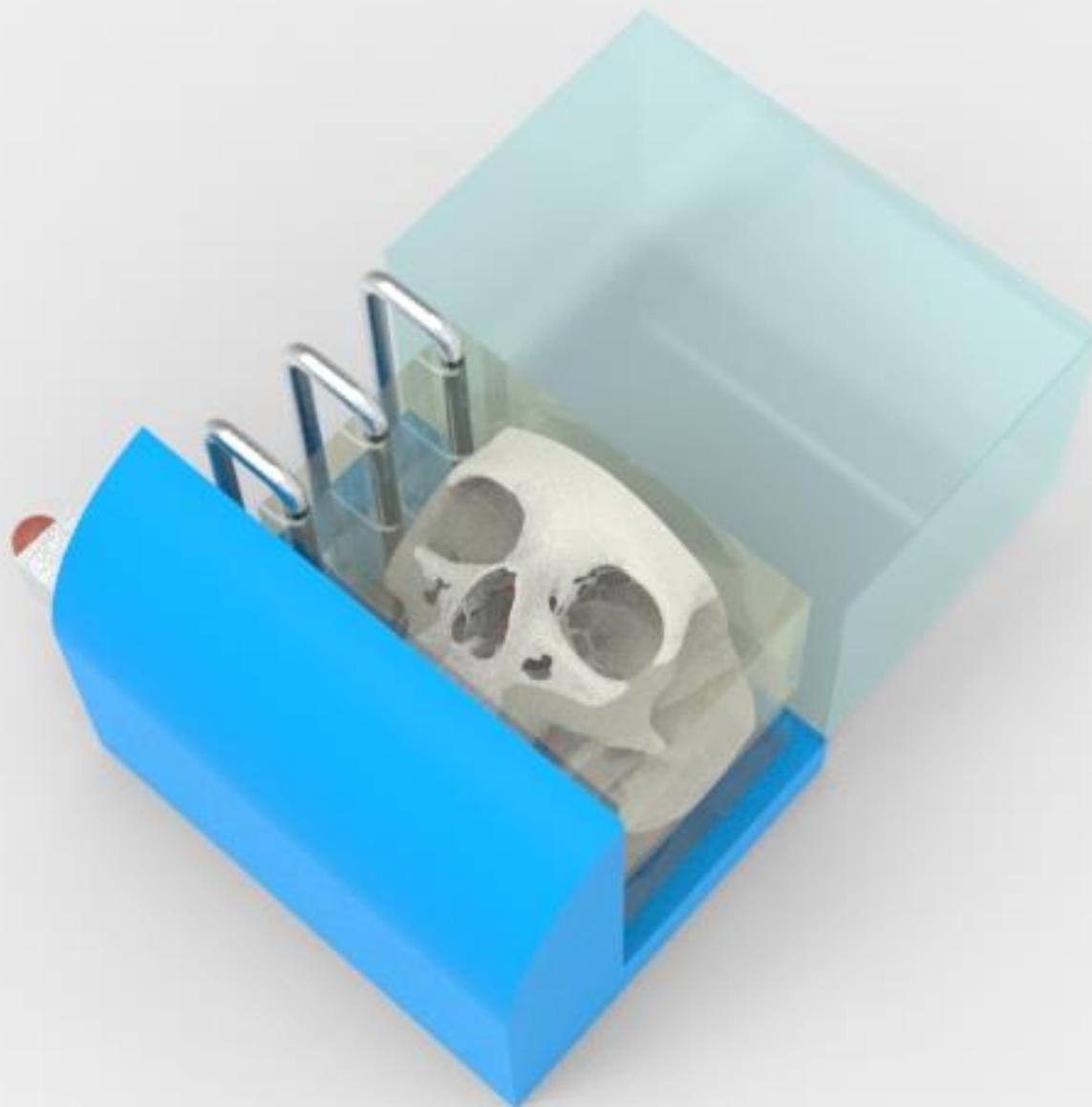
Vista frontal



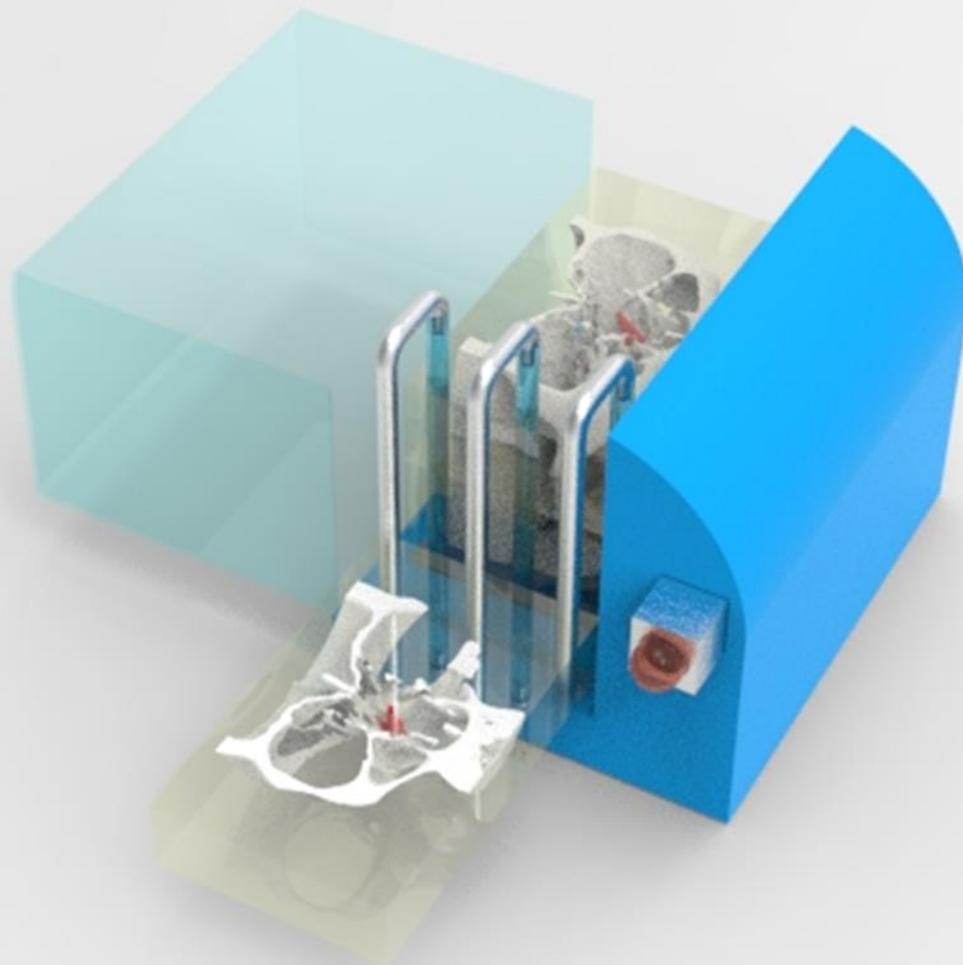
Vista lateral izquierda



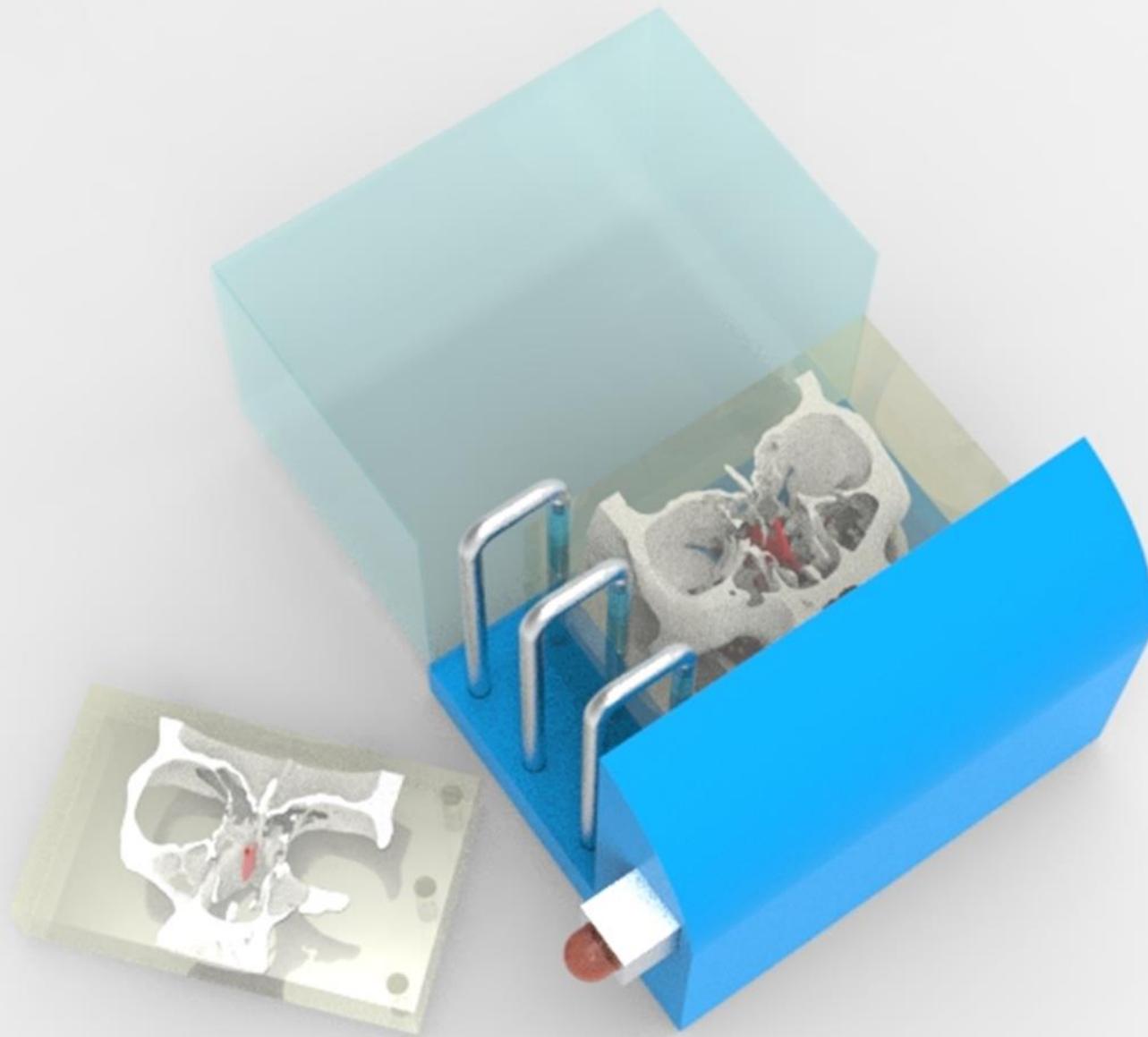
Vista superior  
con tapa abierta



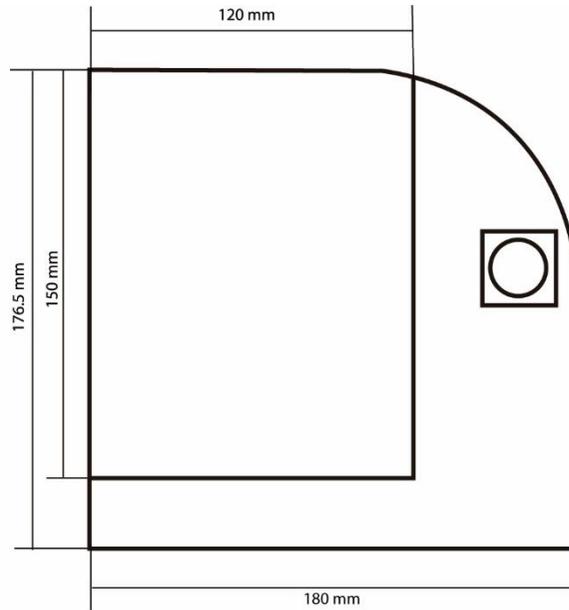
Vista lateral  
demostrando el  
riel



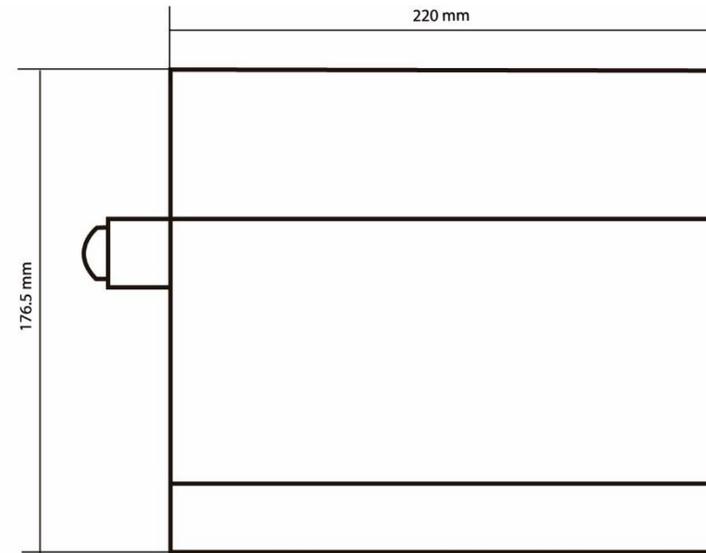
Vista superior,  
demostrando la  
posibilidad de  
extraer y estudiar  
cada capa a  
través de la  
apertura del riel



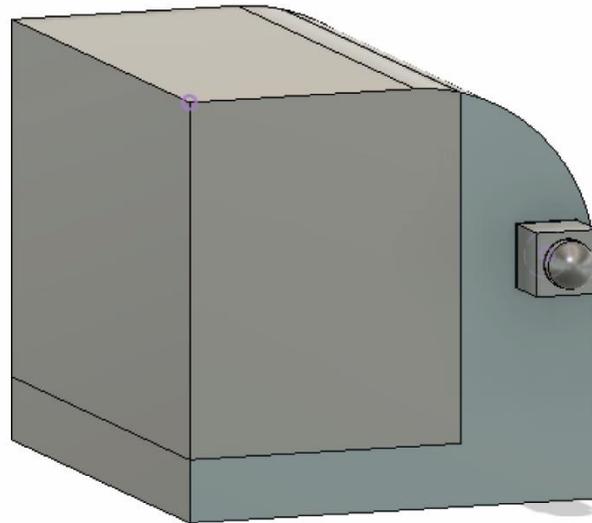
## 7.11. PLANO COTAS GENERALES



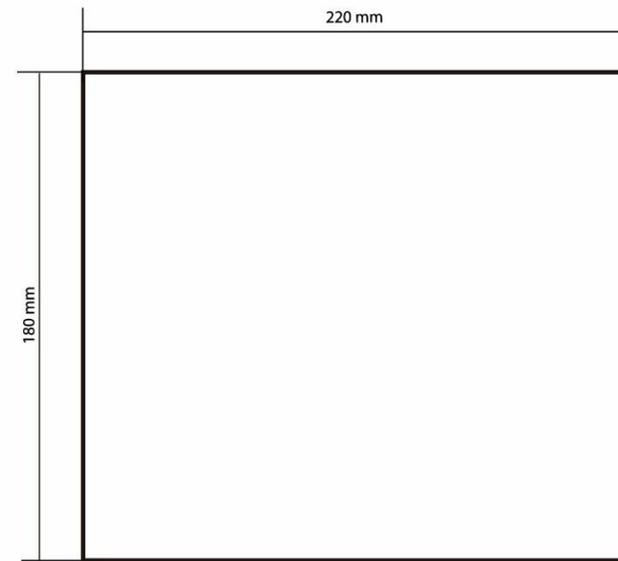
VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA FRONTAL



VISTA ISOMETRICA



VISTA SUPERIOR

# CAPÍTULO 8

## CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

El comienzo de esta investigación tenía como propósito exponer a través de datos concretos, la necesidad que existe en Chile de entregar herramientas prácticas y didácticas para los estudiantes en formación de otorrinolaringología, que estén en su etapa de “Becados” tratando de obtener la especialidad. Con el objetivo de poder facilitar su estudio, practica y entrenamiento, por primera vez y previamente a realizar una cirugía compleja, como lo es la cirugía transesfenoidal endoscópica, y sin tener que intervenir a un paciente real. La idea principal fue entregar un modelo que pueda ser en su mayoría impreso en 3D a partir de un escáner médico real de un caso de tumor hipofisario, incorporando tecnología simple que señale el manejo correcto de las herramientas quirúrgicas e indicando si el estudiante realiza algún error en el modelo que emulara un riesgo en el paciente.

Se reconoció la importancia del entrenamiento prequirúrgico en medicina y otorrinolaringología en particular, debido a su compleja anatomía y contacto con nervios y órganos vitales para el ser humano, se detallaron y analizaron los niveles de conocimientos adquiridos en estudiantes

que adquieren la especialidad y como es su desempeño en el sistema de salud en Chile.

Se analizó la cirugía transesfenoidal endoscópica en su totalidad, identificando sus fases pre y post operatorias, sus puntos críticos y como puede verse afectado el paciente si llegaran a ocurrir errores dentro de la cirugía, eligiendo como fase a replicar en el modelo la 0-1 denominándola “acceso a la silla turca”. Esta zona es donde se encuentra la hipófisis y los tumores hipofisarios, preparando el recorrido y espacio que deberá realizar y manejar el neurocirujano al momento de extraer el tumor facilitando el manejo de las herramientas quirúrgicas con ambas manos y la visión analítica.

Se obtuvieron datos concretos que lograron exponer la relevancia de la práctica y entrenamiento previo a una cirugía, que pueda complementar el estudio anatómico en libros y papers. Lo anterior permitió demostrar que es fundamental adquirir además conocimientos sensorio-motrices que no entorpezcan el proceso previamente estudiado y analizado, sino más bien, facilite el procedimiento evitando riesgos y secuelas que puedan ser permanentes en el paciente. De esta forma el estudiante puede obtener la especialidad con conocimientos y experiencias completas pudiendo desempeñar en el futuro una carrera profesional exitosa sin afectar a un ser humano real.

Al revisar el estado del arte en Chile y el mundo, se relacionó el avance tecnológico, el diseño y la medicina y cómo esta puede fomentar el

estudio seguro. Gracias al manejo de software y la impresión 3D se facilita la fabricación de elementos prácticos y didácticos que simulan pacientes y partes del cuerpo humano de forma clara y realista. Pero, por otro lado, se demostró cómo no es asequible para todos los estudiantes por igual debido a los recursos desiguales de los distintos centros de formación y el costo de productos anatómicos en caso de querer adquirirlos de forma particular.

Debido a todo lo anterior se pudo obtener la oportunidad de diseño y requerimientos necesarios para diseñar una nueva propuesta que funcione como modelo de entrenamiento para estudiantes que quieran obtener la especialidad de otorrinolaringología. Con los datos obtenidos se realizó una lluvia de ideas que, al analizarse y estudiarse, permitió reformular una propuesta de modelo de entrenamiento ergonómico, transportable, asequible y didáctico que emule lo más realista posible la zona anatómica que se necesita para el acceso a la silla turca.

Luego de varias iteraciones en la propuesta se decidió no replicar todas las capas del rostro humano que incluyen piel, partes blandas, nervios, arterias y partes óseas. Esto es debido a la complejidad anatómica no pudiéndose leer correctamente en el programa de diseño paramétrico, creando un fallo en el modelo de impresión. A lo anterior se añade que se producía un mal funcionamiento en el computador debido a la tremenda complejidad del modelo. Por lo tanto, en conjunto a especialistas en ORL se decide

enfocar el modelo en las partes óseas, principalmente tabique, etmoides, esfenoides y silla turca, entendiendo que es lo principal que se debe reconocer para poder realizar de forma correcta el procedimiento quirúrgico.

Finalmente se diseña una propuesta que funcione como modelo **anatómico** que facilite el estudio visual de las fases de la cirugía y la anatomía implicada y además que funcione como modelo **práctico didáctico** que incluya tecnología básica para comprender partes críticas y llevar un registro del avance sensorio motriz desarrollado a través de las repeticiones en el manejo del instrumental quirúrgico con ambas manos y el reconocimiento espacial de tamaño y campo visual.

Debido a la complejidad en el tamaño anatómico, se descartaron varios puntos que querían incorporarse en el modelo digital en un principio y que afectaron la fabricación del modelo principal, pero que, con el avance tecnológico, los recurso y el tiempo podrían concretarse. Por ejemplo, combinar capas blandas y óseas, diseñar las capas de forma orgánica que se guíen por la forma del hueso y no de forma recta o plana; o incorporar tecnología con Arduino que señalara no solo el contacto con puntos críticos, sino además la fuerza con la que se empleó el movimiento o la distancia con respecto al recorrido correcto.

## 8.2 PROYECCIONES

Debido a la complejidad en el tamaño anatómico, se descartaron varios puntos que querían incorporarse en el modelo digital en un principio y que afectaron la fabricación del modelo principal, pero que, con el avance tecnológico, los recursos y el tiempo podrían concretarse. Por ejemplo, combinar capas blandas y óseas, incorporar tecnología con Arduino que señale no solo el contacto con puntos críticos, sino además la fuerza con la que se empleó el movimiento o la distancia con respecto al recorrido correcto, o mejorar el proceso productivo en general. Sin embargo, lo principal de esta investigación es mejorar las habilidades sensorio-motrices del estudiante de otorrinolaringología, en la cirugía transesfenoidal en específico, preparándolo para su futura carrera profesional y su desempeño en una cirugía real, por lo tanto, es fundamental poder concretar más adelante pruebas en conjunto y por un tiempo prolongado, para poder ver y evaluar los resultados luego de varias repeticiones utilizando el modelo.

Es imprescindible para futuras mejoras en el modelo saber en cuánto tiempo vio resultados, cuántas repeticiones necesitó y cuánto mejoró las habilidades anteriormente mencionadas pero que vale la pena recordar nuevamente:

### Habilidades perceptivas:

- Visión Bidimensional.
- Coordinación Visomotora.
- Ubicación espacial.
- Reconocimiento de distancias.
- Navegación adecuada.
- Reconocimiento de anatomía por medio de densidades y texturas.

### Habilidades motoras:

- Coordinación y control del movimiento en campo quirúrgico reducido.
- Control y coordinación precisa de ambas manos simultáneamente.
- Control estático del objeto con mano no dominante por largos períodos.
- Alternación de la posición respecto de los instrumentos.
- Precisión de movimientos.
- Precisión de fuerza aplicada.
- Velocidad de uso.
- Ciclos de uso.
- Inserción paralela respecto al Endoscopio.

Por otro lado, es necesario pensar constantemente en una nueva retroalimentación e investigación para mejorar las etapas de fabricación del modelo, es por esto, que se proyectan cambios en el proceso de impresión y materialidades de la propuesta.

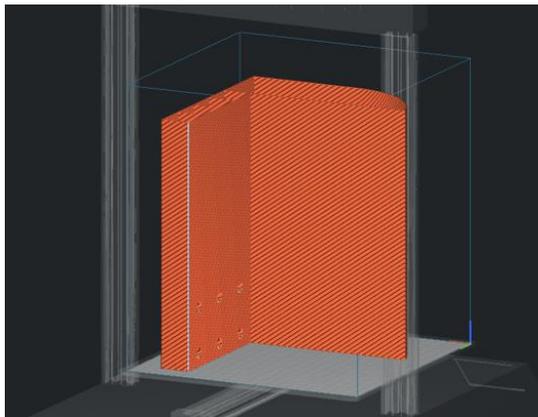
### Proyecciones en FDM:

Para la realización del primer prototipo, se estandarizaron características de la impresión para luego, en una producción de más piezas generales, comenzar a desglosar diferencias de las características. Estas características fueron importantes en la selección de parámetros para el código de impresión, debido a que se buscó crear una parametrización general para elementos pequeños y grandes.

Una de las características estandarizadas que determina calidad de impresión, gramos a utilizar y tiempo de impresión fue el tamaño de boquilla a utilizar. Si bien, el estándar base de impresión es con un grosor de línea de pared de 0.4 mm (400 micras), se seleccionó una boquilla de 0.6 mm debido a los acotados tiempos de impresión y a las piezas que se debían realizar. Una boquilla de 0.4 mm permite una altura de capa (resolución) máxima de 0.32 mm, lo que habría significado un tiempo excesivo para las piezas exteriores o más grandes. Sin embargo, para las piezas pequeñas y de más detalle, la boquilla de 0.2 mm o 0.4 mm habría permitido impresiones de mayor calidad.

Esta información puede ser considerada en el futuro, permitiendo dividir en grupos las piezas a imprimir y generar un estándar de grosor de línea de pared según el tamaño total de la pieza a imprimir.

Asimismo, en el caso de las piezas de mayor tamaño (como el cuerpo base del elemento portador del cráneo), la boquilla de 1.0 mm, habría permitido impresiones de buena calidad, reduciendo considerablemente el tiempo de impresión.



Según lo nombrado anteriormente, es posible realizar el caso ejemplificador:

(Si bien parámetros como densidad de relleno, patrón de relleno, velocidad de impresión, tipo de soporte, entre otros, impactan de forma considerable los tiempos de impresión y la cantidad de material a disponer, utilizaremos solo la resolución para realizar las comparaciones).

La pieza de la imagen adjunta corresponde al cuerpo base del elemento portador del cráneo. Según el **estándar realizado para todas las piezas**, la resolución de impresión queda de la siguiente manera:

- Ancho de línea de pared: 0.6 mm (600 micras), debido a que la boquilla es de 0.6 mm.
- Cantidad de paredes: 2
- Altura de capa: 0.4 mm (400 micras), pudiendo utilizar como altura máxima 0.48 mm.
- Tiempo de impresión: 15 horas con 31 minutos.
- Cantidad de material a utilizar: 369 gramos.

Si realizamos una **mejor resolución** de impresión, utilizando una boquilla de **menor tamaño**, los parámetros quedarían de la siguiente manera:

- Ancho de línea de pared: 0.4 mm (400 micras), debido a que la boquilla es de 0.4 mm.
- Cantidad de paredes: 3
- Altura de capa: 0.3 mm (300 micras), pudiendo utilizar como altura máxima 0.32 mm.
- Tiempo de impresión: 25 horas con 38 minutos.
- Cantidad de material a utilizar: 365 gramos.

Asimismo, si realizamos una **menor resolución** de impresión, utilizando una boquilla de **mayor tamaño**, los parámetros quedarían de la siguiente manera:

- Ancho de línea de pared: 1.0 mm (1000 micras), debido a que la boquilla es de 1.0 mm.
- Cantidad de paredes: 2
- Altura de capa: 0.72 mm (720 micras), pudiendo utilizar como altura máxima 0.8 mm.
- Tiempo de impresión: 6 horas con 30 minutos.
- Cantidad de material a utilizar: 479 gramos.

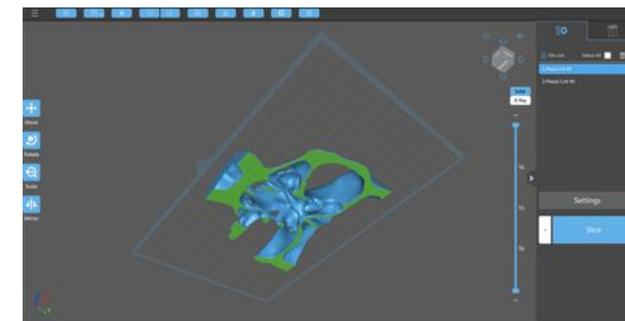
Esta información nos permite considerar que las piezas pequeñas de mayor detalle pueden ser realizadas con boquillas de mejor resolución, siendo trabajadas con un ancho de pared de 0.4 mm o menor; mientras que las piezas de gran tamaño pueden ser trabajadas con boquillas mayores de 0.6 mm (según el ejemplo, de 1.0 mm), permitiendo obtener piezas finales de buena calidad y con detalle óptimo, en un menor tiempo de impresión. La disminución de tiempo de impresión trae consigo no sólo disminución de tiempo de producción, sino también la disminución de la posibilidad de error durante el progreso de impresión de la pieza, permitiendo incluso la posibilidad de realizar nuevas piezas en caso de atascos o problemas. Sin embargo, esto podría significar realizar un análisis comparativo en la cantidad de filamento a utilizar, debido a que, a mayor tamaño de boquilla, mayor gasto de filamento.

Proyecciones en Resina:

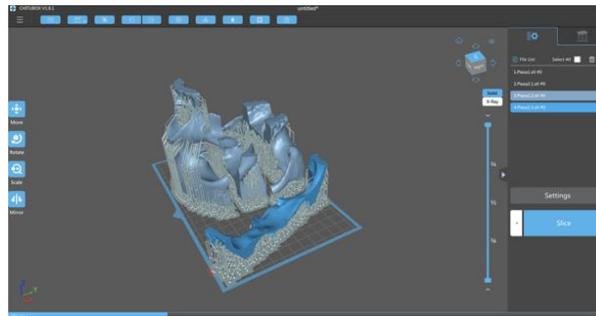
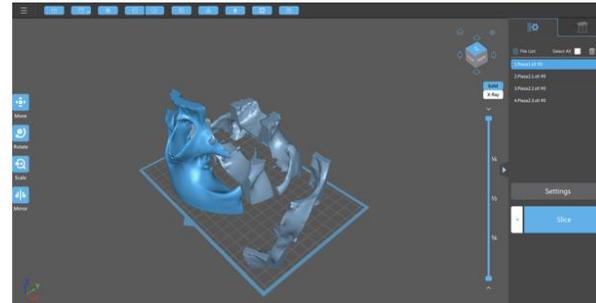
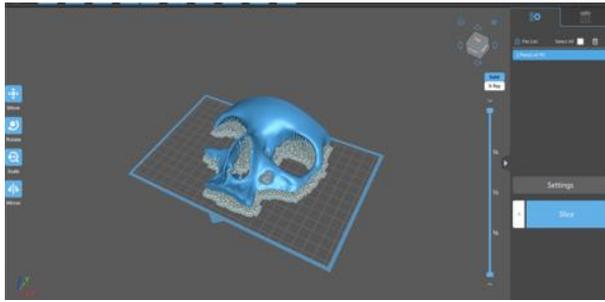
En la proyección para la realización de impresiones en resina, se considera la posibilidad de utilización de una impresora Anycubic Photon Mono X. Dicha impresora posee un volumen de impresión de X: 192 mm, Y: 120 mm, Z: 245 mm.



En la proyección de la realización de las piezas, con el volumen de impresión mencionado, podemos obtener tanto una sola pieza como varias en un mismo lanzamiento de impresión, con el mismo tiempo de impresión, pero aumentando el gasto de resina debido a la mayor cantidad de piezas a realizar. Si hacemos una prueba rápida, podemos determinar que:



FIGURAS 120, 121 Y 122: Elaboración propia.

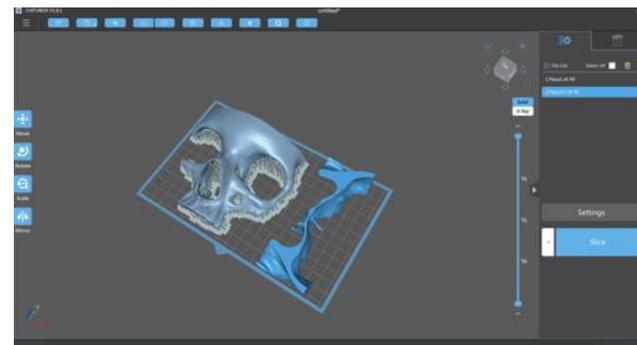


FIGURAS 123, 124, 125 Y 126: Elaboración propia.

Este posicionamiento permite una parametrización de 4 piezas (Pieza 1, Pieza 2.1, Pieza 2.2, Pieza 2.3) con tiempo de impresión de 5 horas con 56 segundos, y una utilización de 166.7 gramos.

Con esta información, se puede determinar que, si bien el material a utilizar tiene aproximadamente el doble del costo del filamento, los lanzamientos de impresión nos permiten obtener piezas en menor tiempo y con menor trabajo. Por lo tanto, existe un gasto mayor en material, pero una disminución de tiempo en obtención de piezas y en proceso de trabajo, obteniendo piezas con una alta calidad en las terminaciones y sin el riesgo de atrapamiento de soportes.

Si posicionamos la Pieza 1 para que tome el menor tiempo posible, obtenemos una parametrización con tiempo de impresión de 1 hora, 58 minutos y 47 segundos de impresión, y una utilización de 76.9 gramos de resina.



Si nuevamente posicionamos la Pieza 1 pero ahora a un costado de la cama de impresión, recuperamos parte del espacio disponible para imprimir, pudiendo agregar otra pieza a un lanzamiento de impresión (como en la imagen adjunta donde se agrega la pieza 2.1). Si bien esta forma de impresión permite una impresión en poco tiempo, no se prioriza el uso de la cama de impresión. Ante esto, al priorizar el volumen de impresión, las piezas pueden ordenarse de otra manera:

Para terminar cabe mencionar que las proyecciones, en su mayoría, serán probadas a la brevedad, luego de la fabricación total de la propuesta y la debida retroalimentación con estudiantes y profesionales de ORL.



## REFERENCIAS

Arévalo, Seclen, Herrera, Rojas, Vallejos, Mural. (2015) Abordaje endonasal endoscópico a la base del cráneo: un estudio anatómico de sus alcances. Nuestra experiencia.

Blanco, P. Fonseca, J. Mora, M. Moya, X. Navarro, J. Paniagua, M. Quirós-Montero, J. (2013) Colecistectomía laparoscópica y la importancia de un laboratorio de entrenamiento en cirugía mínimamente invasiva, a propósito de su reciente creación en la Universidad de Costa Rica: *Medicina Legal de Costa Rica*, 30(1): 73-82. Recuperado desde: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00152013000100010&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152013000100010&lng=en&tlng=en).

Cardemil F., Barría T., Rahal M., (2013). Permanencia laboral de otorrinolaringólogos en el servicio público luego de egresar de la especialidad y factores asociados a ésta.

Cardemil F, Barría T, Rahal M, Rodríguez R. Cantidad y distribución de otorrinolaringólogos en los sectores público y privado de salud en Chile. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* (2013). Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-48162013000100004](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162013000100004)

Celedón C. (2011). Formación de especialista en otorrinolaringología. 2011. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. Recuperado de:

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-48162011000300001](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162011000300001)

Corvetto M., Bravo M., Montaña R., Utili F., Escudero E., Boza C., Varas J., Dagnino J. Simulación en educación médica: una sinopsis. *Rev. méd. Chile vol.141 no.1.* (2013). Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872013000100010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872013000100010)

Chuang Á., Ricci L., Aguirre X., Pineda R., Nicolás A., Pereira C. (2019). ¿Igualdad de género en otorrinolaringología? *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello vol.79 no.4.* Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-48162019000400387&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162019000400387&lng=es&nrm=iso)

Enseñat J. Quesada J.L. Aparicio J. Pàmies C. Barber X. Topczewski Th y Ferrer E. (2009) Comparación del abordaje sublabial transesfenoidal microquirúrgico frente al abordaje endonasal transesfenoidal endoscópico. Estudio prospectivo de 50 pacientes. Recuperado desde: <http://scielo.isciii.es/pdf/neuro/v20n4/2.pdf>

García-Huidobro D., Núñez F., Vargas P., Astudillo S., Hitschfeld M., Gennero R., Salvatierra L., Benavente Á. (2016) recuperado de: *Rev. méd. Chile v.134 n.8 Santiago ago. 2006* [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872006000800001](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872006000800001)

Gauna F., Goldman Y., Torrente M. (2018). Evaluación de competencias quirúrgicas de los

egresados del Programa de Formación en Otorrinolaringología de la Universidad de Chile. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello vol.78 no.2.* Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-48162018000200133#aff1](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162018000200133#aff1)

Lobato Pérez, Martínez Basterra, Algaba Guimera, Martínez, Algaba. tratamiento quirúrgico de las sinusitis y de sus complicaciones: cirugía de abordaje externo. cirugía de abordaje endoscópico. (2014)

López Muñoz, M.ª Luisa DUE del Servicio de Neurocirugía del C.H. Virgen de las Nieves Granada. (2013). recuperado de: [http://congreso enfermeria.es/libros/2013/salas/sala2/p\\_788.pdf](http://congreso enfermeria.es/libros/2013/salas/sala2/p_788.pdf) (imagen fase 0-1, importancia). Maass J.C., Naser A. (2003) Encuesta de adquisición de destrezas quirúrgicas en el programa de formación de especialistas en Otorrinolaringología en Chile. Recuperado desde: [https://www.researchgate.net/profile/Juan\\_Maass3/publication/310466520\\_Survey\\_on\\_acquisition\\_of\\_surgical\\_skills\\_in\\_the\\_program\\_for\\_formation\\_of\\_specialists\\_in\\_Otolaryngology\\_in\\_Chile/links/582f096708ae004f74be54d7/Survey-on-acquisition-of-surgical-skills-in-the-program-for-formation-of-specialists-in-Otolaryngology-in-Chile.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Juan_Maass3/publication/310466520_Survey_on_acquisition_of_surgical_skills_in_the_program_for_formation_of_specialists_in_Otolaryngology_in_Chile/links/582f096708ae004f74be54d7/Survey-on-acquisition-of-surgical-skills-in-the-program-for-formation-of-specialists-in-Otolaryngology-in-Chile.pdf)

Merrill, M. D.; Drake, L.; Lacy, M. J.; Pratt, J. (1996). «Reclaiming instructional design». Educational Technology 36 (5): 5-7.

Revista Médica Clínica Las Condes. (2017). Recuperado de: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-manejo-de-los-tumores-de-S0716864017300664>

<https://www.studocu.com/bo/document/universidad-cristiana-de-bolivia/fisiologia-medica/resumenes/esfenoides/6094633/view>  
(imágenes)

Sociedad de neurocirugía en Chile. (2018). Recuperado de: <https://www.neurocirugiachile.org/noticias/lacirugia-endoscopica-de-hipofisis-en-chile-y-su-curva-de-aprendizaje/>

Thonea N., Winter M., García-Matte R., González C. Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. (2016). Simulación en Otorrinolaringología: una herramienta de enseñanza y entrenamiento.

<https://www.davila.cl/endoscopia-como-tratamiento-para-tumores-de-la-hipofisis/>  
(estadísticas Clínica Dávila)

Vida integra, ¿Para qué sirven los escáner? Recuperado de: [http://www.novedadesvidaintegra.cl/noticia.php?id\\_noticia=212](http://www.novedadesvidaintegra.cl/noticia.php?id_noticia=212)

Unidad de Scanner Tomografía Computarizada. Recuperado de: <https://centromedicoarchipelago.cl/>

Software. Recuperado de: <https://bitfab.io/es/blog/software-impresion-3d-medica/>

## IMÁGENES:

Imagen cad-cam dientes:  
<http://dentalfebres.com/tecnologia-cad-cam-dental/>

Imágenes centro de simulación uc:  
<http://simulacion.uc.cl/simulacion/equipamiento/>

Imagen equipo psicotécnico:  
<https://practicatest.cl/blog/tramites-y-renovaciones/examen-psicotecnico-manejo#gsc.tab=0>

Imágenes infraestructura u de concepción:  
<https://www.udecmed.cl/infraestructura/#1516682442495-6c25a8ed-40d8>

Imágenes modelos anatómicos:  
<https://www.modelosanatomicos.cl/categoria-producto/modelos-anatomicos/page/3/>

Imagen realidad virtual en medicina:  
[https://www.seco.org/La-Realidad-Virtual-se-pone-al-servicio-de-la-medicina\\_es\\_1\\_13.html](https://www.seco.org/La-Realidad-Virtual-se-pone-al-servicio-de-la-medicina_es_1_13.html)

# ANEXOS

Anexo 1: Prueba circuito abierto.



Anexo 2: Unión de piezas finales por capa.



Anexo 3: Pruebas de prototipo real.



### Anexo 3: Pruebas del prototipo con usuarios.

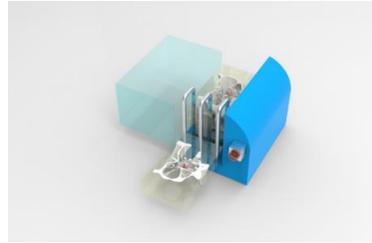


Se realizó una reunión con estudiantes de la Universidad de Chile que estaban realizando su práctica en el Hospital clínico de la Universidad de Chile, ex JJ Aguirre. Entre ellos se encontraban dos becados de ORL y 4 estudiantes de medicina general. Luego de varias pruebas con el modelo y extensas conversaciones se llevaron a cabo las siguientes observaciones:

- Es necesario un estudio teórico previo de la cirugía transesfenoidal endoscópica y/o la observación del procedimiento para poder utilizar el modelo con un conocimiento base.
- Es una cirugía muy específica, por lo que es poco común que un estudiante se interese en aprender sobre ella por cuenta propia.

- Sobre el diseño en sí se les hizo difícil opinar, ya que como no tienen cercanía con modelos anatómicos, para ellos todo sirve y suma experiencia práctica. Aun así, encuentran que el tamaño es adecuado, cómodo al usar y fácil de entender.
- Es interesante realizar el entrenamiento relacionándolo con el juego operando, ya que constantemente los estudiantes están bajo mucha presión y estrés. Aprender mediante el juego, avanzando etapas y cumpliendo pequeños objetivos, los condiciona para un estudio relajado y con mejores resultados.

MODELO DE ENTRENAMIENTO, PARA SIMULAR FASE 0-1 DE LA  
CIRUGÍA TRANSENFENOIDAL ENDOSCÓPICA.



Instructivo de uso

1. Abrir la Tapa completamente, con cuidado.
2. El modelo funciona con batería, no necesita corriente.
3. Conectar la pinza metálica a un instrumento quirúrgico (debe conectar la pinza a la parte metálica del instrumento).  
No tocar directamente con las manos las partes metálicas.
4. Para el estudio anatómico se debe abrir el riel, tirando del tubo interno hacia arriba, abriendo el paso para poder sacar la capa anatómica deseada.
5. Para el entrenamiento completo se necesitan las tres capas ubicadas en orden de arriba hacia abajo: nariz-tabique, zona etmoidal y esfenoides con silla turca.  
No funcionará la alerta de errores si no están las capas en ese orden y con la pinza conectada a la herramienta quirúrgica.
6. La anatomía principal de la cirugía a entrenar se encuentra de colores, si se llegan a romper se puede volver a unir fácilmente con cloroformo o adhesivos de contacto.
7. Realizar el procedimiento hasta cometer un error y volver al comienzo. Es fundamental para poder llevar el registro en la tabla incluida dentro del modelo.
8. Completar el total de pasos todas las veces necesarias, no importa cuanto demore. Las repeticiones ayudan a lograr mejores resultados.

