

## [ TESIS DOCTORAL ]

*Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso estudio: Universidad El Bosque. Bogotá - Colombia.*

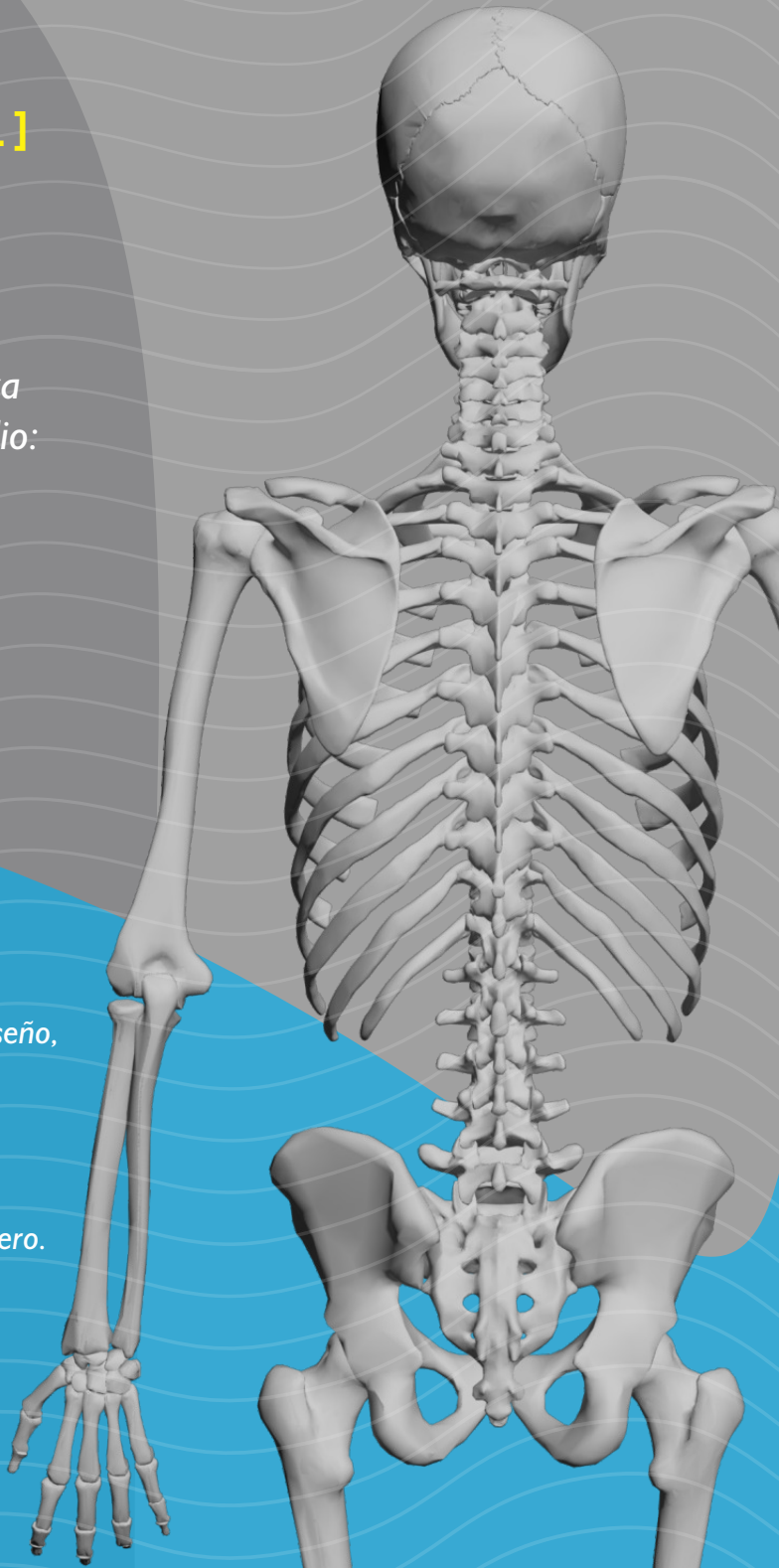
*Escuela Superior de Ingeniería en Diseño.*

*Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales.*

*Doctorando:  
M.Sc. Juan Sebastián Ávila Forero.*

*Director/Tutor:  
Dr. Manuel Martínez Torán.*

*Valencia - España.  
Marzo de 2019.*



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA







UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## [ TESIS DOCTORAL ]

Implementación de tecnologías de diseño y  
fabricación digital aplicadas en la enseñanza  
de anatomía. Caso estudio:  
Universidad El Bosque  
Bogotá - Colombia

Escuela Superior de  
Ingeniería en Diseño.

Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación  
y Gestión de Proyectos Industriales.

Doctorando:  
M.Sc.I.D. Juan Sebastián Ávila Forero.

Director/Tutor:  
Dr. Manuel Martínez Torán.

Valencia - España  
Marzo de 2019



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

*Tesis Doctoral realizada bajo la dirección del Profesor  
Dr. Manuel Martínez Torán, profesor titular de Diseño  
Industrial de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
del Diseño, que para la obtención del grado de Doctor  
presenta Juan Sebastián Ávila Forero.*

2019



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

[ CON EL APOYO DE ]



**SEG**MENTO



# [ DEDICATORIA ]

*a Margarita.*

## [ AGRADECIMIENTOS ]

*Quisiera comenzar agradeciendo a todos los que directa o indirectamente acompañaron este proceso de crecimiento profesional y espiritual, al enfrentar el reto de realizar un doctorado.*

*Agradezco en primera medida al Dr. Manuel Martínez Torán por ayudar a conectar, dar su voto de confianza e impulsar este proyecto desde sus inicios; a Marco De Rossi por ser mi compañero, una persona de la que siempre aprendo y un gran amigo; a Juan Pablo Salcedo por creer que este proyecto era posible y patrocinarlo, a mis estudiantes de trabajo de grado, en especial a Laura Chaparro, Leonel Hernández, Felipe Fuentes, Katherine Varela, Charmian Rodríguez, Juan Diego Erazo, Ángela Salcedo, Camila Hernández, Alejandra Zoque, María Camila Acuña, Alejandra Orjuela, Daniela Pinilla y demás estudiantes que ayudaron a dar forma a este trabajo; a los doctores Andrés Rodríguez, Diego Aldana, José Francisco Dolz, Fernando Aparici y Armando López por brindarme su apoyo de forma desinteresada; a Sandra Molina y Adela Triana por su asesoría constante en el Tecnoparque; a mis amigos, Carlos, Guillermo y David que son unos modelos a seguir como colegas y profesionales; al equipo del centro de diseño, Andrés, Diana y Julián quienes me colaboraron en la gestión del desarrollo del proyecto AtlasPro.*

*A Vicky y a mi familia por prestarme tiempo que debí compartir con ellos.*

*Agradezco a la vida por darme oportunidades para seguir aprendiendo y aportando.*

*Y por último a todos los miembros de la Universidad El Bosque que creen que en la formación de docentes están las bases para el crecimiento del país, que se fortalece a través de una mejor educación.*

## [RESUMEN]

Los métodos de fabricación con tecnologías de escritorio, siendo la más reconocida la impresión 3D, han venido evolucionando rápidamente en los últimos años, haciendo que la tecnología se vuelva más accesible y tenga más aplicaciones gracias a entusiastas de la cultura “*maker*”, siendo un campo que continúa desarrollándose y que se encuentra en un punto crucial para construir grandes proyectos con pocos recursos, al tener posibilidades infinitas de exploración. Esta tesis pretende mostrar a los lectores una aplicación exitosa de este ecosistema de creación basado en diseño, gestión y fabricación, así como su viabilidad y pertinencia aplicada en el campo de la enseñanza en áreas de la salud.

Específicamente en el desarrollo de simuladores con una mayor empatía emocional con los estudiantes, un mayor nivel de detalle anatómico en relación a la morfología y texturas de los pacientes reales, apoyados en las técnicas de modelado escultórico 3D. Siendo las tecnologías en diseño y fabricación digital, unas herramientas importantes para la personalización de modelos anatómicos y simuladores según el requerimiento de cada especialista y tipología de paciente, satisfaciendo las crecientes demandas de atención médica al proporcionar dispositivos de formación médica personalizada basados en las necesidades individuales.

Se presenta el flujo de trabajo para el diseño y la fabricación de órganos y/o simuladores utilizando diferentes tecnologías de uso común entre profesionales del diseño, con el fin de transmitir una experiencia de cómo abordar e integrar diferentes profesiones en trabajos basados en la gestión de proyectos de base tecnológica en una institución Universitaria.



## [ABSTRACT]

The manufacturing methods with desktop technologies have been evolving rapidly in the last years, making technology more accessible and with more applications thanks to the culture maker enthusiasts, being a field that is in continue development and is at a crucial point to build big projects with few resources having infinite exploration possibilities. This thesis aims to show readers a successful application of this creation ecosystem based on design, management and manufacturing, as well as its viability and relevance applied in the field of education in health areas.

Specifically in simulators development with greater emotional empathy with the students, a greater level of anatomical detail in relation to the morphology and textures of the real patients supported in 3D sculptural modeling techniques. Being the digital design and manufacturing technologies important tools for the customization of anatomical models and simulators according to the need of each specialist and patient type, satisfying the growing demands of medical care by providing personalized medical training devices based on individual needs.

The workflow for organs design and manufacture and / or simulators is presented using different technologies commonly used by design professionals, in order to transmit an experience of how to approach and integrate different professions in projects based on project management of technological base in a University institution.

## [RESUM]

**E**ls mètodes de fabricació amb tecnologies d'escriptori, sent la més reconeguda la impressió 3D, han vingut evolucionant ràpidament en els darrers anys, fent que la tecnologia es torni més accessible i tingui més aplicacions gràcies a entusiastes de la cultura maker, sent un camp que continua desenvolupant-se i que es troba en un punt crucial per construir grans projectes amb pocs recursos, en tenir possibilitats infinites d'exploració. Aquesta tesi pretén mostrar als lectors una aplicació reeixida d'aquest ecosistema de creació basat en disseny, gestió i fabricació, així com la seva viabilitat i pertinència aplicada en el camp d'ensenyament en àrees de la salut.

Específicament en el desenvolupament de simuladors amb una major empatia emocional amb els estudiants, un major nivell de detall anatòmic en relació a la morfologia i textures dels pacients reals recolzats en les tècniques de modelatge escultòric 3D. Sent les tecnologies en disseny i fabricació digital, unes eines importants per a la personalització de models anatòmics i simuladors segons la necessitat de cada especialista i tipologia de pacient, satisfent les creixents demandes d'atenció mèdica en proporcionar dispositius de formació mèdica personalitzada basats en les necessitats individuals.

Es presenta el flux de treball pel disseny i la fabricació d'òrgans i / o simuladors utilitzant diferents tecnologies d'ús comú entre professionals del disseny, per tal de transmetre una experiència de com abordar i integrar diferents professions en treballs basats en la gestió de projectes de base tecnològica en una institució universitària.

## [ Autorización del Director de Tesis para su presentación ]

Yo, Dr. Manuel Martínez Torán, como Director de la Tesis Doctoral: Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso estudio: Universidad El Bosque Bogotá - Colombia, realizada en el Programa de Doctorado de Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales, del Departamento de Ingeniería Gráfica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño – ETSID de la Universitat Politècnica de València – UPV, Valencia/España, por el Doctorando Juan Sebastian Ávila Forero, AUTORIZO la presentación de la citada Tesis Doctoral, desarrollada en la modalidad “Tesis con formato clásico”, dado que el documento de investigación reúne las condiciones necesarias para su defensa.

En Valencia a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

Fdo: Dr. Manuel Martínez Torán  
EL DIRECTOR DE LA TESIS





# TABLA DE CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	VII
<b>Abstract</b> .....	VIII
<b>Resum</b> .....	IX
<b>Índice General</b> .....	14
<b>Índice de Figuras</b> .....	19
<b>Índice de Tablas</b> .....	23
<b>[1. Introducción]</b> .....	25
1.1. Aspectos generales del área en estudio.....	26
<b>[2. Justificación de la investigación]</b> .....	30
<b>[3. Objetivos]</b> .....	35
3.1. Objetivo General.....	35
3.2. Objetivos Específicos.....	35
3.3. Modelo de formulación por objetivos.....	38
3.4. Resultados esperados de la investigación.....	40
<b>[4. Hipótesis]</b> .....	45
<b>[5. Delimitación y alcances de la investigación]</b> .....	45
<b>[6. Líneas de investigación]</b> .....	48
<b>[7. Escenario de trabajo]</b> .....	52
7.1 Comportamiento del mercado de impresión 3D.....	52
7.2. Contexto Institucional.....	54
7.2.1. <i>Reseña Histórica. Descripción general</i> .....	55
7.2.2. <i>Misión de la Universidad</i> .....	55
7.2.3. <i>Proyecto Educativo Institucional</i> .....	55
7.2.4. <i>Orientación estratégica Institucional</i> .....	55
7.3. Facultad de creación y comunicación UEB .....	56
7.3.1. <i>Carrera de Diseño Industrial</i> .....	57
<b>[8. Definición del problema y oportunidad de trabajo]</b> .....	60
8.1. Oportunidad global.....	60
8.2. Oportunidad de diferenciación de negocio.....	60
8.3. Oportunidad académica.....	61
8.4. Oportunidad de innovación.....	61
<b>[9. Metodología y estrategia]</b> .....	63
9.1. Fases de la Metodología.....	65
9.1.1. <i>Fase de formulación del anteproyecto</i> .....	66
9.1.2. <i>Fase de búsqueda, experimentación tecnológica y metodológica</i> .....	68
9.1.3. <i>Fase de planeación y reformulación del proyecto</i> .....	68
9.1.4. <i>Fase de gestión</i> .....	69
9.1.5. <i>Fase de implementación y validación</i> .....	69
9.2. Medios Utilizados en la investigación.....	70
9.2.1. <i>Mapa de relacionamiento, proyecto doctoral 2015-2018</i> .....	71
9.3. Cronograma - Planificación temporal.....	72
<b>[10. Estado del Arte]</b> .....	75
10.1. Enseñanza de anatomía humana.....	76
10.2. Modelos anatómicos.....	78
10.2.1. <i>Marco histórico en el mundo</i> .....	80



10.2.1.1. Museo La Specola en Firenze.....	82
10.2.1.2. Técnicas de fabricación de modelos anatómicos de cera.....	83
10.2.2. <i>Marco Histórico en Colombia</i> .....	84
10.2.3. <i>Consideraciones éticas de los modelos anatómicos en Colombia</i> .....	85
10.2.4. <i>Anfiteatro y Museo de Anatomía UEB</i> .....	86
10.3. Simulación para entrenamiento médico.....	88
10.4. Referentes comerciales.....	90
10.4.1. <i>3B Scientific</i> .....	90
10.4.2. <i>Altay Scientific</i> .....	93
10.4.3. <i>Monash University - Erler Zimmer</i> .....	94
10.4.4. <i>Nissin Dental</i> .....	96
10.4.5. <i>Somso</i> .....	98
10.4.6. <i>Laerdal</i> .....	100
10.4.7. <i>SynDaver Labs</i> .....	102
10.4.8. <i>AxisScientific</i> .....	104
10.4.9. <i>Simusuit</i> .....	105
10.4.10. <i>Sakamoto Model Corporation</i> .....	106
10.4.11. <i>Kyoto Kagaku</i> .....	107
10.4.12. <i>Denoyer-Geppert, Internacional</i> .....	110
10.4.13. <i>Prestan</i> .....	111
10.4.14. <i>Pro Delphus. Simuladores Quirúrgicos</i> .....	112
10.4.15. <i>Realityworks</i> .....	114
10.4.16. <i>Osteo3d</i> .....	116
10.4.17. <i>CAE Healthcare</i> .....	118
10.4.18. <i>Simbionix</i> .....	120
10.4.19. <i>Otros referentes relacionados</i> .....	121
10.5. Referentes Projectuales. Impresión 3D + Salud.....	122
10.5.1. <i>The Jacobs Institute. Modelos vasculares</i> .....	122
10.5.2. <i>NecropSynth. Animales para disección</i> .....	124
10.5.3. <i>UCLA y Materialise, Cirugía de corazón</i> .....	125
10.5.4. <i>Spectrum Health. Imágenes Híbridas</i> .....	126
10.5.5. <i>Universidad Médica de Fujian. Ortopedia personalizada</i> .....	127
10.5.6. <i>Proyecto OpHeart</i> .....	128
10.5.7. <i>Boston Children's Hospital. Simulator Program</i> .....	129
10.5.8. <i>Organovo</i> .....	130
10.5.9. <i>Shanghai Children's Medical Center</i> .....	131
10.5.10. <i>Impresión de fetos en 3D</i> .....	132
10.5.11. <i>Universidad de Malaya. (CBMTI)</i> .....	133
10.6. Modelos anatómicos y su relación con el arte.....	134
10.6.1. <i>Gunther von Hagens y la técnica de plastinación</i> .....	134
10.6.2. <i>Masao Kinoshita</i> .....	136
10.6.3. <i>Thom Floutz. Imitation of life</i> .....	137
10.6.4. <i>Vincent van Dyke effects</i> .....	138
10.6.5. <i>Escultura Hiperrealista - Ron Mueck</i> .....	139

<b>[11. Marco Tecnológico]</b> .....	141
11.1. Tecnologías de escritorio.....	143
11.2. Tecnologías al servicio en educación médica.....	144
11.2.1. <i>Fabricación aditiva - Tipologías</i> .....	146
11.2.1.1. Extrusión: FDM/FFF - Modelado de deposición fundida .....	147
11.2.1.2. Fotopolimerización: SLA. Estereolitografía .....	148
11.2.1.3. Fotopolimerización: DLP . Digital Light Processing .....	149
11.2.1.4. Fotopolimerización: Polyjet / Multijet - Inyección de material.....	150
11.2.1.5. Compactación: SLS. Sinterizado selectivo por láser.....	151
11.2.1.6. Compactación: CJP - ColorJet Printing .....	152
11.2.1.7. Compactación: DLEP - Sinterizado por láser de metal .....	153
11.2.2. <i>Modelado orgánico tridimensional</i> .....	155
11.2.3. <i>Repositorios de modelos 3D libres para edición Escáner 3D e imágenes médicas</i> .....	156
11.2.3.1. BodyParts 3D/Anatomography.....	157
11.2.3.2. National Institutes of Health (NIH), 3D Print Exchange.....	158
11.2.3.3. Zygote Media Group .....	159
11.2.4. <i>Segmentación de imágenes médicas</i> .....	160
11.2.4.1. Invesalius .....	161
11.2.4.2. 3D Slicer .....	162
11.2.4.3. Materialise Mimics .....	163
11.2.4.4. OsiriX .....	164
11.2.4.5. Dicom to Print, D2P™ de 3D Systems.....	165
11.3. Empresas tecnológicas relacionadas con la investigación .....	166
11.3.1. <i>Stratasys</i> .....	166
11.3.2. <i>3D System</i> .....	167
11.3.3. <i>Materialise</i> .....	168
11.3.4. <i>EOS</i> .....	169
11.3.5. <i>FormLabs</i> .....	170
11.3.6. <i>Ultimaker</i> .....	171
11.3.7. <i>RepRap y Prusa</i> .....	172
11.3.8. <i>Impresión 3D tercerizada. Shapeways</i> .....	173
11.3.9. <i>Materiales poliméricos - Smooth On - Polytek</i> .....	174
<b>[12. Fase de desarrollo. Universidad El Bosque]</b> .....	177
12.1. Antecedentes e historia del proyecto.....	178
12.2. Curso de diseño industrial 1 y 2 UEB.....	182
12.3. Proyectos de base tecnológica - Tecnoparque SENA .....	184
12.4. Proyectos de investigación UEB relacionados .....	187
12.4.1. <i>Mapa del modelo de negocio</i> .....	189
12.4.1.1. Desarrollo de la marca.....	190
12.4.2. <i>Proyecto Anatom3D, Simulador de entrenamiento médico por cateterismo y laparoscopia</i> .....	195
12.4.3. <i>Proyecto Napoleon. EIT Health</i> .....	212
12.4.4. <i>Diagnóstico y planificación de tumor en húmero, caso real para LaFe (Valencia)</i> .....	213
12.4.5. <i>Simulador SENNOVA 2017</i> .....	214

12.4.6 <i>Proyectos de fin de carrera Diseño Industrial - Transferencia a nuevos profesionales</i> .....	222
12.4.6.1. Ana-Tommy.....	222
12.4.6.2. Organ.....	223
12.4.6.3. Simula3D .....	224
12.4.6.4. Skin .....	225
12.4.6.5. AtlasPro I+D .....	226
12.4.6.6. Modelos didácticos para periodoncia .....	227
12.4.6.7. MORFI - Modelos Anatómicos Personalizados.....	228
12.4.6.8. Interplay - AtlasPro .....	229
12.4.6.9. Pro-Scan - Prótesis estéticas.....	230
12.4.6.10. Lecciones aprendidas en los trabajos académicos .....	231
<b>[13. Fuentes de financiación]</b> .....	233
13.1. SENNOVA .....	234
13.2. Colciencias .....	235
13.3. Ministerio de Educación Nacional.....	237
<b>[14. Propuesta de continuidad investigativa]</b> .....	239
14.1. Escenarios Futuros .....	240
14.1.1. <i>Bioimpresión / Diseñador de órganos</i> .....	241
14.1.2. <i>Servicios para la industria Médica. BioMimics™- Stratasys</i> .....	242
14.1.3. <i>Medicina 4.0 o regenerativa</i> .....	244
14.1.4. <i>Hololents</i> .....	248
14.1.5. <i>Guantes PowerClaw</i> .....	249
14.2. Maestría de diseño y tecnologías creativas UEB.....	250
<b>[15. Estrategia de transferencia]</b> .....	253
15.1. Target. Segmentación del mercado objetivo .....	254
15.1.1. <i>Definición y segmentación del mercado B2C</i> .....	254
15.1.2. <i>Micro segmentación B2C</i> .....	257
15.2. Análisis del entorno y situación actual .....	257
15.2.1. <i>Entorno genérico o macroentorno: Análisis PEST</i> .....	258
15.2.2. <i>Riesgo Político / Económico</i> .....	258
15.2.3. <i>Riesgo Social</i> .....	259
15.2.4. <i>Riesgo Tecnológico</i> .....	259
<b>[16. Factores que influyen en la toma de decisiones]</b> .....	261
16.1. Patentes y Registros .....	262
16.1.1. <i>Titularidad de la investigación</i> .....	265
16.2. Atributos para elegir el proveedor / Alianzas para el proyecto.....	273
16.3. Criterios de selección de proveedores / Alianza.....	274
16.3.1. <i>Perfil general del proveedor</i> .....	274
16.3.2. <i>Valor de la Investigación</i> .....	276
16.3.3. <i>Antecedentes, referencias y clientes</i> .....	276
16.3.4. <i>Tecnología, infraestructura y logística de distribución</i> .....	277
16.3.5. <i>Filosofía, misión, visión y principios de trabajo</i> .....	277
16.3.6. <i>Servicio postventa y ganancias</i> .....	277
16.3.7. <i>Relación Precio-Calidad</i> .....	277

16.4. SWOT Análisis .....	278
16.4.1. Debilidades.....	278
16.4.2. Amenazas .....	279
16.4.3. Oportunidades .....	279
16.4.4. Fortalezas .....	280
16.4.5. Recursos disponibles .....	281
16.5. Fuerzas competitivas de Porter .....	282
16.5.1. Amenaza de entrada de nuevos competidores en el sector .....	282
16.5.2. Rivalidad entre los competidores .....	282
16.5.3. Poder de negociación de los proveedores .....	283
16.5.4. Amenaza de ingreso de productos sustitutos .....	284
16.5.5. Poder de negociación de los compradores o clientes .....	285
16.5.6. Proceso de expansión de mercado a largo plazo.....	286
<b>[17. Conclusiones]</b> .....	289
<b>[18. Resultados]</b> .....	297
<b>[19. Referencias]</b> .....	303
<b>[20. Anexos]</b> .....	325
20.1. Póster presentado en el II Encuentro de Doctorandos UPV. - 2015.....	326
20.2. Ponencia XXI Congreso de Investigaciones UEB - Bogotá. 2015 .....	327
20.3. Póster presentado en el Congreso 6th International Forum of Design as a Process (Sd2016) .....	331
20.4. Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía. (Sd2016) .....	332
20.5. Póster presentado en el III Encuentro de Doctorandos UPV. - 2016 .....	348
20.6. Factores para considerar el precio de venta - Proyecto AtlasPro .....	350
20.7. IV Congreso internacional de salud ambiental y ocupacional. UEB .....	355
20.8. Informe final - Proyecto de investigación PCI-2015-8321 .....	356
20.9. Certificado de ejecución proyecto de investigación y desarrollo. AtlasPro...363	
20.10. Ponencia XXIII. Congreso de Investigaciones UEB - Bogotá. 2017 .....	364
20.11. International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE).....	366
20.12. Jornadas Internacionales de Diseño - ITESO 2018. Guadalajara. México....	378
20.13. Microcurrículo proyecto final diseño industrial - UEB.....	380
20.14. Certificados divulgación tecnológica SENA .....	385
20.15. Conferencia Dr. Manuel Martínez Torán, UEB, 2017.....	386
20.16. Simposio Ciencia, Innovación y Tecnología. SENNOVA, 2017.....	387
20.17. Congreso Interfaces6 - Universidad de Palermo- Buenos Aires-Argentina.	389
20.18. Reflexión Académica en Diseño & Comunicación.....	390
20.19. Artículo-Revista Colombiana de Enfermería.....	398
20.20. Capitulo de Libro. Experiencias en innovación educativa. Convirtiendo conocimiento en nuevas oportunidades.....	406

## ÍNDICE DE TABLAS:

-Tabla 1: Mercados de referencia. Desarrollado por el autor.....	121
-Tabla 2: Tabla de convocatorias de financiación de Colciencias - Colombia. Desarrollado por el autor.....	235
-Tabla 3: Jorquera Ortega, A. (2017). Fabricación digital: Introducción al modelado e impresión 3D. Madrid: Ministerio de Educación de España.....	287

**ÍNDICE DE FIGURAS:**

-Figura 1: <i>The anatomy lesson of Dr. Nicolaes Tulp. Rembrandt - 1632</i> .....	28
-Figura 2: <i>Laboratorio de pre-clínica UEB - 2015</i> .....	31
-Figura 3: <i>Material de apoyo-Consulta con especialistas UEB. Proyecto Anatom3D</i> .....	32
-Figura 4: <i>Modelo anatómico en cera. Facultad de Odontología - UEB</i> .....	34
-Figura 5: <i>Asesoría Docente de Odontología y estudiante de Diseño Industrial / Universidad El Bosque Profesor Dr. Andrés Rodríguez / Estudiante Laura Chaparro / 2015</i> .....	35
-Figura 6: <i>Modelo de formulación por objetivos</i> .....	38
-Figura 7: <i>Modelado Escultórico a partir de bocetos con 3D MAX / Estudiante, Cristina Plazas / Universidad El Bosque / 2015</i> .....	41
-Figura 8: <i>Modelo anatómico para enseñanza de morfología dental, Sketch. Trabajo de grado de Laura Chaparro. 2015</i> .....	44
-Figura 9: <i>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño / Universitat Politècnica de València</i> .....	49
-Figura 10: <i>Prototipos impresos en 3D proyecto AtlasPro / Tecnología SLA y SLS de Shapeways. 2016</i> .....	53
-Figura 11: <i>Campus Usaquén, Universidad El Bosque. 2016</i> .....	54
-Figura 12: <i>Identidad corporativa UEB / Centro de Diseño / 2017</i> .....	57
-Figura 13: <i>Impresión 3D fantoma, laboratorio de modelos y prototipos UEB, 2016</i> .....	58
-Figura 14: <i>Fantoma de entrenamiento para operaciones de laparoscopia / Universidad El Bosque / 2016</i> .....	61
-Figura 15: <i>Impresión 3D fantoma, laboratorio de modelos y prototipos UEB, 2016</i> .....	62
-Figura 16: <i>Collage de imágenes, proyectos de grado dirigidos por el profesor Ávila en el año 2016. Universidad El Bosque</i> .....	64
-Figura 17: <i>Visita estudiantes de diseño de producto al anfiteatro de la Universidad El Bosque - Foto de autoría propia. 2015</i> .....	65
-Figura 18: <i>Diagrama de la metodología implementada. Autoría propia</i> .....	66
-Figura 19: <i>Diagrama de relacionamiento interno UEB. Autoría propia</i> .....	71
-Figura 20: <i>Diagrama de planificación del cronograma del proyecto doctoral. Autoría propia</i> .....	72
-Figura 21: <i>Cronograma del proyecto doctoral. Autoría propia</i> .....	73
-Figura 22: <i>Trabajo de campo / Anfiteatro Universidad El Bosque / 2015</i> .....	77
-Figura 23: <i>Modelado 3D de un Corazón humano, Proyecto Organ / Universidad El Bosque / 2015</i> .....	78
-Figura 24: <i>Venus Anatómica en cera. Finales del Siglo XVIII</i> .....	80
-Figura 25: <i>Modelo de cera, sistema urinario, Museo La Specola, Firenze</i> .....	81
-Figura 26: <i>“Lo Scorticato” (El Despellejado), Museo La Specola, Firenze</i> .....	83
-Figura 27: <i>Museo Historia de la Medicina, Museo de Reproducciones Plásticas-Dermatología, Universidad Nacional de Colombia</i> .....	84
-Figura 28: <i>Piezas anatómicas de corazón / Laboratorio de Morfología / Universidad El Bosque / 2015</i> .....	86
-Figura 29: <i>Práctica de colocación válvula aórtica / Recuperado de YouTube / 2015</i> .....	88
-Figura 30: <i>Imagen corporativa 3B Scientific / www.a3bs.com</i> .....	90
-Figura 31: <i>Captura de pantalla / Catálogo de productos / www.a3bs.com</i> .....	92
-Figura 32: <i>Imagen corporativa Altay Scientific / www.altayscientific.com</i> .....	93
-Figura 33: <i>Captura de pantalla / www.altayscientific.com/en/products</i> .....	93
-Figura 34: <i>Imágenes corporativas, www.monash.edu, y www.erler-zimmer.de</i> .....	94
-Figura 35: <i>Head Neck Shoulder with angiosomes / The Monash 3D Printed Anatomy Series</i> .....	95
-Figura 36: <i>Profesor Paul G. McMenamín</i> .....	95
-Figura 37: <i>Imagen corporativa Nissin / www.nissin-dental.net</i> .....	96
-Figura 38: <i>Imágenes de referencia / Catálogo de productos / www.nissin-dental.net</i> .....	97
-Figura 39: <i>Imagen corporativa Somso / www.somso.de</i> .....	98

-Figura 40: Proceso manual de pintura / Modelos anatómicos SOMSO .....	99
-Figura 41: Imagen corporativa Laerdal/ <a href="http://www.laerdal.com">www.laerdal.com</a> .....	100
-Figura 42: Captura de pantalla / Catálogo de productos / <a href="http://www.laerdal.com">www.laerdal.com</a> .....	101
-Figura 43: Imagen corporativa / <a href="http://syndaver.com/">http://syndaver.com/</a> .....	102
-Figura 44: SynDaver Anatomy Model.....	102
-Figura 45: Captura de pantalla / SynDaver Surgical Canine /.....	103
-Figura 46: Captura de pantalla / SynDaver Surgical Canine /.....	103
-Figura 47: Imagen corporativa / <a href="http://www.axisscientific.com">www.axisscientific.com</a> .....	104
-Figura 48: Captura de pantalla / Catálogo de productos / <a href="http://www.axisscientific.com">www.axisscientific.com</a> .....	104
-Figura 49: Imagen corporativa / <a href="http://www.simusuit.com">www.simusuit.com</a> .....	105
-Figura 50: Captura de pantalla / Catálogo de productos / <a href="http://www.simusuit.com">www.simusuit.com</a> .....	105
-Figura 51: Imagen corporativa / <a href="http://www.sakamoto-model.com/">www.sakamoto-model.com/</a> .....	106
-Figura 52: Captura de pantalla / <a href="http://www.sakamoto-model.com">www.sakamoto-model.com</a> .....	106
-Figura 53: Imagen corporativa / <a href="http://www.kyotokagaku.com">www.kyotokagaku.com</a> .....	107
-Figura 54: Whole body phantom kyoto kagaku pbu-50.Use for X-Ray training / <a href="http://kyotokagaku.com">kyotokagaku.com</a> .....	109
-Figura 55: Full-Figure Circulatory System Model With Half Skeleton / <a href="http://kyotokagaku.com">kyotokagaku.com</a> .....	109
-Figura 56: Multipurpose Chest Phantom Kyoto Kagaku N1 / <a href="http://kyotokagaku.com">kyotokagaku.com</a> .....	109
-Figura 57: Imagen corporativa / <a href="http://denoyer.com">denoyer.com</a> .....	110
-Figura 58: Captura de pantalla / Catálogo de productos / <a href="http://denoyer.com">denoyer.com</a> .....	110
-Figura 59: Imagen corporativa / <a href="http://prestanproducts.com">prestanproducts.com</a> .....	111
-Figura 60: Captura de pantalla / Catálogo de productos / <a href="http://www.prestanproducts.com/manikins.html">http://www.prestanproducts.com/manikins.html</a> .....	111
-Figura 61: Imagen corporativa / <a href="http://www.prodelphus.com.br">www.prodelphus.com.br</a> .....	112
-Figura 62: Catálogo de productos / ETXY/PROCTO / <a href="http://prodelphus.com.br/">prodelphus.com.br/</a> .....	113
-Figura 63: Catálogo de productos / Modelos de sutura laparoscópica <a href="http://prodelphus.com.br/">prodelphus.com.br/</a> .....	113
-Figura 64: Catálogo de productos / EVA LAPAROSCÓPICA II GERAÇÃO/ <a href="http://prodelphus.com.br/">prodelphus.com.br/</a> .....	113
-Figura 65: Imagen corporativa / <a href="http://www.realityworks.com">www.realityworks.com</a> .....	114
-Figura 66: Catálogo de productos / <a href="http://www.realityworks.com">www.realityworks.com</a> .....	115
-Figura 67: Imagen corporativa / <a href="http://www.osteo3d.com">www.osteo3d.com</a> .....	116
-Figura 68: Catálogo de productos / <a href="http://www.osteo3d.com">www.osteo3d.com</a> .....	116
-Figura 69: Catálogo de productos / <a href="http://www.osteo3d.com">www.osteo3d.com</a> .....	117
-Figura 70: Osteo3D Online Repository of Medical Models for 3D Printing / <a href="http://www.osteo3d.com">www.osteo3d.com</a> .....	117
-Figura 71: Imagen corporativa / <a href="http://caehealthcare.com">caehealthcare.com</a> .....	118
-Figura 72: CAE NeuroVR y CAE EndoVR / <a href="http://caehealthcare.com">caehealthcare.com</a> .....	118
-Figura 73: CAE LucinaAR con Microsoft HoloLens / <a href="http://caehealthcare.com">caehealthcare.com</a> .....	119
-Figura 74: CAE LapVR / <a href="http://caehealthcare.com">caehealthcare.com</a> .....	119
-Figura 75: Imagen corporativa antigua y nueva / <a href="http://www.simbionix.com">www.simbionix.com</a> .....	120
-Figura 76: Simbionix ARTHRO Mentor / <a href="http://www.simbionix.com/simulators/">www.simbionix.com/simulators/</a> .....	120
-Figura 77: Modelo impreso 3D / Guía para cirujanos para el tratamiento exitoso del aneurisma cerebral / <a href="http://stratasys.com">stratasys.com</a> .....	123
-Figura 78: Imagen corporativa / @ NecropSynth .....	124
-Figura 79: UCLA doctors use 3-D printed model to guide tricky heart valve replacement / UCLA Health .....	125
-Figura 80: Corazón impreso del paciente Nicholas Borgman / proyecto Spectrum Health 3-D Heart .....	126
-Figura 81: Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D / Universidad Médica de Fujian .....	127
-Figura 82: Corazón impreso en 3D para planeación de cirugías / <a href="http://opheart.org">opheart.org</a> .....	128



-Figura 83: Instalaciones del Inventor Lab / Boston Children's Hospital / SIMPeds program .....	129
-Figura 84: NovoGen MMX Bioprinter for 3D bioprinting. // organovo.com .....	130
-Figura 85: Captura de pantalla de proyectos gestionado por el Shanghai children's Medical Center. / shine.cn .....	131
-Figura 86: Captura de pantalla, catálogo de productos / www.feto3d.com .....	132
-Figura 87: Modelos de entrenamiento quirúrgico, fabricados con tecnología de impresión 3D multimaterial tipo Polyjet de Stratasys .....	133
-Figura 88: Pieza de la colección RX, Body Worlds.Museo de Historia Natural - Halifax, Canadá..	135
-Figura 89: Kentauros , 2007 / acrylic and FRP / Masao Kinoshita .....	136
-Figura 90: Figura de Marre en Imitation of Life por Thom Floutz .....	137
-Figura 91: Captura de pantalla, portafolio de proyectos área lesiones - medico. / vvdvfx.com .....	138
-Figura 92: Dead Dad y Boy / Ron Mueck .....	139
-Figura 93: Modelo Anatómico para enseñanza de Morfología Dental impreso en 3D. Trabajo de Grado - 2015 .....	142
-Figura 94: Prueba de concepto, Moldes impresos en 3D / FabLab Valencia 2015 .....	144
-Figura 95: Configuración Cartesiana y Delta, Impresoras FDM. ....	147
-Figura 96: Impresora Prusa i3 / prusaprinters.org .....	147
-Figura 97: Diagrama del proceso de impresión SLA / i.materialise.com/blog/ .....	148
-Figura 98: Impresión 3D con Form2 / DLP / formlabs.com .....	149
-Figura 99: Modelo anatómico impreso con tecnología PolyJet de Stratasys.....	150
-Figura 100: 3D Systems Latin America - Selective Laser Sintering (SLS) - youtube channel.....	151
-Figura 101: Modelo anatómico impreso con 3D Systems Project 4500.....	152
-Figura 102: Impresión 3D en Titanio para implantes de cráneo / DePuy Synthes y Johnson & Johnson.....	153
-Figura 103: Proyecto Ana-Tommy. Trabajo de Grado Diseño Industrial. Universidad El Bosque. D.I. Felipe Fuentes.....	154
-Figura 104: Esqueleto humano, Repositorio Lifesciencedb.jp. 2016.....	156
-Figura 105: Captura de pantalla / Proyecto BodyParts3D - Anatomography / http://lifesciencedb.jp/bp3d/.....	157
-Figura 106: Captura de pantalla, interfaz de visualización NIH 3D Print Exchange.....	158
-Figura 107: Medically Accurate 3D Human Anatomy Models / zygote.com.....	159
-Figura 108: Captura de pantalla, Intererfaz software Invesalius.....	161
-Figura 109: Captura de pantalla - Interfaz de trabajo 3D Slicer .....	162
-Figura 110: Captura de pantalla / Aplicaciones de la Mimics Innovation Suite / www.materialise.com/en/medical/software/mimics.....	163
-Figura 111: Captura de pantalla - www.osirix-viewer.com.....	164
-Figura 112: Captura de pantalla / Aplicaciones de VR, D2P Suite / .....	165
-Figura 113: Modelo Anatómico didáctico del Hígado Humano / Stratasys J750.....	166
-Figura 114: Impresión 3D del misterio del cerebro exhibición del Instituto Franklin. Filadelfia - EE.UU / Impreso con tecnología de 3D Systems.....	167
-Figura 115: Diagrama empresarial Materialise Group / fabbaloo.com.....	168
-Figura 116: Implante de titanio / Fabricación Aditiva / Tecnología EOS GmbH.....	169
-Figura 117: Captura de pantalla - modelo impreso con Form 2 // www.formlabs.com/materials/dentistry/.....	170
-Figura 118: Impresora 3D FDM - Ultimaker 3 Extended. / https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-3.....	171
-Figura 119: Prueba de concepto - Modelo FDM - FabLab Valencia 2014.....	172
-Figura 120: Imagen de referencia. // Shapeways.com.....	173
-Figura 121: Captura de pantalla - Smooth-On - Medical Simulation Products.....	174
-Figura 122: Proyecto Skin. Facultad de Creación y comunicación. D.I. Charmian Rodríguez - 2016 .....	175
-Figura 123: FABRICACIÓN FANTOMA. Laboratorio de modelos y prototipos UEB. Facultad de	

Creación y comunicación. 2016.....	176
-Figura 124: Aproximación al desarrollo de modelos Anatómicos / Curso de diseño de producto / Universidad El Bosque / 2014 .....	179
-Figura 125: Impresión 3D de modelos anatómicos para niños / Proyecto Ana - Tommy / Universidad El Bosque / 2015 .....	180
-Figura 126: Modelo interactivo a partir de captura fotogramétrica 3D. Proyecto Fotoma. UEB. 2017. <a href="https://skfb.ly/6utUy">https://skfb.ly/6utUy</a> .....	181
- Figura 127: Cronograma de trabajo / Curso de diseño de producto / Autor: Prof. Juan Ávila / UEB / 2014 .....	183
-Figura 128: Captura de pantalla documento de trabajo G -Drive - NoteBook Fase de ejecución / Tecnoparque SENA y UEB .....	185
-Figura 129: Marca AtlasPro, Universidad El Bosque. 2016 .....	186
-Figura 130: Prototipo de empaques, proyecto AtlasPro, Universidad El Bosque. 2016.....	187
-Figura 131: Render corazón, proyecto AtlasPro, Universidad El Bosque. 2016.....	188
-Figura 132: Modelo de negocio y servicio proyecto AtlasPro y Anatom3D. 2016.....	189
-Figura 133: Inspiración Logotipo marca AtlasPro. Anatomía del hueso Atlas.....	191
-Figura 134: Línea del tiempo, proyecto AtlasPro.....	192
-Figura 135: Marca Anatom3D, Universidad El Bosque. 2016.....	194
-Figura 136: Diagrama técnico de incisiones para intervenciones por laparoscopia y cateterismo, Universidad El Bosque. Dr. José Francisco Dolz .....	195
-Figura 137: Diagrama de posibles incisiones para intervenciones por laparoscopia y cateterismo, Universidad El Bosque. Dr. José Francisco Dolz .....	196
-Figura 138: Render de estructuras internas, proyecto Anatom3D / 2015 .....	197
-Figura 139: Trabajo de campo/ Hospital La Fe de Valencia/ 2015.....	198
-Figura 140: Modelo impreso de la arteria del seno sagital inferior con tecnología FDM. FabLab Valencia.....	198
-Figura 141: Render de componentes proyecto Anatom3D / 2016.....	199
-Figura 142: Modelado escultórico, proyecto Anatom3D / 2016.....	200
-Figura 143: Modelado escultórico, proyecto Anatom3D / 2016.....	201
-Figura 144: Modelado escultórico, proyecto Anatom3D / 2016.....	202
-Figura 145: Componentes, proyecto Anatom3D / 2016 .....	203
-Figura 146: Conceptos del sistema vascular del fantoma / 2016 .....	204
-Figura 147: Render de estructuras internas, proyecto Anatom3D / 2016 .....	205
-Figura 148: Prototipos a escala, proyecto Anatom3D / 2016 .....	206
-Figura 149: Conceptos sistema vascular, proyecto Anatom3D / 2016.....	207
-Figura 150: Conceptos de fantoma y sistema vascular, proyecto Anatom3D / 2016.....	208
-Figura 151: Conceptos de fantoma y sistema vascular, proyecto Anatom3D / 2016.....	209
-Figura 152: Línea del tiempo, proyecto Anatom3D / 2016.....	211
-Figura 153: Evento de premiación EIT Health - Spain/2016.....	212
-Figura 154: Proceso de segmentación de imágenes - FabLab Valencia 2016.....	213
-Figura 155: Modelado 3D, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017.....	214
-Figura 156: Impresión 3D, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017.....	215
-Figura 157: Captura de pantalla, parámetros de impresión 3D. Software Cura.....	216
-Figura 158: Modelos impresos en 3D, Componentes del fantoma. 2017.....	217
-Figura 159: Captura de pantalla, características técnicas de los materiales. Smooth-on.com.....	218
-Figura 160: Modelado de detalle, fantoma de entrenamiento por laparoscopia 2016.....	219
-Figura 161: Fotografía de detalle, fantoma de entrenamiento por laparoscopia.....	220
-Figura 162: Equipo de trabajo, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017.....	221
-Figura 163: Modelado 3D, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017.....	221
-Figura 164: Proyecto de trabajo de grado Ana-Tommy / Estudiante dirigido: Felipe Fuentes / Universidad El Bosque / 2015 .....	222

-Figura 165: Proyecto de trabajo de grado Organ / Estudiante dirigido: Katherine Varela / Universidad El Bosque / 2015 .....	223
-Figura 166: Proyecto de trabajo de grado Simula/ Estudiante dirigido: Leonel Hernández / Universidad El Bosque / 2016.....	224
-Figura 167: Proyecto de trabajo de grado Skin / Estudiante dirigido: Charmian Rodríguez / Universidad El Bosque / 2016.....	225
-Figura 168: Proyecto de trabajo de grado AtlasPro I+D / Estudiante dirigido: Alejandra Zoque. Exposición - SAdD Salón Académico de Diseño UEB - 2017-2 .....	226
-Figura 169: Proyecto de trabajo de grado Didactic Jaw/ Estudiante dirigido: Camila Palomino / Universidad El Bosque / 2017.....	227
-Figura 170: Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D. Proyecto de trabajo de grado MORFI / Estudiante dirigido: Daniela Pinilla.....	228
-Figura 171: Proyecto Interplay, Imágenes de muestra / Estudiante dirigido: Maria Camila Acuña / Universidad El Bosque / 2018.....	229
-Figura 172: Proyecto Pro-Scan/Estudiante dirigido: Edison Murcia/Universidad El Bosque / 2018..	230
-Figura 173: Actividad de aprendizaje de modelado escultórico / Universidad El Bosque / Tecnoparque SENA. 2017.....	234
-Figura 174: Actividad de brainstorming - modelos anatómicos / Universidad El Bosque / 2015..	231
-Figura 175: Pitch Challenge, III Encuentro de estudiantes de doctorado. UPV - 2016 .....	233
-Figura 176: Modelo anatómico Stratasys BIOMIMICS™ - Impreso con tecnología PolyJet, Preciso, Realista y Funcional. /www.stratasys.com/medical/biomimics.....	239
-Figura 177: Tipos de sistemas empleados en bioimpresión 3D que se aplican a la medicina regenerativa para abordar la necesidad de tejidos y órganos adecuados para el trasplante.....	244
-Figura 178: De izquierda a derecha: Sistema de impresión 3D basado en biotintas, desarrollado en la Universidad Carlos III de Madrid. Fuente: EFE/NGG // Sistema BioPen utiliza una mezcla de las células madre del paciente y un hidrogel protector. Desarrollado en el Hospital St. Vincent en Melbourne por la Universidad de Wollongong, Australia.....	245
-Figura 179: Microsoft HoloLens - CAE Healthcare / caehealthcare.com/hololens. 2017.....	246
-Figura 180: Imágenes de referencia, proyecto PoweClaw. //https://vivoxie.com/es/powerclaw/index .....	247
-Figura 181: MODELOS ANATÓMICOS COMERCIALES. Anfiteatro y museo de anatomía UEB .....	250
-Figura 182: Resultado actividad de aprendizaje de modelado escultórico / Universidad El Bosque / 2015 .....	253
-Figura 183: Laboratorio de Anatomopatología - Universidad Autónoma de Bucaramanga. Retomado de: <a href="http://www.unab.edu.co/servicios/anatomopatologia">http://www.unab.edu.co/servicios/anatomopatologia</a> .....	254
-Figura 184: PRIMERAS APROXIMACIONES. FabaLab Valencia 2015 .....	258
-Figura 185: Captura de pantalla, herramienta para la detección preliminar de creaciones potencialmente patentables .....	260
-Figura 186: Captura de pantalla, herramienta para la detección preliminar de creaciones potencialmente patentables .....	262
-Figura 187: TÉCNICA DE MAPPING. Estudiantes de la línea de tecnologías aplicadas. 2016. UEB..	270
-Figura 188: Primer set de modelos anatómicos / Proyecto AtlasPro / Universidad El Bosque.....	281
-Figura 189: Mapa de producto para determinar las necesidades específicas de los especialistas del área de la salud del Hospital La Fe de Valencia.....	282
-Figura 190: Proceso de fabricación del Fantoma personalizado / Universidad El Bosque.....	283
-Figura 191: Matriz de Productos y mercados / Universidad El Bosque / 2016.....	284
-Figura 192: Manual de Marca Proyecto AtlasPro / Universidad El Bosque. 2016.....	289
-Figura 193: Sustentación de proyecto final/ Estudiante: Edison Murcia/ Universidad El Bosque. 2018.....	295
-Figura 194: PROYECTO ANATOM3D Simulador de entrenamiento para cirugías por laparoscopia y cateterismo.....	292



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Aspectos generales del área en estudio.

Es cada vez más común encontrar publicaciones e informes de universidades y centros hospitalarios de investigación en salud, que involucran tecnologías de impresión 3D y fabricación asistida por computador para abordar casos de estudio, planificar intervenciones quirúrgicas o diagnosticar pacientes entre otras aplicaciones médicas. Involucrando e integrando en sus procesos a especialistas en tratamiento de imágenes médicas, artistas y escultores digitales, diseñadores e ingenieros de todo tipo, en procesos de conceptualización, impresión aditiva y manejo de materiales sintéticos de fabricación que aportan en el desarrollo de un importante y emergente segmento de aplicación de estas tecnologías en ámbitos de la salud. “Este marco es particularmente adecuado para el desarrollo de empresas artesanales tecnológicas que participan en las dinámicas de diseño de productos innovadores, especialmente cuando estos productos resultan de la colaboración entre redes de pequeñas y medianas empresas”. (Bandini, S., & Sartori, F. 2009)

El diseño como profesión y en específico el diseño industrial que tiene que ver con su aproximación a la ingeniería y tecnologías aplicadas, como el modelado tridimensional para el desarrollo de productos, ha aportado a la creación de nuevos nichos de explotación de estas tecnologías aún en desarrollo, brindando una mirada práctica para su uso y expansión en profesiones como la medicina y odontología, históricamente pioneras en el desarrollo investigativo e impulsor de avances tecnológicos para diferentes áreas del conocimiento.

Estas nuevas tecnologías que no tienen que ver solamente con fabricación, son presentadas con una velocidad exponencial, siendo el internet y las redes profesionales una vitrina al mundo informal para masificar la información, llegando a un público entusiasta en busca de información rápida y novedosa. Estas plataformas no paran de mostrar la realidad en la que se vive hoy, ya no se tratan de especulaciones prospectivas de cómo será el mundo, sino de cómo el mundo es.

La impresión 3D se ha convertido en una herramienta importante para la manufactura del siglo XXI, encontrando nuevas aplicaciones en diferentes ámbitos del conocimiento, siendo el campo médico uno de los más mediáticos en términos de aplicación, con una difusión amplia en términos de comunicación científica y de medios masivos, lo que ha abierto un espacio para su explotación económica en el mercado.



El trabajo desarrollado en los últimos cuatro años con la comunidad de la Universidad El Bosque, en la que se encuentran docentes de áreas de la salud como medicina, odontología y diferentes especialidades, y estudiantes de diseño industrial, buscó y continúa buscando escenarios de integración y crecimiento al ejemplificar el uso que se le puede dar a las tecnologías de diseño y fabricación digital, para expandir el abanico de oportunidades que desde la academia se pueden transmitir a los estudiantes, y puedan comenzar a permear campos del conocimiento poco tradicionales para el oficio del diseñador industrial, desmitificando su perfil como solamente configurador de la forma, perfilándose como un articulador líder de proyectos en un ámbito de trabajo multidisciplinar. De la misma forma se pretende que a partir de los nuevos espacios de aplicación se generen negocios, empresas e industrias que dinamicen el mercado económico y de apropiación de estas tecnologías en economías rezagadas industrialmente como la Colombiana.

Desde la dirección de trabajos de grado como profesor universitario, bajo la temática de diseño y fabricación digital y como estrategia para alimentar los resultados de la Investigación Doctoral, se presentan los resultados de 3 años de trabajo continuo teniendo como base experiencias de cocreación realizadas en conjunto con la Facultad de Odontología - Facultad de Medicina, Laboratorio de Anatomía, Laboratorio de Cirugía Experimental, Laboratorio de Modelos y Prototipos y la Vicerrectoría académica de la Universidad El Bosque, proyectos realizados con diferentes enfoques al corto, mediano y largo plazo como estrategia de captación de atención, mantenimiento en el tiempo e invitación de otros investigadores a unirse al proyecto y dinamizar las opciones de apropiación y aplicación del proyecto general objeto de esta tesis doctoral.

El siguiente trabajo de tesis que fue desarrollado para optar por el título de Doctor en diseño, fabricación y gestión de proyectos industriales de la Universidad Politécnica de Valencia, presenta algunos tópicos relacionados con el uso de tecnologías de fabricación asistida, resultados preliminares de proyectos desarrollados con financiamientos de convocatorias de investigación que tienen que ver la enseñanza y simulación de procedimientos médicos, teniendo como escenario a la Universidad El Bosque de Bogotá, universidad con 40 años de fundación y con un perfil marcado en temas de salud y calidad de vida.



*La impresión 3D se ha convertido en una herramienta importante para la manufactura del siglo XXI.*





Figura 1  
**The Anatomy Lesson of Dr. Nicolaes Tulp**  
Rembrandt - 1632

## **2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## [2. Justificación de la investigación]

Existe todo un panorama de oportunidades que reflejan los esquemas de integración donde el diseño industrial como profesión, coloca a disposición de la sociedad todos los conocimientos y habilidades del oficio en un sistema de creación, y que además tiene un papel fundamental en los procesos de desarrollo tecnológico y de innovación en diferentes campos del conocimiento. Pasando por fases investigativas, de lectura de posibles mercados y escenarios, interviniendo en diferentes procesos creativos, de desarrollo y de fabricación, el diseño industrial es el eje de articulación que puede traducir en productos o servicios, necesidades latentes de una sociedad, apoyándose en conjunto con otras disciplinas y artes.

Como armazón instrumental de estos procesos y haciendo énfasis en la influencia de la tecnología en relación con la producción industrial, la cual ha mutado, donde ahora las series cortas, la personalización, la producción bajo pedido con cero desperdicios, la producción globalizada, por lotes, factible al 100% y con manufactura de precisión son los factores esenciales para la toma de decisiones en la industria moderna. Bajo estos criterios el diseño asistido brinda una ventaja que permite integrar la fabricación digital directamente al proyecto de diseño, integrando la producción con máquinas a control numérico e impresoras 3D, reduciendo costos, tiempos y optimizando recursos.

Es en este contexto emergente que se desarrolla el proyecto de investigación, el cual, a nivel general se delimita por la relación entre el diseño y los procesos de simulación en la enseñanza de medicina y odontología, y a nivel particular, en el estudio de los materiales didácticos utilizados en las aulas de clase de la facultad de Medicina y Odontología de la Universidad El Bosque (UEB).

El enfoque y la oportunidad del proyecto de investigación se justifica en una primera lectura general del entorno y las necesidades de desarrollo de material propio para la enseñanza en áreas de la salud en la UEB, centro educativo reconocido en Colombia por su enfoque y tradición como institución formadora en áreas de la salud, y que cuenta con la diversidad de carreras necesaria para encontrar oportunidades de integración de conocimientos.

La presente propuesta de investigación exploratoria, concretamente estaba y continúa buscando un relacionamiento entre las Facultades de Medicina y Odontología con la de Creación y Comunicación por medio de la tecnología y el pensamiento creativo; siendo la propuesta investigativa doctoral, la creación de un escenario propicio para la co-creación de proyectos de diseño y fabricación digital, y así contribuir con material didáctico y sistemas de enseñanza para Medicina y Odontología con una filosofía *Maker*, (McCullough, M.S. 2014), teniendo los procesos: investigativos multi y transdisciplinarios, creativos, de diseño, fabricación, simulación y comprobación, como los grandes factores para articular un escenario de trabajo físico, cursos integrados y laboratorios de modelos y prototipos que agrupan tecnologías contemporáneas de fabricación digital.

Igualmente a partir de la investigación realizada y para ejemplificar sólo uno de los múltiples proyectos en qué trabajar a futuro, está la creación de modelos tangibles de enfermedades no tradicionales que trascienden los libros de texto o las aplicaciones digitales de visualización en 3D a través de pantallas 2D, en una interfaz sensorial táctil, impresa en tres dimensiones que simula tejidos, texturas, volumetrías y facilite la comprensión de los estudiantes (Huutilainen, E., et al 2014), docentes y pacientes, y así contribuir a todos los actores del sistema de salud incluidos los pacientes y su bienestar.

“

*...buscar el relacionamiento entre las Facultades de Medicina y Odontología con la de Creación y Comunicación por medio de la tecnología y el pensamiento creativo.*

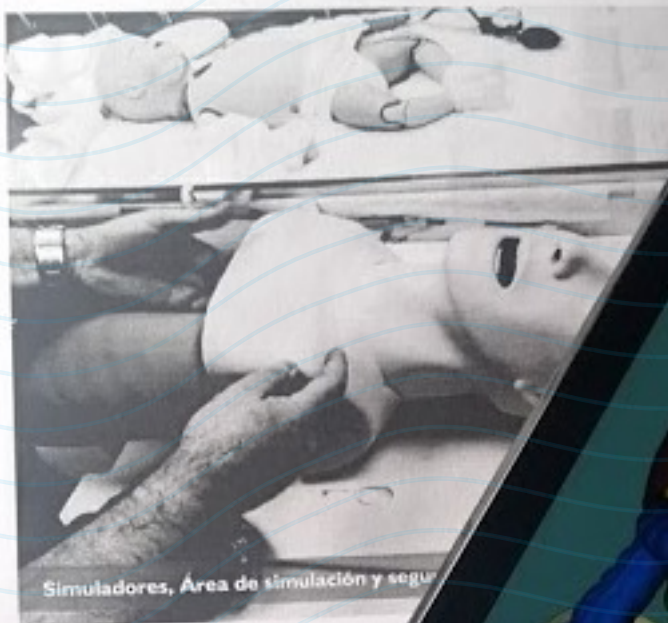
”

Figura 2: Laboratorio de Pre-Clínica Odontológica / Universidad El Bosque / 2015






# Modelos didácticos y de simulación



Simuladores, Área de simulación y segu

 UNIVERSIDAD  
EL BOSQUE

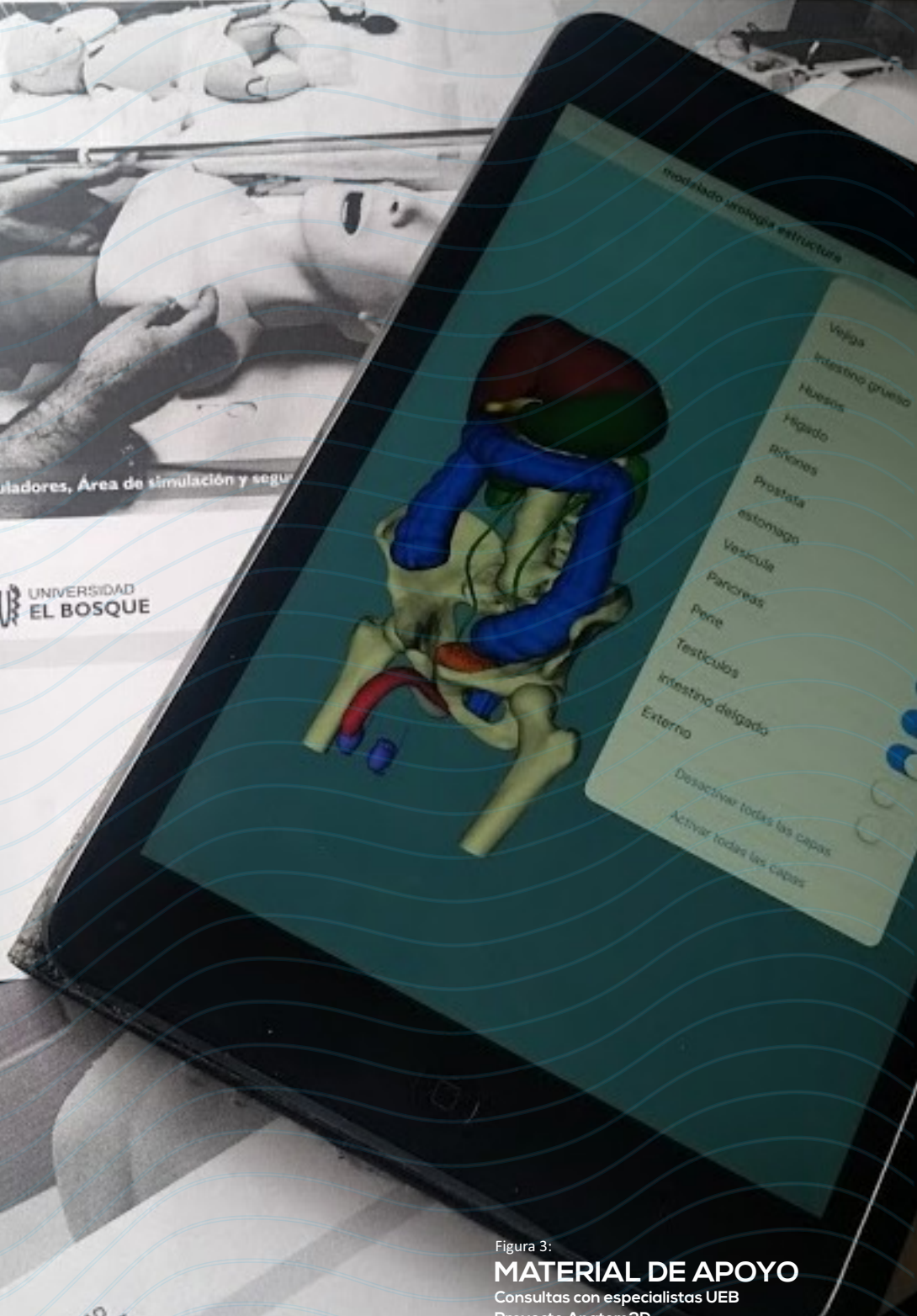


Figura 3:

## MATERIAL DE APOYO

Consultas con especialistas UEB

Proyecto Anatom3D

 UNIVERSIDAD  
EL BOSQUE

# 3. OBJETIVOS



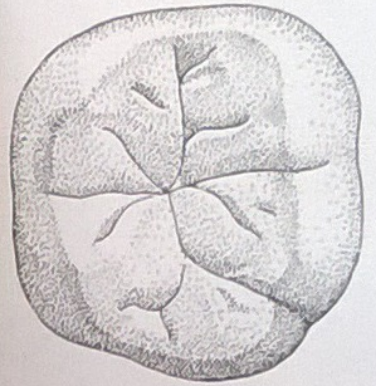


Figura 4

## MODELO ANATÓMICO

Facultad de Odontología UEB

Fabricación manual en cera



## [3. Objetivos]

### 3.1. Objetivo General.

Plantear un escenario óptimo de trabajo interdisciplinar dentro de la Universidad El Bosque, que permita el desarrollo de material de simulación desde la visión del Diseño Industrial para procesos de enseñanza-aprendizaje en áreas de la salud.

### 3.2. Objetivos Específicos.

- Validar diferentes herramientas de diseño y fabricación digital para su posterior implementación en el desarrollo de modelos didácticos y aplicativos en áreas de la salud.
- Integrar las metodologías y el oficio del diseño en el desarrollo de proyectos en áreas de la salud en un ámbito universitario.
- Demostrar a partir de proyectos ejecutados, las fortalezas y oportunidades que brinda el diseño y la fabricación digital enfocadas al desarrollo de material de entrenamiento en el mercado médico.

*Figura 5:  
Asesoría Docente de Odontología y estudiante de Diseño Industrial / Universidad El Bosque  
Profesor Dr. Andrés Rodríguez / Estudiante Laura Chaparro / 2015*



### 3.3. Modelo de formulación por objetivos.

A partir del curso transversal de la escuela de doctorado de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), "Metodologías para la investigación" dictado por el profesor Bernabé Hernandis Ortuño, se realizó un estudio muy interesante y productivo en el año 2015, para fundamentar lo que serían los objetivos de la investigación, utilizando para ello un modelo basado en el método de Ashby- Melese (Martínez de Lejarza, I.; et.al. ,1994). Este modelo, estudiado durante el curso denominado "Modelo de formulación por objetivos"(Hernandis, B., 2000) y desarrollado en el ámbito de la Escuela de Investigación Operativa de Valencia, plantea estudiar el modelo organizacional del entorno de trabajo, describiendo sus características y elementos.

Como plantea Hernandis (2000), el primer paso para su implementación consiste en definir los límites del sistema y analizar tanto los elementos integrados , como los elementos que influyen sobre el sistema y que no pueden ser controlados en éste. El sistema en estudio plasmado en la gráfica de la siguiente página (Figura 6) se subdivide en varios sistemas, los cuales serán a su vez subsistemas del anterior. El Sistema Exterior (SE), está constituido por los diferentes subsistemas que existen en el entorno y que tienen relación con el sistema en estudio: organismos de la administración, empresas compradoras, empresas proveedoras, clientes, información (congresos, revistas científicas, exposiciones,...) etc. El subsistema físico, lo constituyen los elementos que realizan las actividades objeto del sistema tales como: recursos humanos, recursos materiales, talleres, personal, máquinas, laboratorios, etc. El nivel de explotación reconoce los objetivos, los medios y los procedimientos; fija la correcta ejecución y posee una actividad diaria. Está compuesto por el personal encargado de estas funciones. El nivel de explotación debe adaptar los retrasos y corregir las desviaciones instantáneamente. Funciona al mismo tiempo que los fenómenos industriales y comerciales y realiza las funciones de seguimiento y control mediante los encargados o responsabilidad equivalente. Su medida de tiempo se basa en los días.

El nivel de gestión tiene por misión fijar los objetivos a explotación, controlando la ejecución. Si las perturbaciones afectan la explotación y no se tiene capacidad para volver a un estado de equilibrio, el nivel de gestión corrige y modifica los programas para conseguir el objetivo. Su intervención es más lenta que en el nivel de explotación. Se puede hablar de actuaciones comprendidas entre el mes y el semestre aproximadamente. Al nivel de gestión se le podrían asimilar funciones como seguimiento de la programación de la producción, control de presupuestos, stocks, repartos, fijación de tiempos, compras, ventas, nóminas, etc.

El nivel de evolución tiene por misión asegurar la evolución de los niveles inferiores y representa la función de "dirección" por excelencia. Fija los objetivos a medio-largo plazo, modifica las estructuras, decide inversiones, busca nuevos mercados, etc. Y también organiza funciones, métodos, medios y procedimientos. El nivel de evolución, tiene necesariamente una cadencia de intervención más espaciada que la de los niveles inferiores, se habla de periodos anuales. Planificación anual de recursos humanos y materiales será una de sus principales actuaciones.

El nivel de mutación liga la empresa como unidad micro-económica, con el universo en el cual está sumida. Es en este nivel llamado "mutación" dónde se decide la existencia misma de la empresa y/o proyecto y sus transformaciones fundamentales: absorción, fusión y desarrollo. Se trata de proteger el organismo contra perturbaciones económicas o cambios violentos. Se encuentra en este nivel la política de alianza con otras firmas, estudio de concentraciones, estrategia multinacional, acciones profesionales, etc. Una vez determinados los subsistemas del modelo se definen los objetivos propuestos para cada uno de los niveles. Se trata de fijar las metas a alcanzar, estableciendo las prioridades correspondientes en su consecución. Una vez definidos los subsistemas componentes y los objetivos se identifican las variables que interrelacionan los subsistemas.

Hernadis (2000), plantea que las Variables de Entrada (VE), proceden del sistema exterior o de otros sistemas. Puede ser demanda de producción, precios de materiales, demanda de servicios, médicos por pacientes, conocimiento, etc. Variables de Salida (VS), salen hacia el exterior en forma de materiales o información. Pueden ser productos terminados y/o servicios, valores incrementales del conocimiento u otros valores añadidos al sistema exterior, educación del consumidor, aprendizaje para la planificación, etc. Son el resultado de la aplicación del modelo y de vuelta al sistema exterior producen su variación. Variables de Acción (Va), son reglas impuestas y regulan las transformaciones: reglas de prioridad, normas de actuación, admisión, planificación, etc. Variables de Información (Vi), son el flujo de noticias sobre el funcionamiento del Sistema, pueden ser número de consultas realizadas, partes de trabajo, recogida de información, etc. Variables Esenciales (Ves), reseñan el funcionamiento del sistema y miden criterios de coste y eficiencia. Además son parámetros que valoran porcentajes de retraso, stocks máximos, tiempos de ejecución, etc. Estas variables son las que cuantifican el grado de realización o cumplimiento de los objetivos. Los objetivos de mutación, por otra parte, se determinaron para actuar a medio y corto plazo, de manera consecuente en cada uno de los niveles correspondientes a evolución y gestión. Estos niveles suponen una transición para alcanzar los objetivos de mutación.

Al estar el proyecto enmarcado en la Universidad El Bosque de Bogotá, una institución educativa real, este apartado fue fundamental para aclarar diferentes factores y realizar una estructura mental y de proyecto, sobre cómo abordar el trabajo en una etapa temprana, entendiendo fundamentalmente problemas de índole organizacional. Así mismo, planteó interrogantes necesarios para detectar variables esenciales en la formulación del proyecto y los momentos para realizar acciones correctivas. Esta herramienta de control y de detección de problemas, permitió entender los momentos y los grados de cumplimiento de los objetivos.

Modelo de formulación por objetivos.

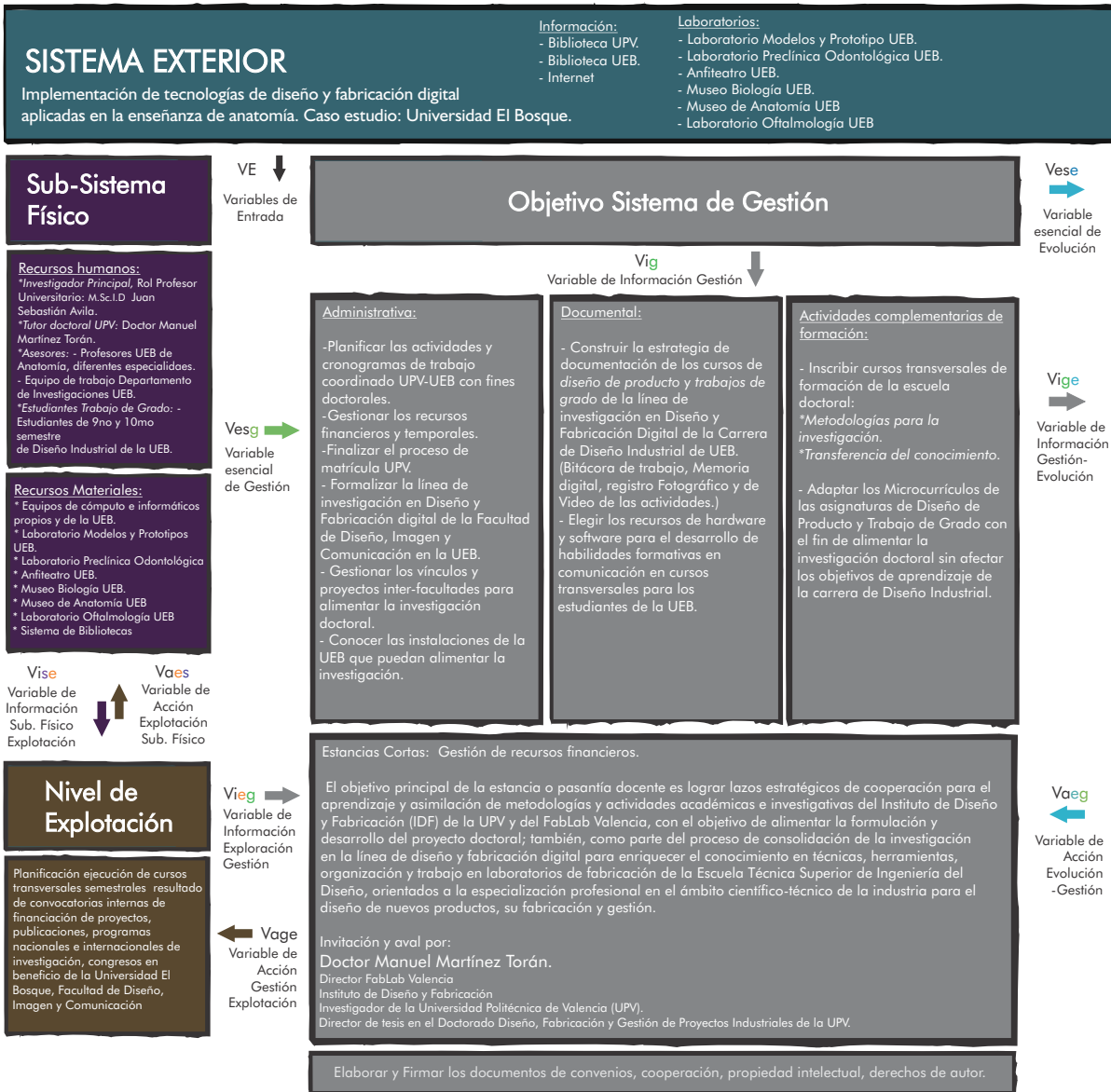


Figura 6: Modelo de formulación por objetivos.

**Normativa Universidades:**  
 - Normativa Escuela Doctoral UPV.  
 - Normativa Grupos de Investigación UEB.  
 - Departamento de Simulación UEB.

**Recursos**  
 - Tesis Doctorales.  
 - Evaluadores

## Objetivo de Evolución

**Vie** ↓  
 Variable de Información Evolución - Revisión documental. - Trabajo de campo.  
 - Búsqueda de información - Experimentación.

### PRIMER AÑO: SEPTIEMBRE 2014 - MAYO 2015

#### Objetivo Principal:

\* Plantear un escenario de trabajo interdisciplinar dentro de la Universidad El Bosque, que permita el desarrollo de Material didáctico de Simulación desde la visión del Diseño Industrial para procesos de Enseñanza-Aprendizaje de Anatomía en diferentes especialidades. (Medicina, Odontología, Biología, etc).

#### Objetivos Específicos:

- Validar diferentes herramientas de diseño y fabricación digital para su posterior implementación en el desarrollo de modelos didácticos y aplicativos en áreas de la salud.
- Integrar las metodologías y el oficio del diseño en el desarrollo de proyectos en áreas de la salud.

### SEGUNDO AÑO: SEPTIEMBRE 2015 - MAYO 2016

#### Objetivo Principal:

\* Analizar las metodologías de trabajo del Diseñador Industrial en formación con otras profesiones a través de las experiencias obtenidas en 8 trabajos de grado referidos al Diseño y fabricación digital con enfoque a la enseñanza en áreas de la salud y los ejercicios semestrales de experimentación con estudiantes de tercer año de Diseño Industrial.

#### Objetivos Específicos:

- Consolidar las herramientas de diseño y fabricación digital como una estrategia para dar un perfil sólido y de diferenciación al Diseñador Industrial egresado de la UEB.
- Modernizar los equipos y herramientas de trabajo del Laboratorio de modelos y prototipos de la UEB.
- Crear una electiva inter-facultades para el diseño, fabricación y validación de modelos didácticos para la enseñanza de anatomía en áreas de la salud.

### TERCER AÑO: SEPTIEMBRE 2016 - DICIEMBRE 2017

#### Objetivo Principal:

\* Implementar un modelo de negocio para la producción de modelos didácticos para la enseñanza de anatomía a través del centro de diseño de la UEB, para abastecer la demanda regional de este tipo de modelos en otras Universidades, Centros de Investigación, Colegios y Profesionales.

#### Objetivos Específicos:

- Consolidar un sistema de diseño, fabricación y gestión con las herramientas disponibles en la UEB para el desarrollo de modelos didácticos.
- Establecer lazos más fuertes con otras facultades a través del Departamento de Simulación de la UEB.

**Vesm** →  
 Variable esencial de Mutación

↑ **VS**  
 Variable de Salida  
**TESIS**

## Objetivo de Mutación

CONSOLIDAR UN MÉTODO PARA ELABORAR MODELOS ANATÓMICOS DE ENFOQUE DIDÁCTICO CON TECNOLOGÍAS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DIGITAL BAJO UNA FILOSOFÍA MAKER.

**Viem** →  
 Variable de Información Mutación - Evolución

- Establecer sistemas de transferencia para la enseñanza de técnicas para el modelado y fabricación digital de modelos didácticos.
- Comprobar la eficacia de los modelos didácticos tridimensionales para el aprendizaje de anatomía en diferentes ámbitos de aprendizaje de la UEB.
- Consolidar un equipo de desarrollo de producto, ingeniería, producción y comunicación.
- Formular un modelo de negocio para la explotación comercial de los productos desarrollados a través del Centro de Diseño de la UEB.

**Vame** ←  
 Variable de Información Mutación - Evolución

### PRIMER ARTÍCULO:

Factores de éxito en la articulación de proyectos. Reflexiones en la formación de diseñadores para desempeñarse como integrador e intérpretes formales en proyectos multi-disciplinares. El papel del diseñador contemporáneo en proyectos interdisciplinares.

### SEGUNDO ARTÍCULO:

Propuesta metodológica para el diseño y fabricación de modelos didácticos para la enseñanza de anatomía (Temática específica basada en experiencias) con el objetivo de desarrollar habilidades motrices en estudiantes de (área específica)

### TERCER ARTÍCULO:

Virtualización o materialidad. Pertinencia de los modelos tangibles en los procesos de enseñanza-aprendizaje en relación con la pérdida y comprensión de la tridimensionalidad en el desarrollo de habilidades manuales en temáticas relacionadas a la comprensión morfológica y anatómica.

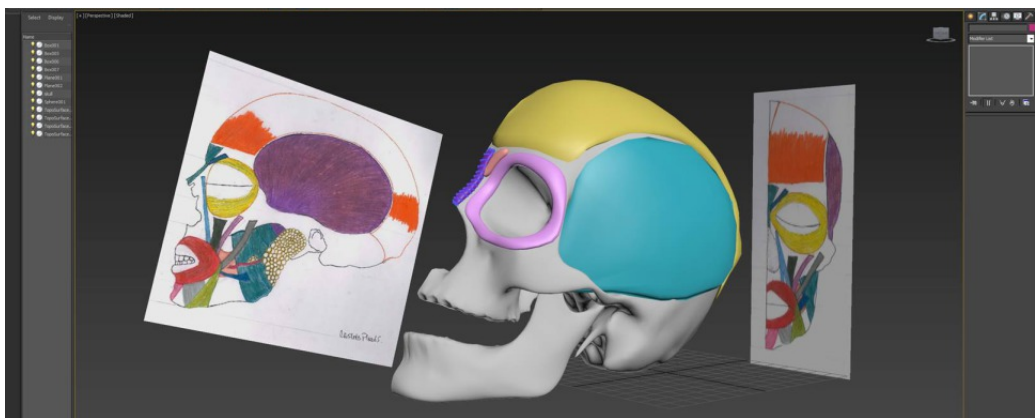
### 3.4. Resultados esperados de la investigación.

Como resultado de la ejecución de este proyecto, se espera conseguir una mejora integral del proceso de integración de docentes, estudiantes, laboratorios y entidades externas para la elaboración de proyectos conjuntos, teniendo como base los proyectos de base tecnológica y el pensamiento de diseño como ejes de integración, se espera que producto de este trabajo de investigación se logre a la mejora de los procesos internos de gestión e investigación y el aumento del interés de parte de la comunidad científica relacionada con áreas de la salud dentro de la comunidad universitaria de la U. El Bosque, en temas relacionados con proyectos de diseño y desarrollo de productos para este nicho de mercado. Los resultados que se pretenden conseguir con el desarrollo de la investigación son los siguientes:

- Un correcto desarrollo en la gestión, coordinación y relacionamiento interfacultades de la Universidad, a partir de un modelo de ejemplos y procedimientos para el trabajo de proyectos conjuntos.
- Ampliar el espectro de trabajo de los diseñadores industriales en formación, haciendo énfasis en los proyectos relacionados con áreas de la salud.
- Conocer el quehacer de otras profesiones relacionadas con las áreas médicas con el fin de aportar desde la mirada del diseño industrial en procesos de mejora.
- Mejorar la infraestructura técnica y tecnológica de la Universidad correspondiente a la fabricación de modelos y prototipos, para que pueda responder a los desafíos de investigación y proyectos integrados con áreas médicas.
- Formular proyectos de referencia, que se conviertan en ejemplos para continuar proponiendo iniciativas conjuntas interfacultades, explotando el potencial que tiene la Universidad en temas de innovación al interior de la misma.
- Incrementar el número de estudiantes y egresados de diseño industrial que tengan las competencias técnicas y procedimentales para realizar proyectos relacionados con áreas médicas.
- Comenzar un proceso de validación al interior de la Universidad de proyectos académicos que puedan convertirse en proyectos de investigación, *Spinoff*, patentes, búsqueda de aliados externos, presentación a convocatorias, concursos, entre otros medios de permanencia de iniciativas de proyectos.

- Consolidar una línea de investigación relacionada con el uso de tecnologías de diseño y fabricación digital, aplicada al desarrollo de proyectos relacionados con el ámbito médico y su enseñanza.
- Formalizar algunos aspectos legales, de gestión de la información, de propiedad intelectual, registros y patentes de los proyectos que se realizan al interior de la UEB.
- Profundizar en técnicas de modelado tridimensional escultórico, para poder dar respuesta a los desafíos propuestos en el área de estudio de la Anatomía humana.
- Aplicar metodologías de diseño como el *Design Thinking*, para establecer estrategias de relacionamiento estandarizadas entre los diferentes actores que intervendrán en el proyecto.
- Formalizar una oferta académica de postgrado, cursos libres, diplomados entre otros, donde se pueda profundizar el conocimiento generado a partir de esta investigación.
- Capacitar más profesores de diseño industrial en el dominio de nuevas tecnologías de diseño y fabricación digital, con el objetivo de continuar con la formulación de proyectos de base tecnológica como estrategia de integración y búsqueda de oportunidades laborales en diferentes ramas del conocimiento.
- Transferir por medio de publicaciones, congresos, simposios u otros eventos científicos los resultados de la investigación, con el fin de poder medir los impactos y contrastar experiencias con otras Universidades pares a nivel local y regional.
- Aportar al crecimiento y ascenso de la categoría del grupo de investigación de la Facultad de Creación y Comunicación de la UEB, en el sistema de medición de Colciencias con el objetivo de poder continuar accediendo a subvenciones y apoyos económicos gubernamentales y de esta forma garantizar la continuidad de la investigación.
- Empoderar a estudiantes de diseño industrial de la línea de proyecto de trabajo de grado de tecnologías aplicadas, en el desarrollo de proyectos temáticos que alimenten la investigación doctoral, como estrategia para ampliar la red de trabajo.

Figura 7: Modelado Escultórico a partir de bocetos con 3D MAX / Estudiante, Cristina Plazas / Universidad El Bosque / 2015











**4. HIPÓTESIS**  
**5. DELIMITACIÓN Y**  
**ALCANCE DE LA**  
**INVESTIGACIÓN**



Figura 8

## MODELO ANATÓMICO

Facultad de Odontología UEB  
Fabricación manual en cera

#### [4. Hipótesis]

La visión, metodologías, oficio y tecnologías emergentes usadas por el diseño industrial, pueden ser utilizadas para el desarrollo de material didáctico y de simulación en escenarios de enseñanza y aprendizaje de futuros profesionales en áreas de la salud.

#### [5. Delimitación y alcance de la investigación]

El proyecto producto de esta investigación se realizó con el objetivo de brindar a la Universidad El Bosque de Bogotá, una prueba de concepto de cómo a partir de la gestión de diseño, y el desarrollo de proyectos de base tecnológica es posible integrar profesiones, esfuerzos y recursos de todo tipo, para posicionar a la Universidad como un centro de enseñanza moderno y con un perfil marcado a las áreas de la salud, buscando encaminar a otras profesiones que directamente no están relacionadas con la medicina como lo es el diseño industrial, permitiendo estructurar proyectos bajo temáticas relacionadas al ámbito médico pero con un enfoque específico desde una especialidad en particular, en este caso utilizando la impresión 3D, el diseño de productos y el pensamiento sistemático como punto de partida para la formulación de proyectos. El espacio de investigación específico fue desarrollando aprovechando la capacidad instalada de la Universidad El Bosque en su campus de Usaquén en Bogotá, en un periodo comprendido entre el 2013 y el 2018, para evaluar su pertinencia y resultados. Durante el transcurso del proyecto se tuvo en cuenta el universo de docentes, estudiantes y trabajadores de la Universidad El Bosque, especialmente aquellos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de anatomía en sus diferentes modalidades.

Las tecnologías analizadas para implementar en la Universidad que fueron utilizadas en los proyectos de innovación para la enseñanza en áreas de la salud, se estructuran en los conceptos de tecnologías de escritorio, movimiento *Maker* (McCullough, M. S. 2014), el *Do it yourself* o hágalo usted mismo (Rodríguez, Y. 2017), tales como la impresión 3D, el escáner tridimensional, el escáner médico, la escultura digital, el modelado 3D, la reproducción de piezas por moldes y reproducciones con siliconas especiales y el maquillaje de efectos especiales.

Los proyectos seleccionados para aplicar estas técnicas y tecnologías fueron en el desarrollo de material didáctico para la enseñanza de anatomía dando como resultado el proyecto AtlasPro y en segunda medida, para el desarrollo de simuladores de entrenamiento médico para laparoscopia del tórax y abdomen humano, adicional a operaciones por cateterismo de aneurismas cerebrales bajo la denominación Anatom3D. Teniendo como premisa el uso de la técnica de usuarios extremos de la metodología de Design thinking (Brown, 2016), al interpretar qué, si estos proyectos funcionan en estos casos, podrían y deberían funcionar en operaciones de menor complejidad.





# 6. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN



## [6. Líneas de investigación]

Inicialmente y de acuerdo a las líneas de investigación planteadas por el programa de doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales de la Universitat Politècnica de València, programa promovido por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, orientado a la especialización profesional en el ámbito científico-técnico de la industria para el diseño de nuevos productos, su fabricación y gestión de proyectos industriales, se fundamenta este trabajo involucrando algunas de las siguientes temáticas de investigación de forma directa o indirecta:

-Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías sobre la captura y la transferencia de la imagen digital. /-Investigación y desarrollo de nuevos métodos de diseño y comunicación gráfica. / - Diseño asistido por ordenador: interfaces de usuario, metodologías de diseño y habilidades cognitivas./- Visión por computador, análisis de imagen y sistemas de inspección en tiempo real: Orienta su actividad a la investigación y desarrollo de nuevas interfaces gráficas que permitan mejorar las capacidades del ser humano y de nuevas tecnologías relacionadas con los procesos de diseño y reproducción de productos gráficos y técnicas de visión por computador para aplicaciones industriales. Las líneas LabDesign están orientadas a la interpretación automática de planos y bocetos de ingeniería, el desarrollo de habilidades cognitivas en el ámbito de la visión espacial, desarrollo de herramientas basadas en modelado mediante bocetos para diseño conceptual, metodologías y herramientas para la gestión del conocimiento en el proceso de diseño, y técnicas de visión por computador para aplicaciones industriales. Las líneas sobre Tecnologías Gráficas están dirigidas a la mejora de los procesos de tratamiento y reproducción de la imagen digital y al estudio de las capacidades de comunicación, legibilidad e impacto visual, tanto para personas en condiciones normales como para personas con algún tipo de deficiencia perceptual, en el ámbito del diseño gráfico y la tipografía. (Universitat Politècnica de València. 2017).

- Nuevas tecnologías aplicadas al diseño de productos. Análisis multicriterio aplicado a los procesos de decisión en proyectos: Tiene como objetivo el estudio de los procesos complejos de toma de decisiones y de valoraciones de activos tangibles e intangibles, que se plantean en el área de la dirección de proyectos, innovación, el desarrollo sostenible, la sostenibilidad y la evaluación ambiental. Los procesos complejos de toma de decisiones se caracterizan por la participación de diferentes actores o partes interesadas que se influyen mutuamente, por la gran cantidad de criterios que hay que considerar, por la subjetividad inherente al proceso, por la necesidad de integrar escalas preferencia cualitativas y cuantitativas, y por la imprecisión propia del ser humano responsable de las decisiones. (Universitat Politècnica de València. 2017).

- Automática industrial y robótica móvil. Diseño y Fabricación Digital: La fabricación digital es el conjunto de procesos integrados mediante los cuales se elabora un producto a partir del diseño y modelado del objeto en softwares CAD (-Computer-Aided Design-), el análisis del mismo en un programa CAE (-Computer-Aided Engineering-), la simulación del proceso de fabricación en paquetes CAM (-Computer-Aided Manufacturing-) y la manufactura del producto por medio de algún equipo. (Qué es la fabricación digital?, 2017).

Los programas CAD son usados para crear el diseño geométrico del objeto; dependiendo de la especialidad del software, se pueden generar modelos en dos o en tres dimensiones, en tres dimensiones siendo geométricas, escultóricas o paramétricas. Estos modelos se puede modificar y mejorar en cada parte del proceso constructivo, siendo la base para el proceso de fabricación digital.

Los programas CAE se usan posteriormente a la creación de un modelo CAD y se emplean para analizar las piezas bajo ciertas condiciones simuladas que son preestablecidas; los parámetros más comunes en las simulaciones son la fuerzas aplicadas y la interacción de la pieza con otras. Con estos análisis se puede tener un conocimiento previo acerca del comportamiento y desempeño de la pieza, pudiendo sacar conclusiones sobre su diseño, optimizando recursos antes de pasar a la etapa de simulación de fabricación.

Los programas CAM -Computer-Aided Manufacturing-, son herramientas que se usan para la simulación del maquinado o elaboración de una pieza a partir de la selección y dimensiones del material, selección de herramientas de maquinado, velocidad de procesos y restricciones de fabricación. Algunos programas adicionalmente sirven para la asistencia de las líneas de producción y ensamblaje para planificar un proceso optimizado. Esta es la última parte antes de la fabricación física de la pieza y la penúltima del proceso de fabricación digital.

La Fabricación Aditiva (FA), es un proceso por el cual un fichero 3D es convertido en un objeto físico mediante la adición capa por capa de material. Este material puede ser plástico, resina, metal, papel, entre otros. El término más usado para referirse a la FA es "Impresión 3D". Otros términos también son usados como sinónimos, tales como Prototipado Rápido, Fabricación Digital Directa o Fabricación 3D. (Fabricación Aditiva y Manufactura Aditiva. 2017)

Figura 9: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño / Universitat Politècnica de València.







# 7. ESCENARIO DE TRABAJO

## 7.1. Comportamiento del mercado de impresión 3D.

Se proyecta que la demanda en el mercado global de impresión 3D se expandirá a una CAGR (Compound Annual Growth Rate o Tasa de crecimiento anual compuesto) notable de 18.0% durante el período comprendido entre 2017 a 2025, ganando adeptos debido a una serie de factores tales como una resolución más alta, mejores acabados superficiales, reducción en el costo de fabricación debido a la liberación de patentes, aparición y consolidación de nuevas marcas emergentes, facilidad en el desarrollo de productos personalizados, posibilidades cada vez mayores de utilizar materiales múltiples para impresión e inversiones gubernamentales en proyectos de impresión 3D, desplazando el desarrollo de pequeñas empresas a grandes conglomerados de investigación. Si bien la falta de control adecuado del proceso y las limitaciones en cuanto al tamaño del producto están obstruyendo el mercado global de impresión 3D, los accionistas continuarán obteniendo nuevas oportunidades de participación en industrias no explotadas como electrónica impresa, automotriz, educación, aeroespacial, joyería, entre otras. El mercado mundial de impresión 3D se valoró en 7.3 billones de dólares estadounidenses en 2016, y se estima que alcanzará una valoración de 32 billones en la próxima década. (Transparency Market Research, 2017)

El sector de ventas atiende la demanda del mercado sobre la base del uso, el mercado global de impresión 3D se ha segmentado en comerciales y personales. Los usos comerciales de la impresión en 3D, que continúa atendiendo a la porción más importante de la demanda, incluyen creación rápida de prototipos, fabricación rápida de productos de consumo en series cortas y personalización masiva. Por otro lado, las aplicaciones personales incluyen la impresión en casa de objetos 3D para uso individual. En 2016, el segmento comercial representó más de 5,9 millones de dólares en toda la cadena de mercado, estimando un crecimiento sostenido de 17.8% durante el período de pronóstico hasta 2025. (Transparency Market Research, 2017).

Esto se debe principalmente a la mejora en la calidad de los materiales de impresión 3D que ha llevado a los fabricantes a incorporar la impresión 3D en sus prácticas de fabricación actuales. Desde el punto de vista de la tecnología, el mercado mundial de impresión 3D se bifurca en Polyjet, sinterización selectiva por láser (SLS), modelado de deposición fundida (FDM) y estereolitografía (SLA).

En 2016, la tecnología PolyJet representó casi el 41% de la cuota de mercado total, y se prevé que muestre una tasa de crecimiento superior a la media. El segmento de FDM es el segundo segmento accionario más importante y domina el mercado de impresión 3D en términos de volumen de piezas impresas. Esto es un reflejo de la creciente demanda de impresoras FDM para uso personal y comercial. FDM también es popular en una variedad de aplicaciones industriales, desde automóviles hasta bienes de consumo. Desde el punto de vista de la aplicación, el mercado de la impresión 3D se ha categorizado en productos de consumo y electrónica, automotriz, médica, industrial, aeroespacial, militar y de defensa, arquitectura y educación.

3D Systems, Stratasys, Ltd., Solidscape, Inc. y EOS GmbH son las cuatro compañías que ocupan posiciones más fuertes en el mercado mundial de impresión 3D junto con otros actores clave, como Optomec, Concept Laser GmbH, Voxeljet Technology GmbH, ExOne GmbH, SLM Solutions GmbH, Arcam AB y FormLabs.

La impresión 3D en el mercado de Cuidado de la Salud (Healthcare Market), fue valorada en \$USD 579 millones en 2014, y se espera que supere los \$USD 2.363 millones para 2020, registrando una CAGR de 26.2% durante el período de pronóstico 2015-2020. La impresión 3D es una tecnología emergente que permite a los fabricantes del sector médico fabricar productos y equipos médicos personalizados. (Zopf, D.A., 2015). Se espera que este mercado experimente un crecimiento significativo durante el período de pronóstico a causa de las numerosas innovaciones tecnológicas en este sector. Además, las inversiones de I + D en constante evaluación ha aumentado el número de potenciales clientes permitiendo su rápida expansión, específicamente con las amplias expectativas de utilizar esta tecnología en aplicaciones biomédicas, sin embargo, la ausencia de un marco regulatorio estructurado, políticas desfavorables para el impulso de estas tecnologías en términos bioéticos, altos costos asociados con las impresoras, los derechos de autor y registros aún vigentes y las inquietudes por infracción de patentes, así como los problemas de biocompatibilidad son aún algunos de los múltiples temas donde hay un amplio espectro de investigación para la impresión 3D, aplicada en el ámbito médico. (Transparency Market Research, 2017)



*La impresión 3D en el Healthcare Market fue valorada en \$USD 579 millones en 2014, y se espera que supere los \$USD 2.363 millones para 2020.*



Figura 10: Prototipos impresos en 3D proyecto AtlasPro / Tecnología SLA y SLS de Shapeways. 2016



## 7.2. Contexto institucional.

A continuación se presenta información relacionada con el Contexto Institucional de la Universidad El Bosque, con el fin de dar una idea general de lo que es la Institución, su historia, sus lineamientos, su estructura académico - administrativa y algunos datos generales de la Universidad.

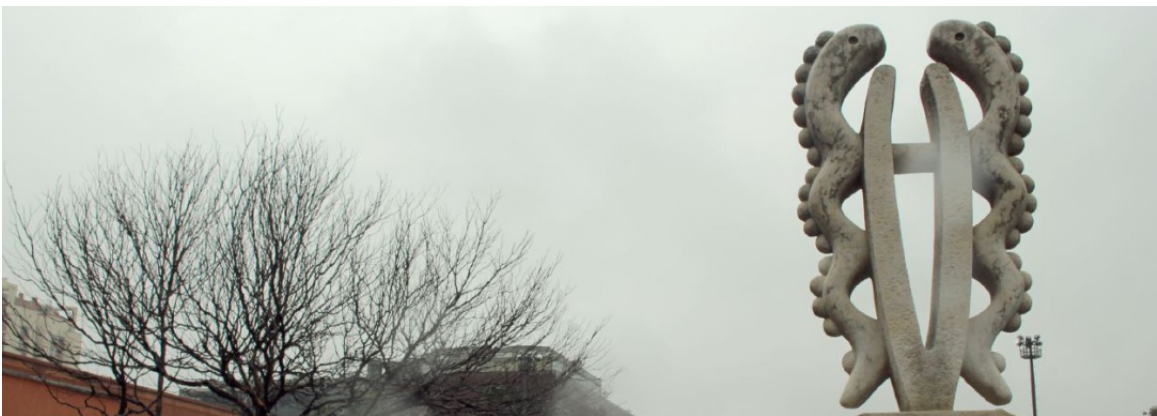
### 7.2.1. Reseña Histórica, descripción general.

“La Fundación Escuela Colombiana de Medicina fue creada por la Junta General de Socios de la Clínica El Bosque el 27 de julio de 1977. En 1978 el ICFES (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación) emitió concepto favorable para el reconocimiento de la personería jurídica, como Escuela Colombiana de Medicina. El 12 de febrero de 1979 se recibió oficialmente a los primeros 60 estudiantes del primer programa de Medicina. Seis años después, la Escuela les otorga a 40 de ellos los primeros títulos de Médico Cirujano de la Institución. Posteriormente, se crearon programas en otras áreas de la salud: Odontología (1982), Especialización en Psiquiatría (1983) y Psicología (1993) como complemento a los programas de Salud. En 1993 la Universidad se expandió a otras áreas disciplinares con la creación del programa de Ingeniería Electrónica. Luego, lo haría en las áreas de Ciencias Humanas y Sociales, Artes y Diseño, Ciencias Administrativas y Ciencias básicas.

Posteriormente se convierte en Universidad El Bosque, mediante la Resolución N° 327 del 5 de febrero de 1997 del Ministerio de Educación Nacional. El enfoque Biopsicosocial de la Universidad elabora el concepto de seres humanos como “entes biológicos, psicológicos y socioculturales y el estudio de la medicina con un enfoque sobre la salud y no sobre la enfermedad [...] con enfoques interdisciplinarios y para la construcción de auténticas comunidades académicas colegiadas”.

A partir de este enfoque se articulan todas las actividades académicas, de proyección social y de investigación de la Institución. El interés de la Universidad no solo ha sido el de trabajar por la formación y la investigación, sino también el de articular su quehacer con las necesidades de la comunidad y del país, ha consolidado la prestación de los servicios de salud desde la Fundación Salud Bosque (Clínica El Bosque) y las Clínicas Odontológicas.

Figura 11: Campus Usaquéen. Universidad El Bosque. 2016



La Universidad El Bosque ha crecido significativamente en los últimos años. El compromiso con este crecimiento se ratifica en la creación de nueva oferta académica de postgrado, especialmente a nivel de maestría y doctorado, en donde se han duplicado los programas en los últimos cinco años. La responsabilidad con el crecimiento también se expresa en el desarrollo de nuevas áreas que mejoran el bienestar con infraestructura y recursos que soportan dicha oferta. Acorde con la Orientación Estratégica, el crecimiento y desarrollo Institucional se enfoca hacia la salud y la calidad de vida, siendo esto quizás el elemento más importante desde la perspectiva estratégica de la Institución. Esto se refleja en el incremento de las actividades de las líneas y los grupos de investigación y en la formación de calidad”. (Universidad El Bosque. 2012)

### **7.2.2. Misión de la Universidad.**

La Universidad El Bosque, desde sus orígenes, ha asumido el enfoque Biopsicosocial como punto de partida de la Misión Institucional definida como: “Desde el aspecto Bio-Psico-Social y Cultural, la Universidad asume su compromiso con el país teniendo como imperativo supremo la promoción de la dignidad de la persona humana en su integralidad. Sus máximos esfuerzos se concretan en ofrecer las condiciones propias para facilitar el desarrollo de los valores Ético-Morales, Estéticos, Históricos y Tecno-Científicos enraizados en la cultura de vida, su calidad y su sentido.” (Universidad El Bosque. 2012)

### **7.2.3. Proyecto Educativo Institucional.**

El Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la Universidad El Bosque se concibe como: *“Un conjunto de criterios, pautas, normas y orientaciones, que hacen viable en la cotidianidad de los quehaceres y funciones de esta institución académica, la realización de la misión.”* La variedad de interacciones de sus miembros, constituye un ambiente axiológico, en el que estos se humanizan y se dignifican, de tal modo que se vaya consolidando una auténtica comunidad educativa. (Universidad El Bosque. 2012)

### **7.2.4. Orientación Estratégica Institucional.**

“La Universidad El Bosque se define como Universidad de formación, multidisciplinaria, con un foco que articula su desarrollo (en formación, investigación, transferencia y servicio) en la Salud y Calidad de Vida. Insertada en el entorno global, comprometida con las necesidades y oportunidades locales, regionales y nacionales. Orienta la relación con el entorno, el desarrollo académico, la oferta formativa, las actividades de investigación y transferencia, las mejoras de la oferta académica, la relación con los usuarios, la composición y desarrollo del talento humano, el desarrollo del campus, los recursos y los servicios. Esto con el fin de generar sinergias, eficacia, eficiencia, inter y transdisciplinarietà, un más claro reconocimiento, un mejor posicionamiento, ventajas comparativas y competitivas y un mayor impacto académico”. (Universidad El Bosque. 2016).

### 7.3. Facultad de Creación y Comunicación.

La Facultad de Creación y Comunicación (FCyC) es una estructura académica de la UEB que integra las carreras profesionales de Música, Diseño de Comunicación, Diseño Industrial, Artes Plásticas y Artes Escénicas, La FCyC está en constante crecimiento y busca de manera permanente mejorar sus estándares de formación, por esta razón cuenta con espacios adicionales a los curriculares que completan su misión y ayudan a alcanzar sus objetivos. El Centro de diseño, la Casa de música, el Centro de imagen, el Estudio profesional de grabación audiovisión y el Estudio C1, son algunas de estas estructuras. Entre la oferta de post grado está la Maestría en Diseño para Industrias Creativas y Culturales, una iniciativa que reconoce la creatividad no sólo como eje estructural de la FCyC, sino también como principal insumo y promotor de la generación continua de valor agregado de las industrias creativas y culturales. Este postgrado en profundización busca brindar las herramientas necesarias para apoyar procesos de creación de productos y servicios creativos/culturales de forma articulada con su producción y consumo. De esta manera, se pretende asegurar su circulación para la generación de beneficios culturales, sociales y económicos que impacten la calidad de vida, ya que los recursos creativos/culturales se caracterizan, no sólo, por consolidar la identidad cultural y sentido de pertenencia, sino también por su capacidad proyectando nuevas perspectivas para el desarrollo integral de un territorio. (Maestría en Diseño para Industrias Creativas y Culturales , Universidad El Bosque. 2018).

Misión: Contribuir a/desde y en las disciplinas y oficios creativos (propios de las artes, el diseño, la comunicación y la innovación) a la creación, desarrollo y gestión de eventos, obras, productos y servicios con alcances inter, multi y transdisciplinarios; que favorezcan la calidad de vida de las personas, la cultura democrática, la convivencia, la productividad de la sociedad y el desarrollo de valores bio-psico-sociales. Con este fin, la Facultad desarrolla proyectos de docencia, investigación y responsabilidad social universitaria en el entorno local, nacional e internacional. (Facultad de Creación y Comunicación, Universidad El Bosque. 2018).

Visión: Lograr una posición destacada y ser reconocida en el entorno académico, productivo y gubernamental del norte de Suramérica y sur del Caribe, en cuanto a la capacidad de realizar acciones de I/c+D+i+T (Investigación/creación, Desarrollo, innovación y Transferencia) desde la perspectiva de las disciplinas y oficios creativos propios de las industrias creativas y culturales. (Facultad de Creación y Comunicación, Universidad El Bosque. 2018).

### 7.3.1. Carrera de Diseño Industrial.

La carrera de Diseño Industrial de la UEB, es un programa de diez semestres académicos de duración, con una trayectoria de catorce (14) años y con acreditación de alta calidad desde 2015 otorgada por el Ministerio Nacional de Educación de Colombia. Entre los objetivos del programa está la formación de profesionales con la capacidad de diseñar productos de consumo masivo, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios, las condiciones de fabricación y mercado. El programa académico se enfoca en el desarrollo de proyectos enmarcados en las industrias creativas y cuenta con un enfoque relacionado al sector productivo real del país.

El programa oferta más de veinte opciones de prácticas profesionales y cuenta con cuatro convenios de intercambio internacional. La oferta académica brinda acceso a espacios de formación profesional, basados en experiencias en contextos laborales o instancias actuales del escenario internacional, que permiten al estudiante complementar su proceso formativo y proyectar su desempeño laboral en escenarios concretos. La carrera de Diseño Industrial de la UEB se enfoca en brindar cimientos sólidos que permitan desarrollar el potencial profesional y personal de los estudiantes.

Un Diseñador Industrial egresado de la UEB, puede desempeñarse como parte de un equipo creativo en áreas como: Diseño de mobiliario, Diseño para la artesanía, Diseño de transporte, Diseño de experiencias, Diseño de dotación urbana, Diseño de juguetes, Diseño para emergencias, Diseño de electrodomésticos, Ecodiseño, Diseño y salud, Diseño de accesorios e indumentaria, Diseño de Iluminación y Diseño de empaques, entre otros. El Diseñador Industrial de la UEB es un profesional capaz de insertarse en contextos de producción industrial, artesanal y tecnológicos con la posibilidad de abordar proyectos creativos desde su dirección estratégica hasta la ejecución específica, ejecutando el oficio y las tareas específicas para su desarrollo. Puede conceptualizar, hacer crítica y reflexión acerca del diseño; ocuparse de la estructuración tecnológica y productiva de los objetos, explorar y componer estéticamente la forma de los productos, y hacer gestión sobre modelos de negocio basados en diseño. (Diseño Industrial | Universidad El Bosque. 2018).

Figura 12: Identidad corporativa UEB / Centro de Diseño / 2017







Figura 13

## IMPRESIÓN 3D FANTOMA

Laboratorio de modelos y prototipos UEB  
2016



# 8. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y OPORTUNIDAD DE TRABAJO

## [8. Definición del problema y oportunidad de trabajo].

Este proyecto lleva un desarrollo de más de 4 años a nivel universitario desde su planeación y ha ido evolucionando en un ámbito académico, actualmente por medio de diferentes impulsos económicos de inversión a fondo perdido, se han creado algunos resultados concretos que han servido como ejemplos y precedentes de integración entre facultades, docentes y estudiantes para apoyar la cultura de innovación en la Universidad El Bosque y así ir encontrando mecanismos de transferencia a la industria colombiana y otros espacios educativos tanto para técnicos y tecnólogos como para niños entusiastas por la tecnología.

Para alcanzar estos objetivos se han estudiado gran parte de los procesos relacionados con el proyecto desde el punto de vista de gestión de la tecnología, para diagnosticar y aconsejar el modelo de transferencia y permanencia en el tiempo que se debería seguir, con el fin de dar continuidad a este tipo de trabajos en los próximos años y sumar más recursos, estableciendo recomendaciones para la toma de decisiones adecuadas a nivel directivo, intentando alcanzar alianzas estratégicas que permitan conseguir un beneficio razonable al esfuerzo invertido en estas iniciativas apoyadas por la Universidad, dando un retorno ya sea como reconocimiento académico, retribución económica o de posicionamiento publicitario para la Universidad y su posterior transferencia al crecimiento de la economía y la industria del país.

La oportunidad de explotación y continuidad de los resultados obtenidos hasta el momento se plantea desde diferentes frentes de análisis, los cuales serán tomados como base para realizar las recomendaciones estratégicas y más adelante tomar las decisiones que consideren más apropiadas.

### 8.1. Oportunidad global.

A nivel local y regional, es decir en Colombia y Sudamérica, y después de un periodo de investigación, no existen fabricantes de modelos anatómicos ni de simulación que cubran el mercado interno. Los principales fabricantes son norteamericanos, europeos y asiáticos.

### 8.2. Oportunidad de diferenciación de negocio.

Capacidad de personalizar modelos anatómicos según las necesidades específicas de los especialistas en áreas de la salud, utilizando para su fabricación tecnologías como impresión tridimensional, procesamiento de imágenes médicas, coladas de polímeros en siliconas especializadas, que hacen posible su realización en pequeñas series, haciéndolo viable económicamente con el valor agregado de la personalización.

### 8.3. Oportunidad académica.

Este proyecto tiene potencial de trascender e integrar diferentes facultades en el desarrollo de proyectos de educación y simulación. Beneficiando múltiples estudiantes de diferentes profesiones, comenzando por estudiantes de Diseño Industrial y Comunicación que pueden encontrar un espacio de trabajo real al interior de la Universidad y que les permitiría aplicar metodologías de investigación, diseño y fabricación. Adicionalmente permite integrar estudiantes de Enfermería, Instrumentación Quirúrgica, Medicina, Odontología, Ingenierías, Artes Plásticas, entre otros. Igualmente tiene el potencial de convertirse en un proyecto de transferencia a la industria al tener una imagen fresca, moderna que integra procesos tecnológicos contemporáneos y puede ser usado como herramienta publicitaria y de divulgación.

### 8.4. Oportunidad de innovación.

Al integrar tecnologías de impresión 3D, escultura digital, realidad aumentada (proyecto en desarrollo), efectos especiales y conceptos de personalización es posible crear un nuevo nicho de explotación, que trascienda en innovaciones al ser aceptadas por el mercado. Existe la posibilidad de constituir diferentes tipos de *Spinoff* basadas en diferentes metodologías y el *know-how* adquirido con el tiempo para el desarrollo de productos de base tecnológica, dando la posibilidad a estudiantes que han colaborado en el proyecto de investigación para que continúen con los desarrollos según su sesgo de interés y constituyan *Startups* que en el mediano y largo plazo, ofrezcan algún tipo de retorno a la sociedad y al impacto que puede tener la Universidad a través del trabajo realizado por sus egresados.

Nota: La información presentada en este análisis se basa en recursos académicos universitarios, por ello no resulta sencillo encontrar documentación precisa de carácter empresarial referente a este campo de desarrollo, al ser un estudio pionero de desarrollo de producto a nivel local y los recursos económicos y temporales destinados a la investigación, por lo que la metodología utilizada para el desarrollo de este plan se ha basado fundamentalmente en entrevistas, búsquedas en internet, información de empresas dedicadas a la impresión 3D profesional y el modelado en 3D, así como solicitudes vía e-mail y telefónicas en lo que a posibles proveedores se refiere.

Figura 14: Fantoma de entrenamiento para operaciones de laparoscopia / Universidad El Bosque / 2016





Figura 15

## IMPRESIÓN 3D FANTOMA

Laboratorio de modelos y prototipos UEB

2016

# 9. METODOLOGÍA Y ESTRATEGIA





UNIVERSIDAD  
EL BOSQUE



Figura 16

PROYECTOS TALLER DE  
DISEÑO DE PRODUCTO

Universidad El Bosque  
2015



## 9.1. Fases de la metodología:

La metodología utilizada en el proyecto de investigación se estructuró en cinco frentes de trabajo o fases generales que fueron ejecutadas en paralelo y fueron mutando con el fin de comenzar a realizar proyectos dentro de la Universidad El Bosque, siempre teniendo el concepto de diseño como eje de integración.

Para entender el sentido del concepto de diseño, es importante definir el significado de la palabra “Diseño”, encontrando definiciones como:

*Del it. disegno.*

1. m. Traza o delineación de un edificio o de una figura.
2. m. Proyecto, plan que configura algo. Diseño urbanístico.
3. m. Concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie. Diseño gráfico, de modas, industrial.
4. m. Forma de un objeto de diseño. El diseño de esta silla es de inspiración modernista.
5. m. Descripción o bosquejo verbal de algo.
6. m. Disposición de manchas, colores o dibujos que caracterizan exteriormente a diversos animales y plantas. (Dle.rae.es. 2018)

En la definición etimológica de la Real Academia de Lengua Española, el Diseño se refiere a boceto, dibujo, bosquejo, esquema o concepción original, es decir, que concreta una representación mental en un formato plástico tangible para plasmar una idea. Estos conceptos, aunque vagos en su profundidad, se convierten entonces en el punto de partida para estructurar la actividad y el oficio del Diseño. En la lógica del “*Design Driven Innovation*” (DDI) o “Innovación orientada por el diseño” (Buganza, T., & Verganti, R. 2009), el abordaje plantea el diseño como fuente para la definición de proyectos de innovación, que plantea cómo el pensamiento de diseño se puede aplicar en un entorno, identificando verdaderas necesidades y capturando *insights* que permitan a las empresas entregar soluciones reales para sus clientes.

Figura 17:

Visita estudiantes de diseño de producto al Anfiteatro de la Universidad El Bosque - 2015



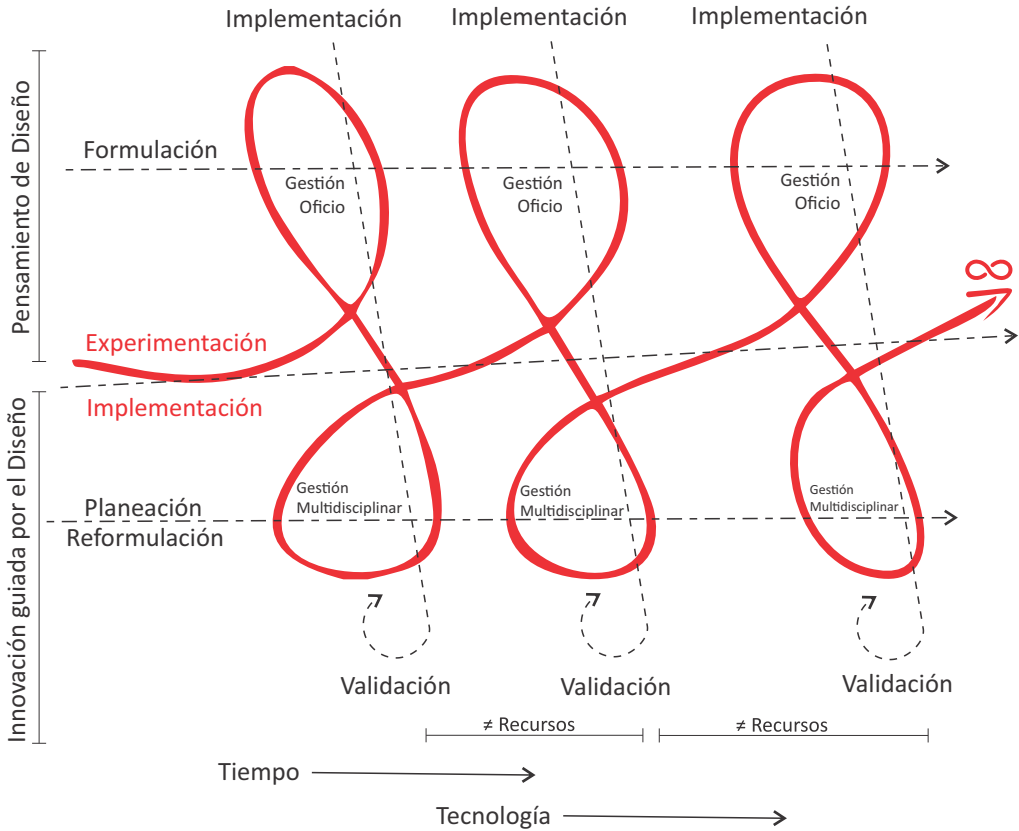


Figura 18: Diagrama de la metodología implementada. Autoría propia.

### 9.1.1. Fase de formulación del anteproyecto:

La primera etapa de la investigación consistió en la búsqueda de información para mapear el estado del arte en dos grandes grupos de estudio, respondiendo las preguntas: ¿Qué se hace? y ¿Cómo lo hacen?, referidas al desarrollo de material didáctico y de uso práctico o de simulación en áreas de la salud. El primer grupo de estudio fue planteado para dar una visión interna y mapear la situación actual de la Universidad El Bosque, y la segunda, la búsqueda de referentes similares al exterior de la Universidad en un contexto internacional. Una vez mapeada la situación actual y detectadas las necesidades principales del proyecto, se determinaron los objetivos, alcances y se organizó un cronograma de trabajo. Para esta fase se contó con la ayuda de estudiantes de pregrado de la carrera de Diseño Industrial, que se inscribieron al curso de Diseño de Producto de tercer año en los semestres 2015 I y II y 2016 I y II, formando un grupo emergente de trabajo que buscó crear redes interdisciplinarias para encontrar proyectos de desarrollo conjunto.

En esta etapa se utilizó la metodología de “*Design Thinking*” de IDEO (Brown, T. 2016) para hacer coincidir las necesidades de los docentes médicos y especialistas en áreas de la salud, con lo que es tecnológicamente factible. Se seleccionó porque es una herramienta estructurada y de fácil comprensión tanto para estudiantes en formación como para personas ajenas al mundo de los proyectos con una visión desde el diseño. Las herramientas utilizadas por los estudiantes para proponer los proyectos piloto, utilizando el pensamiento de diseño (Lockwood, T. 2009), en esta fase fueron:

**-Empatizar:** El proceso comenzó con una profunda comprensión de las necesidades de los usuarios implicados en la solución que se estaba desarrollando, y también de su entorno. Al ser capaces de estar en la piel de dichas personas para ser capaces de generar soluciones consecuentes con sus realidades. Durante esta etapa los estudiantes de Diseño pudieron asistir a algunas clases de anatomía de los primeros semestres de medicina, visitar el museo de anatomía y el anfiteatro de la UEB.

**-Definir:** Durante esta etapa se filtró la información recopilada durante la fase de empatía y se organizó una bitácora con lo que realmente aportaba valor y podría llevar al alcance de nuevas perspectivas interesantes. Se identificaron problemas cuyas soluciones serían clave para la obtención de un resultado innovador.

**-Idear:** La etapa de Ideación tuvo como objetivo la generación de múltiples alternativas para representar las ideas que tenían en mente los estudiantes. En esta fase, las actividades fueron propias del oficio del diseñador en formación, favoreciendo el pensamiento expansivo y eliminando los juicios de valor.

**-Prototipar:** En la etapa de Prototipado se materializaron las ideas en objetos tangibles. Inicialmente se construyeron prototipos virtuales en tres dimensiones, antes de construir los modelos impresos en 3D que ayudaron a visualizar las posibles soluciones, poniendo de manifiesto elementos que debían mejorarse o refinar antes de llegar al producto final.

**-Validar:** Durante la fase de validación o testeo, se probaron algunos prototipos con los usuarios implicados, en este caso, estudiantes y profesores de anatomía de la UEB. En esta se identificaron nuevas oportunidades de expansión del proyecto y fallos a resolver, y posibles carencias, siendo la más evidente, la necesidad de trabajo conjunto en todas las fases con especialistas en áreas de la salud que debían orientar la dirección y pensamiento científico de los proyectos.

### **9.1.2. Fase de búsqueda, experimentación tecnológica y metodológica:**

En esta etapa se determinaron las características técnicas y tecnológicas necesarias para la fabricación de modelos volumétricos de carácter didáctico para áreas de la salud. A partir de experiencias encontradas en artículos, entrevistas, observación directa, blogs, búsqueda en navegadores web, entre otros, se formularon los primeros proyectos de experimentación, apoyando el proceso de investigación con los cursos de la carrera de Diseño Industrial de la Universidad El Bosque, en una primera etapa con el curso de Diseño de Producto de tercer año y posteriormente con estudiantes de trabajos de grado bajo la línea de investigación en tecnologías aplicadas al diseño de productos.

### **9.1.3. Fase de planeación y reformulación del proyecto:**

En esta etapa, una vez concluida la primera etapa de formulación relacionada con la metodología de trabajo inter-facultades, que tuvo una duración de aproximadamente un año y medio, se presentaron alrededor de veinte proyectos como fase piloto y prueba de concepto de modelos anatómicos fabricados con técnicas y tecnologías de escultura e impresión 3D. En esta fase se buscó generar contenido y material que pudiera atraer la atención y comprobar con modelos tangibles, que sí era posible realizar modelos anatómicos de calidad al interior de la Universidad, permitiendo integrar al proyecto más profesionales del área de la salud que pudieran validar los modelos y proponer desde sus propias necesidades más proyectos futuros que integraran diseñadores y tecnologías de diseño y fabricación digital.

Se comprobó que algunas tecnologías de diseño y fabricación digital, como la impresión 3D en un escenario académico, no sólo podría impactar a estudiantes de Diseño Industrial sino que también tienen una repercusión interesante en otras disciplinas como la Medicina y la Odontología. A partir de este punto, se formuló un proyecto integral en una escala mayor, que involucra más actores que integran la comunidad universitaria y que estuvieran interesados en el proyecto, para así consolidar un escenario ideal de trabajo en dos frentes de acción. El primero un escenario administrativo de integración de cursos compartidos, con docentes y estudiantes de diferentes especialidades, y el segundo, la unificación y potencialización de recursos físicos, humanos y laboratorios para consolidar un escenario óptimo de trabajo, tanto metodológico como físico para así cubrir las necesidades puntuales detectadas al interior de la UEB.

En esta fase también se valoraron y seleccionaron las referencias de software y hardware que conformaron la fase piloto del laboratorio de fabricación de la UEB, iniciando con la selección de software para la integración de formatos digitales del ámbito de la salud, al ámbito del diseño e ingeniería de producción. En esta fase se hizo una exploración para determinar variables a tener en cuenta para la calificación de parámetros y selección de equipos. Se optó por el uso de software en su mayoría de código abierto, como Meshmixer, 3D Slicer, Cura, InVesalius, y software específicos para modelado como 3D Max y Mudbox de Autodesk, que tienen la ventaja de proporcionar tres años de licencia gratuita y completa a estudiantes, lo que permitió utilizar programas de primer nivel para la fase de exploración y experimentación tecnológica.

#### 9.1.4. Fase gestión:

Referida a la organización y consecución de los recursos financieros, físicos, informáticos y humanos para realizar los proyectos, el plan maestro para la implementación de cursos integrados para diseñadores industriales, con el apoyo de profesionales y estudiantes con otras áreas del conocimiento, la constitución o fortalecimiento de laboratorios de fabricación al servicio de la comunidad universitaria, siendo relevante el trabajo conjunto con las directivas de la Universidad, la determinación de objetivos con diferentes asesores y miembros de la comunidad, los alcances finales de cada una de las fases del proyecto (espacio, entorno, actividades, personal, propiedad intelectual, documentación, etc. visualizando y teniendo en cuenta la consecución de recursos, su sostenimiento y potencial para apalancar futuros proyectos y estudios en relación con el diseño, educación y simulación en áreas de la salud al interior de la UEB. En el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2011-2016, y posteriormente en el PDI 2017-2022, en 2016 se procedió a elaborar un nuevo plan con la participación de la comunidad universitaria según el Modelo de Gestión Institucional (Autoevaluación-Planeación-Calidad). En este plan de desarrollo institucional (Universidad El Bosque, 2016) se reitera el compromiso con la calidad de vida como perspectiva estratégica de la institución, así como el enfoque biopsicosocial y está organizado en tres ejes fundamentales, a saber, cimientos (soporte), pilares (quehaceres fundamentales) y estrategias (referentes transversales), que, a su vez, cada uno, contiene programas y proyectos. Durante este proceso, se logró incluir el objetivo de construcción y apoyo al desarrollo de una maestría en tecnologías creativas, como pilar de desarrollo en la oferta académica y fortalecimiento como eje de innovación, igualmente se plantea el concepto de desarrollo de proyectos de base tecnológica en lo social, cultural, artístico y creativo. Estos avances desde el punto de vista administrativo y de lineamientos institucionales son un voto de confianza a los proyectos que se han estado realizando, como factor de integración y promoción a la innovación desde la Facultad de Creación y Comunicación.

#### 9.1.5. Fase de implementación y validación:

Se han desarrollado diversos proyectos al interior de la Universidad El Bosque referidos al proyecto doctoral que han permitido comenzar a crear una cultura de trabajo con base en el diseño: AtlasPro, Modelos anatómicos (2015-2016). Como resultado de la mejor experiencia de integración, estímulos a la excelencia académica 2015. Convocatoria interna de investigación UEB 2015: PCI – 2015 - 8321 (Fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo). Proyecto realizado en conjunto con la Universidad Politécnica de Valencia y el Hospital La Fe de Valencia. Resultados destacados: Vigilancia tecnológica positiva y redacción de una patente internacional titulada: “Método de obtención de réplica de vaso sanguíneo personalizada” en España en conjunto con la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), donde la Universidad El Bosque tiene un 25% de participación, a Febrero de 2019 aún no se tiene un resultado oficial y se continúa trabajando en su presentación oficial.

Este proyecto ha permitido la apertura de nuevos escenarios de participación en términos de investigación, permitiendo crear precedentes para futuros ejercicios de la misma índole.

El proyecto también ha permitido encontrar diferentes oportunidades para generar nuevos proyectos en conjunto con el laboratorio de simulación y cirugía experimental de la UEB que serán presentados en futuras convocatorias, demostrando continuidad y resultados en el proceso de investigación. Ganador convocatoria externa: SENNOVA 2017, Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de Colombia del SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje, en la categoría de proyectos de investigación para el fomento de la innovación y desarrollo tecnológico de las empresas, con el proyecto titulado: “Simulador para entrenamiento de cirugías por laparoscopia del tórax humano, como herramienta de formación, construido a partir de tecnologías de diseño y fabricación digital”. Resultados destacados: Presupuesto obtenido para la investigación por parte del SENA como financiación externa: \$99’980.000. (Noventa y nueve millones novecientos ochenta mil pesos Colombianos). Presentación proyecto “Captura tridimensional mediante fotogrametría de colecciones de objetos físicos para realizar transferencias digitales interactivas en tres dimensiones”, como co-investigador. Estos resultados y otros adicionales son detallados al finalizar el documento en el apartado de conclusiones, resultados y anexos.

## 9.2. Medios utilizados en la investigación.

Los medios necesarios para el desarrollo del proyecto de implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía, fueron inicialmente obtenidos a partir de convocatorias internas para el apoyo de la investigación de la Universidad El Bosque de Bogotá, que cuenta con todo el respaldo en recursos necesarios: físicos, temporales, administrativos, económicos y de talento humano para apoyar y mantener proyectos de investigación. Para la fase de experimentación se contó con el laboratorio de modelos y prototipos de la Facultad de Creación y Comunicación, dotado con herramientas tecnológicas suficientes para elaborar modelos académicos de diseño industrial, entre los que se encuentran impresoras 3D FDM (Fused Deposition Modeling), de referencia MakerBot Replicator 2X y Delta Wasp 2040, Scanner 3D NextEngine, Cortadora láser Trotec, entre otros. Adicionalmente, las Facultades de Medicina y Odontología cuentan con recursos técnicos, humanos y bibliotecas de información especializada para estructurar el marco teórico necesario y validar los trabajos realizados por los estudiantes en la etapa de experimentación. Al interior de la Universidad se encontraron todos los recursos a disposición para desarrollar el proyecto de forma integral, con la participación de diferentes facultades y dependencias en un trabajo multidisciplinar, liderado por el pensamiento en diseño.



### 9.2.1. Mapa de relacionamiento, proyecto doctoral /// 2015-2018.

Para el desarrollo del proyecto de investigación al interior de la UEB, se realizó un rastreo de posibles aliados en el año 2014 dentro del organigrama de la Universidad, para comenzar a realizar trabajos de gestión y búsqueda de conexiones, donde pudieran implementarse en diferentes escalas, iniciativas de integración, divulgación, experimentación, validación y posicionamiento del proyecto en general. Este mapeado, sirvió para delimitar los alcances del proyecto, y poder evaluar de forma racional, los objetivos, metodología y cronograma de trabajo para dar buen término a las actividades y fases de la investigación. En la gráfica (Figura 19), se muestran en color magenta, las divisiones, oficinas, facultades y centros administrativos con los que se debería realizar gestiones, en color verde los escenarios temáticos donde podría llevarse a cabo el proyecto de investigación, y en color naranja, los espacios físicos donde el proyecto debería cobrar importancia como eje de integración experimental.

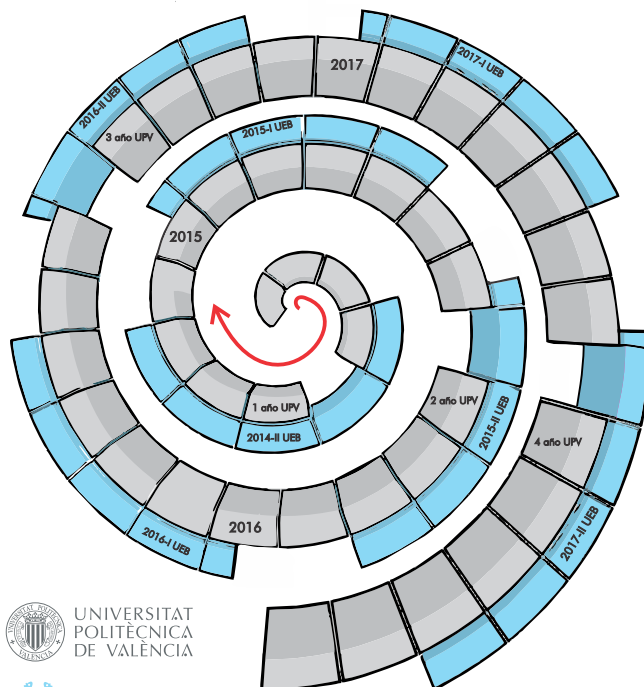


Figura 19: Diagrama de relacionamiento interno UEB. Autoría propia.

### 9.3. Cronograma - Planificación temporal:

La puesta en marcha del proyecto comienza con la demostración tangible de los aportes de oficio y metodológicos que desde el Diseño Industrial pueden permear diferentes ámbitos de trabajo y especialidades en las áreas de la salud. Durante el segundo semestre de 2014 en la asignatura de Diseño de Producto de tercer año de la carrera de Diseño Industrial de la UEB, se trabajó de la mano con la facultad de Odontología para iniciar una etapa de aproximación metodológica y tecnológica, demostrando la importancia de este proyecto a las demás facultades que podrían estar interesadas en los productos de simulación y material didáctico construidos con tecnologías de diseño y fabricación digital. A finales de 2015 con el apoyo de siete estudiantes de trabajo de grado de la carrera de Diseño Industrial se presentaron los resultados de los primeros proyectos de grado articulados desde la visión del Diseño Industrial con otras disciplinas para generar proyectos específicos de consumo interno en asociación con el Anfiteatro y el Museo de Anatomía de la UEB. Estos resultados sirvieron como carta de presentación ante la Universidad, otras Facultades, y el Departamento de Simulación para articular más actores en el proyecto y de esta manera ir incrementando poco a poco el grado de complejidad e integrar nuevas líneas de acción para el año 2016.

Para alcanzar estos objetivos se realizó un cronograma planificando cómo sería la articulación del cronograma de trabajo del doctorado en la UPV y el cronograma de trabajo en la UEB para poder coordinar esfuerzos, objetivos y recursos con el fin de lograr los objetivos planteados.



*El proyecto doctoral comienza en Abril de 2014, El espiral Gris representa el cronograma de trabajo en la UPV, y el azul representa el cronograma de trabajo en la Universidad El Bosque.*

Figura 20: Diagrama de planificación del cronograma del proyecto doctoral. Autoría propia.

Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso estudio: Universidad El Bosque.

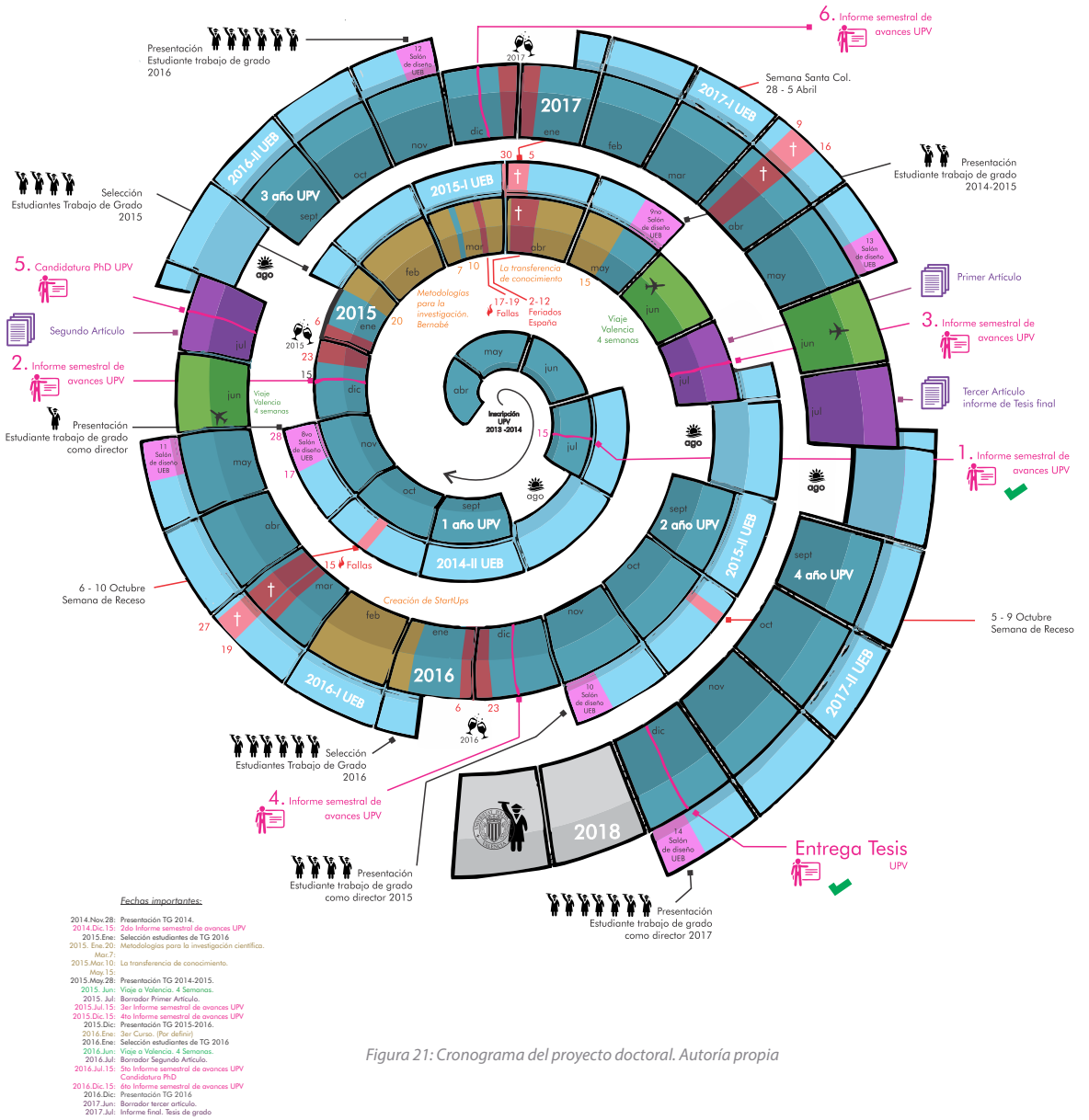


Figura 21: Cronograma del proyecto doctoral. Autoría propia





# 10. ESTADO DEL ARTE

## 10.1. Enseñanza de anatomía humana.

Desde la academia los estudiantes de ciencias de la salud como Medicina, Odontología, Enfermería, Instrumentación Quirúrgica entre otras especialidades, orientan su aprendizaje hacia la práctica clínica, destacando la información anatómica, útil para comprender funcionamientos, procesos exploratorios, enfermedades y tratamientos. (Miguel Pérez, M., et.al. 2007). Existen tres métodos de aproximación hacia la enseñanza de la anatomía, descriptiva, topográfica y funcional: i), la anatomía descriptiva muestra cómo es la forma y la estructura de las partes del organismo; ii), la anatomía topográfica o regional divide el cuerpo en unidades imaginarias y convencionales, con objeto de establecer las relaciones espaciales de las distintas estructuras y iii), anatomía funcional, que busca la correlación existente entre las formas del organismo y las funciones que realizan, en un intento de captar la unidad entre forma y función en la materia viva.

Según las ideas del doctor Emilio Martínez (Martínez, E., 2015), actualmente existen diferentes modelos de enseñanza de la anatomía. Históricamente uno de los más representativos está basado en el estudio de especímenes en prácticas de laboratorio (secciones de cadáveres conservados), de vital importancia para los estudiantes, al aproximarlos de una forma más realista a los procesos y tareas que llevarán a cabo en su vida profesional, pero que en términos prácticos son difíciles de gestionar. Esto puesto que necesitan de recursos financieros importantes para su consecución, licencias sanitarias, personal de mantenimiento específico, espacios adecuados para las prácticas, y no siempre se garantiza el buen estado de los especímenes para los procesos de enseñanza - aprendizaje que deben estar disponibles en las universidades. Por otra parte, los especímenes tienen la información real, pero no resaltan las características esenciales a estudiar, dificultando la comprensión de su anatomía.

Existe también una gran cantidad de autores y libros representativos que con gráficas de autor, dibujos o fotografías, ilustran con gran detalle y de forma extensa los sistemas anatómicos completos del cuerpo humano. En los últimos años, los modelos virtuales en tercera dimensión y aplicaciones (apps) educativas han incursionado con gran fuerza en todos los escenarios y experiencias de enseñanza - aprendizaje en todos los niveles educativos, lo que ha llevado a la masificación de la información, practicidad en los procesos de enseñanza, exactitud, transferencia y detalle de los elementos a estudiar. (De La Torre-Cantero, J., et.al. 2015).



Por otra parte, y como tema principal de estudio de esta investigación, existen los modelos anatómicos artificiales tangibles, y modelos que por su origen y naturaleza de simulación son prácticos, útiles en procesos de enseñanza al segmentar con códigos de color, contrastes de material, forma o alfanuméricos, las diferentes estructuras anatómicas a estudiar, haciendo el proceso más sencillo de observar, entender y sentir su tridimensionalidad. (Kilic, D., et.al. 2016).

Aunque la conservación de estos modelos en el tiempo es larga y su mantenimiento es poco, muchas veces sus características morfológicas no corresponden a la realidad (Larre, E. C., & Mella, H. S. 2011), al ser solamente modelos didácticos desarrollados sin una plataforma tecnológica adecuada, sin materiales acordes a las texturas encontradas en la realidad, y según el profesor Diego Aldana, -Odontólogo, Docente y Director de Anatomía Humana del Anfiteatro de la Universidad, principalmente, sin el apoyo de especialistas en la anatomía particular del modelo didáctico, que guíen el proceso de diseño y de representación tridimensional. Según sus afirmaciones, algunos modelos didácticos que se tienen en los laboratorios, “son más decorativos que útiles”, al no representar de forma fiel las estructuras anatómicas que los estudiantes deben aprender.

Un curso de anatomía exitoso, en ámbito universitario, busca que sus estudiantes puedan reconocer las principales estructuras anatómicas humanas y puedan tener una referencia de las mismas, que les permita, tener una interacción durante sus estudios mediante el manejo y observación de modelos reales. (Maerker, A. 2013). Bajo estas condiciones, la oportunidad de diseño se da en poder reemplazar esos modelos de aprendizaje por unos que estén fabricados con las condiciones técnicas, de diseño y calidad necesarias para su manipulación a gran escala, y con contenido educativo validado.

Figura 22: Trabajo de campo / Anfiteatro Universidad El Bosque / 2015



## 10.2. Modelos anatómicos.

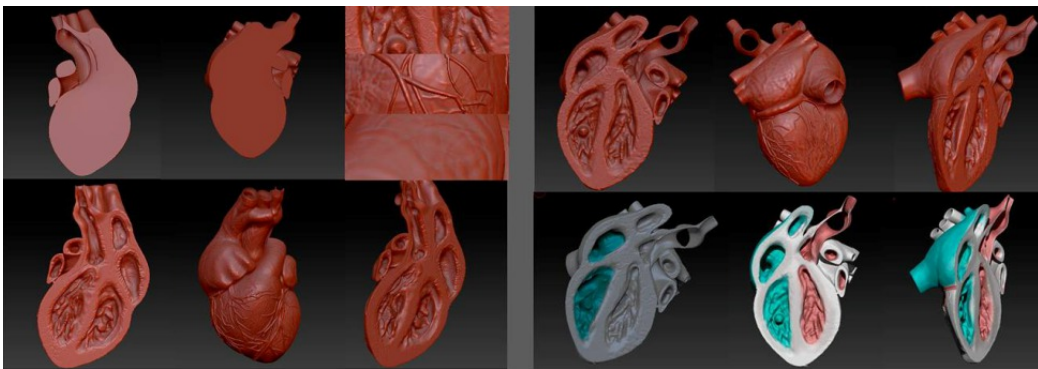
Los primeros modelos tridimensionales anatómicos se remontan al siglo XVIII, donde se documentaban las primeras aproximaciones de representar estructuras a través de modelos de cera de abejas, donde médicos-anatomistas con un estricto rigor artístico y científico, construían esculturas anatómicas totalmente a mano, conocidas inicialmente como ceras anatómicas (Riva, A., & Baghino, A. (2001), estos primeros modelos anatómicos explican la evolución y las singularidades de la especie humana para poder transmitir las a aprendices, siguiendo la tradición del humanismo científico, que consideraba que se podía mejorar la humanidad a través de la transmisión del conocimiento. (Cattaneo, L. 2007).

Los modelos anatómicos son maquetas artificiales tridimensionales que buscan una aproximación a la morfología de un cuerpo y ayuda a su entendimiento, fabricados con la finalidad pedagógica de estudiar y entender la anatomía de un espécimen. (García-Porrero, J.A. & Hurlé, J.M. 2005) Los diversos cambios y evolución en tecnologías, materiales y métodos de fabricación han influenciado de forma directa el avance y las técnicas de investigación y desarrollo de estos modelos, que actualmente se apalancan en el diseño asistido por computador, captura de información en tres dimensiones y tecnologías de impresión tridimensional para crear modelos de fácil manipulación, resistentes y a costos razonables para las dinámicas actuales de enseñanza, en donde los estudiantes están más involucrados en procesos de interacción directa con información específica.

Adicionalmente existe la plastinación, una técnica de preservación de material biológico desarrollada por el médico alemán Gunther Von Hagens, utilizada por un centenar de instituciones y laboratorios alrededor del mundo para conservar por medio del reemplazo de tejidos orgánicos con polímeros, especímenes anatómicos fieles a los originales. (López, L.A., 2012). Los modelos comerciales reproducen sistemas fisiológicos y morfológicos que con texturas, colores y simulación de su biomecánica no totalmente realista, se utilizan como medio para ilustrar de forma didáctica y de visualización los sistemas que componen la anatomía humana.

Los modelos anatómicos que se encuentran en el mercado, según especialistas consultados en la Universidad El Bosque tienen bastantes limitaciones en su forma de presentación y muchos de ellos -no todos- no tienen una morfología apta para su estudio, sus técnicas de fabricación no los hacen aptos para un uso a gran escala, al ser manipulados por una gran cantidad de estudiantes de ciencias de la salud año a año.

Figura 23: Modelado 3D de un Corazón humano, Proyecto Organ / Universidad El Bosque / 2015



Aunque existe una gran variedad de modelos anatómicos que reproducen con un nivel de precisión bastante elevado los detalles de las estructuras anatómicas y de cada uno de sus segmentos (Davis, H. 2016), estos tienen cualidades y puntos débiles ya sea por sus relaciones de costo, oferta, precisión, o distribución, que los hacen no ser los más adecuados para adquirir por instituciones educativas.

En Colombia y particularmente en las universidades, algunos modelos son desarrollados por el propio interés de profesores e investigadores, o por los propios estudiantes interesados en alguna temática en particular, con materiales poco duraderos a través del tiempo como yeso, plastilinas, espumas de poliuretano, entre otras, con una baja o nula capacidad de reproducción serial y con una capacidad deficiente en su manipulación, en muchos casos son más objetos de decoración y ambientación, que verdaderos modelos didácticos de estudio.

Por otra parte, los modelos didácticos y libros de anatomía representan en muchas ocasiones conceptos errados de la verdaderas estructuras anatómicas que se pueden encontrar en un espécimen (Inzunza H., O. & Salgado A., G. 2011). Sin embargo, estas diferencias son positivas en el sentido que ningún espécimen es igual a otro, lo que ayuda a los estudiantes a identificar elementos anatómicos generales mejorando su riqueza sensitiva; conceptos como que las arterias son rojas, las venas son azules y los órganos de colores son solamente estrategias comunicativas y didácticas que ayudan a ilustrar y reforzar los conceptos desde un punto de vista académico, enseñando que no hay estructuras perfectas ni caminos estandarizados en el conocimiento anatómico.

Aunque es de vital importancia el aprendizaje a través del contacto con órganos reales con técnicas como la disección y la proyección, existe una tendencia creciente en la búsqueda y desarrollo de simuladores que ayudan a mejorar las experiencias de enseñanza - aprendizaje, teniendo una alta tendencia hacia la virtualización y el desarrollo de herramientas tecnológicas de aprendizaje basados en la representación 3D en interfaces 2D (pantallas táctiles), que aunque tienen la ventaja de la transferencia, exactitud en la representación e interactividad, pierde en materialidad y en la aproximación a las características sensoriales en los procesos de formación teórico – práctica. (Gazcón, N.F., et.al., 2016).



*Los modelos anatómicos, son maquetas artificiales tridimensionales que buscan una aproximación a la morfología de un cuerpo y ayuda a su entendimiento.*



### 10.2.1. Marco histórico en el mundo.

Retomando textos de Scarani, P. (2000) y Cattaneo, L. & A. Riva, (1993), el desarrollo de la anatomía artificial se produjo como respuesta a los problemas que planteaba el estudio de la anatomía humana a través de la disección anatómica de un cadáver. La práctica disectiva y la disposición de cadáveres para la formación médica planteaba problemas constantes. Por una parte, el rechazo general de la población hacia estas prácticas y las reticencias de la Iglesia a la manipulación de un cuerpo muerto supusieron una fuente constante de conflictos entre los científicos, los hospitales, las autoridades locales y la religión. Igualmente, a pesar de que la práctica de la disección era común en el arco mediterráneo desde la baja edad media y se llevaba a cabo de forma habitual en las universidades, la operación presentaba algunos problemas relacionados con la constante descomposición de los cadáveres. Las disecciones normalmente se efectuaban en los meses de invierno, ya que los problemas de conservación, mantenimiento y manejo de olores se ponían de manifiesto de forma inmediata. Los primeros modelos anatómicos fabricados en ceras a partir de la década de 1810, se plantean como una respuesta a estos inconvenientes y como un medio de resolver la formación práctica de los estudiantes con independencia de la disponibilidad de cadáveres. (Burmeister, M. R. 2000).

La exhibición de figuras anatómicas de cuerpo entero, como la *Venus Anatómica*, adquirió en las décadas de 1820 y 1830 una gran popularidad, a partir de la idea de impartir conocimiento, sin apenas esfuerzo por parte del observador, a través de una representación artística y precisa de la naturaleza. Estos elementos mostraban por una parte, una evidente belleza exterior que era combinada, por otra, con el rigor anatómico y científico de los componentes internos del cuerpo humano, trasladados de los conocimientos adquiridos en la práctica de la disección. Una Venus anatómica es un nombre genérico dado a los modelos de cera de una mujer, que podrían tener sus órganos a la vista, o se presentaban diseccionadas por medio de partes extraíbles. Las muñecas fueron inventadas a fines del siglo XVIII (época victoriana) para educar tanto a los médicos como a los laicos sobre las peculiaridades de la anatomía femenina. A las mujeres se les permitía e incluso se las alentaba a visitar estas exposiciones, ya que se consideraba importante que aprendieran sobre el funcionamiento de su propio cuerpo. Las exhibiciones también sirvieron como estrategia del gobierno para advertir a la población en general de los peligros de la promiscuidad, ya que a menudo había una sección completa dedicada a las enfermedades venéreas. El objetivo, era combinar educación y entretenimiento. Ilustrar a un público amplio, no especializado, a partir de una representación precisa de la naturaleza, basada en un tipo humano perfecto y con la belleza de una Venus.

Figura 24: Venus Anatómica en cera. Finales del Siglo XVIII



En las figuras de cuerpo entero fabricados en cera, que aún se encuentran en diferentes museos a lo largo de toda Europa, domina un intenso realismo que pone de manifiesto la desaparición de cualquier signo de descomposición. De hecho, a menudo las figuras de las mujeres reposan en una postura que no está muerta, sino que yacen en una posición de descanso que invita al observador a acercarse. El desnudo femenino se presenta como un pretexto para facilitar la exhibición pública, fundamentado en convenciones artísticas. De este modo, no sólo se evitaba la incorrección moral, sino que se conseguía atraer a un mayor número de observadores, sacando partido de las posibilidades eróticas del modelo.

La exhibición de este tipo de piezas de cuerpo entero alcanzó una popularidad notoria a lo largo del siglo XIX gracias a los museos anatómicos abiertos al público. Este tipo de trabajos anatómicos se produjo de forma paralela a otras preparaciones que representaban el cuerpo dividido, partes de la anatomía humana. Este tipo de representaciones de la topografía anatómica no enferma del cuerpo humano conoció un auge a lo largo de este período gracias al desarrollo de la anatomía patológica, es decir la búsqueda de la lesión anatómica como forma de acercamiento y comprensión de la enfermedad. Así, junto a aquéllas preparaciones, de manera progresiva se produjeron un ingente número de representaciones patológicas que no tenían tanto una finalidad de entretenimiento o educación popular como la búsqueda de la objetividad en la localización de la enfermedad y la formación complementaria del estudiante. Las preparaciones nunca supusieron una desaparición de la práctica de la disección anatómica, sino que actuaron como instrumento educativo complementario, coleccionado y preservado en los museos anatómicos que se localizaban adjuntos a las cátedras de anatomía o cirugía de las facultades de medicina. (Berengué, L. F. 2016).

Con el paso del tiempo, y con las constantes irrupciones tecnológicas, no es posible afirmar que unas formas de representación sustituyeron a otras de manera definitiva, con la aparición de la imprenta y el uso del grabado ilustrado a partir del siglo XV diversas formas de representación de la anatomía humana, como la ilustración, el dibujo, la pintura, la preparación escultórica, la fotografía, la microfotografía, las placas de rayos X, las imágenes por ultrasonidos, entre muchas otras, no han hecho sino superponerse unas a otras a lo largo del tiempo, siempre contribuyendo a la comprensión del cuerpo humano, en salud y en enfermedad, observado, sobre todo una evolución constante en el entendimiento de la anatomía humana.

Figura 25: Modelo de cera, sistema urinario, Museo La Specola, Firenze.





### 10.2.1.1. Museo La Specola en Firenze.

El Museo de *La Specola* o *Museo del Observatorio* en español, hoy conocido como Museo de Historia Natural de Florencia, se encuentra ubicado en el Palazzo Torrigiani, situado en Florencia - Italia desde el siglo XVIII, (Naturale, M. 2018). Actualmente contiene dos secciones distintas, una de zoología y una de anatomía. Exhibe la colección más grande y mejor conocida de ceras anatómicas formada por su primer director, el Anatomista, Físico, Naturalista y Botánico Felice Fontana, (2017, 15 de diciembre), quien la concibió como un tratado tridimensional para la enseñanza de la anatomía. El museo cuenta con cerca de 1.400 preparados anatómicos que fueron realizados entre 1771 y la segunda mitad del siglo XIX. En su desarrollo participaron entre otros, Clemente Susini, Francesco Calenzuoli, Luigi Calamai y Egisto Tortori, quienes trabajaron bajo la dirección del primer director del museo Felice Fontana, y con el apoyo de anatomistas como Tommaso Bonicoli, Filippo Uccelli y Paolo Mascagni. Estos últimos eran quienes realizaban las disecciones en cadáveres, las cuales eran entonces copiadas y recreadas en yeso y finalmente vaciadas en cera. La colección de modelos de cera fue encargada por el Gran Duque Pedro Leopoldo con el fin de enseñar anatomía en tres dimensiones sin necesidad de recurrir siempre a nuevos cuerpos. Especialmente impresionantes son las figuras completas, como "*Lo Scorticato*" (El Despellejado), un cuerpo tendido con los músculos y los vasos sanguíneos visibles, incluso los capilares. Fueron utilizados como modelos los cadáveres del *Arciospedale di Santa Maria Nuova* (Hospital Principal de Santa María la Nueva), de los que se hicieron modelos de arcilla para hacer moldes de yeso en los que se vertió la mezcla de ceras, resinas y colorantes. De gran interés científico son los modelos de anatomía patológica, que exponen las condiciones de salud de finales del siglo XVIII. (Museo de Historia Natural, La Specola. 2017).

Aparte de la colección que hoy posee el Museo La Specola en Florencia, un conjunto importante de ceras anatómicas se encuentra en el Josephinum Museo de Medicina en Viena, siendo el segundo en el mundo en importancia. Algunas otras tantas colecciones están diseminadas por distintas ciudades de Europa como Montpellier, Budapest, Leida y principalmente en Italia en Cagliari, Bolonia, Pisa, Pavía y Módena.

Entre los museos que cuentan con colecciones notables están:

- Museo de Antigüedades e Historia Natural en la Universidad de Cagliari.
- Escuela Ceroplástica de Florencia.
- Museo de los Moldeados en el Hospital San Luís de Francia.
- Instituto de Anatomía Humana en la Universidad de Bologna.
- Musee Dupuytren en París - Francia.
- Museo Anatómico de la Universidad de Siena, Italia.
- Moulagen Museum en la Universitäts Spital - Zurich, Suiza.
- Museo Anatómico, Facultad de Medicina en Valladolid, España. (Museo de Historia Natural, La Specola. 2017).

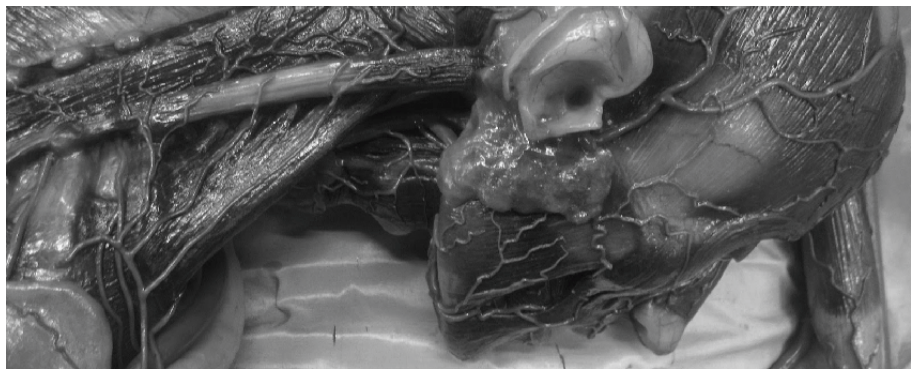


### 10.2.1.2. Técnicas de fabricación de modelos anatómicos de cera.

Según Berengué, (2016), en la ejecución de las preparaciones anatómicas, realizadas con cera o a partir del uso de otros materiales, siempre intervenían dos especialistas. Por una parte, el médico o cirujano con amplios conocimientos anatómicos, por otra el modelador o escultor que conocía las técnicas de producción de este tipo de obras. A partir de planos llevados a cabo en papel, el anatomista planteaba la ejecución de una determinada representación al modelador. Dichos planos se fundamentaban en los conocimientos adquiridos a través de la disección anatómica de cadáveres. Se pretendía objetivar la descripción de la anatomía humana o de la lesión patológica en modelos escultóricos con el fin de formar rápidamente al estudiante de medicina sin necesidad de recurrir de manera sistemática al cadáver. En dichos casos, la intencionalidad pedagógica persistía, ahora con un objetivo de popularizar la ciencia, bajo un pretexto claramente artístico. Actualmente se sigue con esta lógica de trabajo, pero ahora con diferentes herramientas, siendo los protagonistas los docentes médicos - cirujanos , y los artistas y diseñadores ahora con herramientas digitales.

Según los estudios realizados a partir de la colección ceroplástica florentina (Sánchez Ortiz, A., et.al. 2012), más allá del hecho de que cada modelador usaba técnicas propias, se puede hablar de elementos comunes a la mayoría de estas preparaciones. En este sentido, se ha indicado que una vez determinado el tema de la preparación por el anatomista, “se hacía una copia exacta en tiza o en cera de baja calidad; sobre ésta se hacía el vaciado en yeso” (Didi-Huberman, G., et.al.,1999). El vaciado se convertía en la matriz de la preparación definitiva, que requería una sólida experiencia en el manejo y preparación de las ceras, fundidas al baño maría, disueltas con colorantes y disolventes naturales para conseguir un grado determinado de elasticidad. Las mezclas obtenidas eran vertidas a continuación en los moldes de yeso de donde se extraía la preparación final. En los casos, como la Venus Anatómica, en que constaban de diversas piezas, “una vez retirado el vaciado, se pulía la pieza y con las correspondientes herramientas se hacían las estrías, se aplicaban los órganos, los vasos sanguíneos y los nervios, etc.” (Didi-Huberman, G., et.al.,1999). Todos los pasos eran seguidos de cerca por el anatomista, que señalaba en cada momento la veracidad de los elementos y la conveniencia de su posición. Una vez concluida la pieza se procedía a la aplicación de barnices y a la decoración de la misma, evidente en el caso de la Venus Anatómica. La escenografía resultaba fundamental dado el objetivo final de su exhibición. Por ello, las telas, en especial blondas de algodón y sedas, y los ornamentos de joyería, así como los peinados, eran cuidados con especial mimo. (Didi-Huberman, G., et.al.,1999).

Figura 26: “Lo Scorticato” (El Despellejado), Museo La Specola, Firenze.



### 10.2.2. Marco Histórico en Colombia, modelos anatómicos.

En Colombia, uno de los primeros referentes que se tiene sobre el uso de modelos anatómicos artificiales para enseñanza es la colección de ceroplástica dermatológica de la Universidad Nacional de Colombia, siendo uno de los principales componentes patrimoniales de dicha institución. Más allá de los beneficios en la práctica clínica que ésta pudo haber aportado, resalta su valor histórico, cultural y artístico. Esta colección es un conjunto de reproducciones en cera de enfermedades de la piel. La historia de esta colección se remonta a la década de 1930, cuando por iniciativa del doctor Manuel José Silva, director de la Clínica Dermatológica de la Universidad, se ordenó la elaboración de las piezas como material de enseñanza de esta especialidad médica. De su formación en Francia, Silva sabía que eran un recurso pedagógico fundamental, pues permitía a los jóvenes afinar sus habilidades, siendo la dermatología, una especialidad que afirma su conocimiento en la observación. (Tiempo, C. 2017).

En 1933, el escultor y pintor Lisandro Moreno Parra, con gran realismo y excepcionalidad modeló más de 1000 piezas de las cuales se conservan 325 en el Museo Historia de la Medicina en la Universidad Nacional. Las piezas están hechas a escala natural, cuando en la misma época, en el resto del mundo, se hacían al 75%. La técnica de elaboración no es del todo conocida. Sin embargo, se sabe que se construía un molde en yeso directamente sobre el paciente, y con base en él, se hacía la pieza en escala tal que era pintada luego a mano por el artista. Las ceras representan con gran realismo diversas patologías dermatológicas, pues su función era entrenar a los futuros médicos en el reconocimiento de estas enfermedades. Esta colección es única en Colombia y en Latinoamérica y actualmente se encuentra en el Claustro de San Agustín de la Universidad Nacional de Colombia. (Lisandro Moreno Parra. 2017).

Figura 27: Museo Historia de la Medicina, Museo de Reproducciones Plásticas-Dermatología, Universidad Nacional de Colombia



### 10.2.3. Consideraciones éticas de los modelos anatómicos en Colombia.

Dentro de las consideraciones éticas para trabajo de investigación se pretende incluir el marco legal que compete con respecto a los cadáveres y a su disposición por parte de las instituciones que los necesitaran. Cabe resaltar que en el desarrollo de la tesis no se pretende realizar ninguna práctica ni aproximación directa con algún espécimen.

- Resolución 485 de 2002 de Octubre 11 (Consulta de la Norma: 2017a), por medio de la cual se reglamenta el procedimiento para la entrega de cadáveres y componentes anatómicos que se obtengan de los mismos, para fines de docencia e investigación. Establece que las instituciones de carácter científico, los establecimientos hospitalarios o similares, pueden disponer de cadáveres no reclamados, así como de órganos y/o de componentes anatómicos que se obtengan de los mismos, para fines de docencia e investigación.

Que al Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses le corresponde determinar el procedimiento de acuerdo con las disposiciones legales vigentes, para que las instituciones autorizadas puedan disponer de cadáveres no reclamados, de órganos y/o de componentes anatómicos para fines de docencia e investigación. Que el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses deberá prever los aspectos éticos relacionados con el debido respeto al cadáver y la obtención, conservación, utilización y preparación y destino final de órganos, tejidos, fluidos y sus derivados según lo regulado por los artículos 47 y 48 del Capítulo VI de la Resolución número 008430 de 1993 del Ministerio de Salud. (Consulta de la Norma: 2017b).

Que el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses deberá preservar la cadena de custodia en el cadáver, en la recuperación de evidencia, traza y en la obtención de muestras para estudios forenses que por razones técnicas sea necesario tomar antes del procedimiento de extracción de componentes anatómicos y sus derivados.

- Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos: Preparadas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud Ginebra 2002, (Correa, F. L. 2004). Las Pautas consideran que la investigación en seres humanos no debe violar ningún estándar ético universalmente aplicable, pero reconocen que, en aspectos no sustantivos, la aplicación de los principios éticos en relación con la autonomía individual y con el consentimiento informado debe tomar en cuenta los valores culturales y, al mismo tiempo, respetar absolutamente los estándares éticos. (Lolas, F. 2017).

### 10.2.4. Anfiteatro y Museo de Anatomía UEB

El Museo de Anatomía, el Laboratorio de Morfología y el Anfiteatro de la Universidad El Bosque alberga una importante colección de patrimonio natural. Preservando durante más de 20 años (a 2016) más de 440 ejemplares de especímenes obtenidas de piezas de cuerpos humanos donados en nombre de la ciencia, constituye una herramienta fundamental transversal, en la educación en las áreas de la salud, favoreciendo diversas formas de enseñanza para estudiantes de diferentes facultades no sólo de la medicina, sino en otras áreas de la salud como odontología, enfermería y psicología, entre otras. Hoy en día, debido a las dificultades en su manejo, conservación, altos costos, normativas gubernamentales y cambios en las políticas éticas, esta colección corre el riesgo de desaparecer con el paso del tiempo. (Betancur Gómez, L.C., et.al. 2009).

La anatomía es la ciencia de las formas y de las estructuras del cuerpo humano, su estudio se basa en una serie de métodos para lograr la comprensión de las estructuras que la componen, entender sus interacciones y sus relaciones, es por ésto que se requiere de todo el material pedagógico posible para facilitar su estudio, haciendo que su aprendizaje dependa en gran parte de un esfuerzo de memoria visual, lo que implica que es necesario tener acceso a herramientas que faciliten este proceso, como lo son textos, atlas, disecciones, etc. Sin embargo, cabe resaltar que ninguna de estas ayudas excluye a las otras, al contrario, debe existir una cooperación para lograr retener todo lo aprendido. La UEB en su Museo de Anatomía, cuenta con especímenes biológicos conservados con diversas técnicas, piezas irrepetibles, tanto anatómicas como patológicas, fundamentales para la enseñanza de la morfología y soporte de un número importante de cursos transversales de pregrados y postgrados. Su importancia deriva no sólo de su utilidad como recurso en la docencia, sino también de la escasez de este tipo de colecciones, dado por la dificultad de su elaboración, manejo y preservación.

Entre las piezas museográficas conservadas en la UEB, se destacan de la colección, algo más de setenta objetos pertenecientes al sistema nervioso central, diez al sistema cardiovascular, cinco del sistema respiratorio, diez del sistema genitourinario, dos de bazo, seis de estómago y páncreas, siete de miembro superior, siete de miembro inferior, cerca de treinta cortes transversales de abdomen, cuarenta cortes transversales de embrión o feto, veinticuatro cortes transversales varios de tórax, veinte piezas hechas con distintas técnicas de disección, cuarenta y seis de embriología, conservados en cajas acrílicas y cerámicas, setenta y seis de patologías, cincuenta de imagenología, cinco piezas de huesos, tres de cráneo, un hueso atlas y un sacro, y cinco cortes transversales de especímenes completos. (Marín Sejnaui, E. A., et.al. 2011)

Figura 28: Piezas anatómicas de corazón / Laboratorio de Morfología / Universidad El Bosque / 2015



La poca vida que tiene el estudio con especímenes, haciendo referencia a la baja disponibilidad en cuanto a número se refiere, ha aumentado la importancia de investigar y de realizar modelos a escala que de una u otra forma permitan un fácil acceso a la práctica con la anatomía humana, además de ser una manera didáctica de aprender. Su finalidad es complementar a los otros métodos de enseñanza de la morfología macroscópica, y es donde el oficio del Diseño Industrial, la comunicación, la ingeniería, el boom de las tecnologías y herramientas como la impresión y el modelado 3D, vislumbran un escenario de trabajo con gran potencial de integración de estas infraestructuras. Al hablar de herramientas, se abre un gran campo de acción lleno de diversos elementos que pueden contribuir al estudio y al aprendizaje de la anatomía y que no necesariamente son exclusivos para uso del área médica; lo que quiere decir que se podría integrar varias ramas del saber con el fin de incrementar las formas de estudio de aquellas personas interesadas en estas disciplinas.

“

*....el museo de anatomía de la U.El Bosque conserva más de 440 ejemplares de especímenes obtenidas de piezas de cuerpos humanos donados en nombre de la ciencia*

”

### 10.3. Simulación para entrenamiento médico.

La simulación es una metodología docente que proporciona una curva de aprendizaje rápida y efectiva, en términos clínicos y áreas afines a la salud utiliza modelos de simulación ya sean de orden físico (fantomas) o simuladores digitales, que incrementa la seguridad del paciente y atiende al imperativo ético de la no experimentación en humanos, suponiendo una importante reducción de los costos añadidos al sistema de salud por los problemas que se puedan derivar de la inexperiencia de los médicos en formación. (Amaya Afanador, A. 2010).

*“La simulación es una técnica para práctica y aprendizaje que puede ser aplicado a muchas disciplinas y tipos de aprendices. La simulación reemplaza y amplifica las experiencias reales por experiencias dirigidas, con frecuencia de naturaleza “inmersiva”, que evocan o replican aspectos sustanciales del mundo real de una manera completamente interactiva. “Inmersiva” implica en este contexto que los participantes se sumergen en una tarea o ambiente como si fuera el mundo real” (Lateef, 2010).*

Para efectos académicos y científicos de esta investigación, se tomó el concepto desde el punto de vista de cómo la simulación se puede realizar mediante la construcción de un modelo físico, ayudando a crear un ambiente simulado que reproduzca condiciones reales. El propósito de la simulación como concepto en este trabajo es servir de herramienta para prever o prepararse para enfrentar las condiciones del mundo real.

En el entorno educativo la simulación permite la construcción de un conocimiento más significativo para el estudiante. La simulación es un proceso dinámico que involucra la creación de una situación hipotética que requiere la representación auténtica de la realidad, para lograr las metas educativas a través del aprendizaje experiencial, facilitando la participación activa del estudiante, con oportunidades para la repetición, retroalimentación, evaluación y la reflexión, en un ambiente seguro sin el riesgo de causar daño.

*“Médicos, enfermeras y otros profesionales de la salud tienen la oportunidad de desarrollar y refinar sus habilidades, repitiendo cuanto sea necesario, usando tecnología de simulación sin poner en riesgo a los pacientes”. (Lateef, 2010)*

Figura 29: Práctica de colocación válvula aórtica / Recuperado de YouTube / 2015





Los métodos pedagógicos más relacionados directamente con el aprendizaje experiencial son el método del caso y la simulación, ambos se caracterizan porque permiten que el alumno viva una realidad y aprenda a través de la experiencia derivada de la misma, en la medida en que potencia el aprendizaje del alumno de forma eficaz mediante la aplicación del conocimiento a través de tareas prácticas (Gutiérrez Fernández, M., et.al., 2011), permitiendo desarrollar entre otras habilidades, la toma de decisiones, la resolución de problemas, el trabajo en equipo, la negociación y el ejercicio del pensamiento crítico autónomo. (Silva, J. V. L., ed al 2006).

En este sentido la simulación tiene cinco objetivos principales; la educación, la evaluación, la integración, la investigación y la creación. En el área de la educación permite planear de acuerdo con los objetivos un aprendizaje personalizado o en equipo. De esta manera el estudiante puede desarrollar destrezas psicomotoras (memoria muscular) mediante la aplicación del conocimiento, práctica de procedimientos, toma de decisiones, trabajo en equipo y la adquisición de comportamientos de trabajo en situaciones críticas bajo estrés. (Itagaki, M. W. 2015). La evaluación en simulación permite medir el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje planteados tanto de manera individual como en equipo, de acuerdo con las competencias que se quieran valorar, mediante un periodo de reflexión estructurada y de retroalimentación, elementos esenciales en la educación basada en simulación.

A través de la integración la simulación se puede evaluar procesos de organización en diferentes áreas, así como el desempeño de grupos que requieren trabajar en equipo (por ejemplo el personal que realiza una intervención quirúrgica).

Con respecto a la investigación, esta se puede realizar a múltiples niveles y en diferentes campos como la bioingeniería, las ciencias de la salud, las ingenierías, el diseño y la fabricación, donde se puede partir desde la manera de entender el funcionamiento de los equipos hasta las estrategias para mejorar la formación, la evaluación, y el diseño de equipos, tema principal de este trabajo. (Isaza, J. F., & Naranjo, M. 2008).



*La simulación tiene cinco objetivos principales; la educación, la evaluación, la integración, la investigación y la creación*





## 10.4. Referentes comerciales.

El objetivo del siguiente análisis es aclarar el escenario de trabajo en términos de mercado, al igual que la potencial competencia que tendrían los resultados del proyecto de cara hacia el futuro, buscando posibles factores de diferenciación para realizar transferencia, potenciales patentes, registros de diseño, modelos de utilidad, entre otros. En esta primera etapa se pretende investigar cuáles son las empresas más representativas, cuál es el precio de venta hacia el público, atributos tecnológicos, valores agregados, ventajas y desventajas competitivas del mercado. El proyecto de doctorado de implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía, busca entre otras cosas, poder materializar por medio de una *spinoff*, alguno de los avances realizados en la investigación, siendo la primera de su clase en la U. El Bosque, demostrando una aplicación práctica de la investigación que sea insertada en el mercado, por tal motivo es de vital importancia analizar el mercado y sentar una posición estratégica de partida, con la cual se enfoquen todos los esfuerzos de la investigación, siendo el punto inicial para el análisis, las tecnologías de diseño y fabricación digital como factores de diferenciación y personalización.

### 10.4.1. 3B Scientific.



Figura 30: Imagen corporativa / [www.a3bs.com](http://www.a3bs.com)

El grupo empresarial internacional 3B Scientific está especializado en la producción y la comercialización de material didáctico dirigido a la formación especializada en ciencias biológicas y medicina. 3B Scientific posee la experiencia más larga en el sector, ya que sus inicios datan del año 1819 en Budapest, Hungría (3B Scientific. 2017). La casa central fue fundada en el año 1948 por las 3Bs- Paul Binhold, su esposa Hedwig Binhold y su hija Marion Binhold, hoy Kurland- en Hamburgo. La marca registrada 3B Scientific® está representada en más de 100 países. Gracias a su crecimiento constante, 3B Scientific es actualmente el número uno a nivel mundial del mercado de productos didácticos de anatomía. Su éxito creciente está basado en: 1). La elevada calidad de sus productos fabricados por personal cualificado. Desde el año 2000, 3B Scientific posee el certificado de DIN EN ISO 9001. 2). La relación calidad – precio es extremadamente competitiva. 3). La capacidad de dar al cliente una atención cordial y flexible. Como reconocimiento del éxito mundial alcanzado, 3B Scientific fue incluido en el marco de un estudio del Profesor Simón en el círculo de “Hidden Champions”. Este pequeño grupo identifica a aquellas empresas de éxito, de clase media que se distinguen por su transformación como consecuencia de sus estrategias globales, y por ello han llegado a ser empresas líder en el sector correspondiente. Los clientes de 3B Scientific son universidades, colegios, ministerios y otros organismos oficiales de sanidad y educación, hospitales, médicos, fisioterapeutas y estudiantes, la industria farmacéutica, así como comerciales de material didáctico y material médico. Desde 1996 tiene una página permanente en Internet, [www.3bscientific.com](http://www.3bscientific.com), que permite a los clientes estar informados y poder comprar los productos a cualquier hora del día.

La Gama de productos de 3B Scientific® en su sección de anatomía incluye:

- 3B MICROanatomy™
- Modelos de Articulaciones
- Modelos de Cabeza
- Modelos de Cerebro
- Modelos de Columna vertebral
- Modelos de Corazón
- Modelos de Cráneos Humanos
- Modelos de Embarazo
- Modelos de Esqueleto Humano
- Modelos de Mamas
- Modelos de Musculatura
- Modelos de Oído, Laringe y Nariz
- Modelos de Ojo
- Modelos de Pelvis y Genitales
- Modelos de Piel
- Modelos de Sistema Respiratorio
- Modelos de Torsos Humanos
- Modelos de vértebras
- Modelos del Sistema Digestivo
- Modelos del Sistema Nervioso
- Modelos del Sistema Urinario
- Modelos dentales

En diversos lugares se encuentran sucursales de producción y venta. Pero los productos se fabrican exclusivamente en Alemania, sin embargo, desde el año 2000, se ha racionalizado la producción, lo que ha permitido el traslado creciente de la producción a países con menores costes de fabricación, esta estrategia ha permitido a 3B alcanzar una posición líder en competencia en el mercado mundial. El elevado estándar de calidad de cada uno de los productos 3B Scientific está garantizado por controles de calidad permanentes y comprometidos. Desde el año 2000, 3B Scientific posee el certificado de DIN EN ISO 9001 y desde el 2004 es miembro del Worlddidac Quality Charter. Aproximadamente el 90% de las operaciones comerciales se realizan fuera de Alemania.

- *Atributos tecnológicos:* Algunos modelos incluyen análisis de datos, internet de las cosas, simulación y reacción en modelos de entrenamiento médico. Modelos de micro anatomía. Producción estandarizada por roto moldeado o inyección.

- *Rango de precio:* Entre 50 y 3.000 USD por modelo.

- *Valores agregados (Marca/Producto/Concepto):* Modelos para prácticas de acupuntura, Neonatales, Reanimación avanzada por traumatismos, Modelos y manuales para uso en educación en salud.

- *Ventajas competitivas:* 1). Modelos que ilustran las estructuras anatómicas diferenciándolas con colores y texturas para su fácil ubicación, 2). Vida útil del producto prolongada: la conservación de estos modelos en el tiempo es larga, 3). Diversificación del negocio: Hombre, Mujer, Bebés, Secciones, 4). Aprendizaje tridimensional visual, 5). Bajo costo de mantenimiento, 6). Empresa Multinacional, varios años de experiencia.

- *Desventajas:* Modelos costosos, una gran mayoría de los modelos sirven para aprender sobre estructuras muy básicas pero para estudios avanzados de anatomía en educación superior no son lo más recomendados, únicamente presentan estructuras estándar sanas, no representan las características exactas de peso, tamaño, tacto, texturas.



Modelos de Cabeza



Modelos de Cerebro



Modelos de Columna vertebral



Modelos de Corazón



Modelos de Cráneos Humanos



Modelos de Embarazo



Modelos de Esqueleto Humano



Modelos de Mamas



Modelos de Musculatura



Modelos de Oído, Laringe y Nariz



Modelos de Ojo



Modelos de Pelvis y Genitales



Modelos de Piel



Modelos de Sistema Respiratorio



Modelos de Torsos Humanos



Modelos de vértebras

#### 10.4.2. Altay Scientific.



Figura 32: Imagen corporativa / [www.altayscientific.com](http://www.altayscientific.com)

Altay Scientific es una empresa líder en el mercado mundial de educación científica que se vende a través de una red de distribuidores autorizados. Altay produce una línea completa de productos basados en la investigación y el desarrollo científico, unida a técnicas y procesos de producción de alta calidad y bajo costo. En su portafolio de productos se encuentran modelos de Anatomía, Botánica y Zoología. La marca Altay representa innovación, valor y orientación al cliente. Comenzó como una empresa familiar hace más de 60 años en Roma - Italia, Altay es una empresa internacional del siglo 21 con operaciones en 5 continentes que emplean a más de 500 personas. (Altay. 2017).

Su misión es desarrollar y comercializar productos innovadores, fáciles de usar y asequibles como "Instrumentos de conocimiento", para permitir y facilitar su aprendizaje y de esta manera superar las diferencias sociales, económicas e intelectuales. Para hacer eso, han pasado mucho tiempo en las escuelas enseñando, mirando y aprendiendo. Uno de sus principales pilares empresariales es creer que el aprendizaje efectivo proviene de experiencias directas. Altay se dedica a diseñar y desarrollar una gama completa de productos que motivarán a los estudiantes y ayudarán a los profesores a transmitir la teoría de una manera estimulante y emocionante.



Figura 33: Captura de pantalla / [www.altayscientific.com/en/products](http://www.altayscientific.com/en/products)

#### 10.4.3. Monash University - Erler Zimmer.



Figura 34: Imágenes corporativas, [www.monash.edu](http://www.monash.edu), y [www.erler-zimmer.de](http://www.erler-zimmer.de)

Monash University es una universidad pública australiana, con campus en Australia, Malasia, Italia y Sudáfrica. Es la universidad con mayor número de estudiantes de Australia, con aproximadamente 55.000 estudiantes (Monash, 2018). El “Centro Monash para la Educación en Anatomía Humana”, (Centre for Human Anatomy Education 2017), dirigido por el profesor Paul McMenamin (Paul McMenamin - Monash University 2018), quien ha liderado el proyecto “3D Printed Anatomy Series”, proyecto basado en impresiones en 3D de todo el cuerpo humano con enfoque realista, desarrolla productos nombrados como réplicas anatómicas, algo más allá de modelos anatómicos, con el objetivo de reemplazar los cadáveres humanos para aprender anatomía, dado que, los cadáveres preservados no siempre están disponibles y los cuerpos plastinados pueden ser muy costosos y difíciles de obtener. Este proyecto significa un avance significativo en su campo, ya que se pueden comprar impresiones plásticas coloreadas anatómicamente correctas de varias partes del cuerpo o de todo el cuerpo a una fracción del costo de un cuerpo embalsamado o plastinado (All Things 3D, 2014). La serie incluye modelos que de otro modo serían imposibles de visualizar, como el sistema vascular del cerebro; proyectos con los cuales se espera que mejore drásticamente el aprendizaje e incluso pueda contribuir al desarrollo de mejores resultados quirúrgicos para los pacientes. (3D Anatomy Series, 2017).

La serie Monash 3D Printed Anatomy tiene las siguientes ventajas sobre modelos de plástico o especímenes humanos plastificados: 1). Cada impresión 3D ha sido la reproducción totalmente realista de los datos radiológicos de un paciente real, especialmente seleccionados de muestras de cadáver diseccionados, mostrando la verdadera anatomía humana en alta calidad, utilizada para ilustrar una serie de áreas de importancia clínica de la anatomía con una calidad y fidelidad que no es posible en otro tipo de modelos convencionales, esto es, la real anatomía humana, no estilizada ni editada. 2). Cada impresión en 3D ha sido verificada rigurosamente por un equipo de anatomistas altamente calificados en el Centro de Educación en Anatomía Humana de la Universidad de Monash, para garantizar la precisión anatómica del producto final. 3). Las impresiones 3D no son suministros anatómicos ni médicos humanos, evitando problemas éticos, legislativos, logísticos y de mantenimiento que se plantean cuando se tratan restos humanos plastinados o embalsamados. (3D Anatomy Series, 2017). Este enfoque alternativo de impresión 3D para producir reproducciones anatómicamente precisas ofrece muchas ventajas sobre la plastinación, ya que permite la producción rápida de copias múltiples de cualquier espécimen disecado, en cualquier escala de tamaño y es adecuado para cualquier instalación docente en cualquier país, evitando así algunos de los aspectos culturales, religiosos y éticos asociados con las muestras de cadáver.

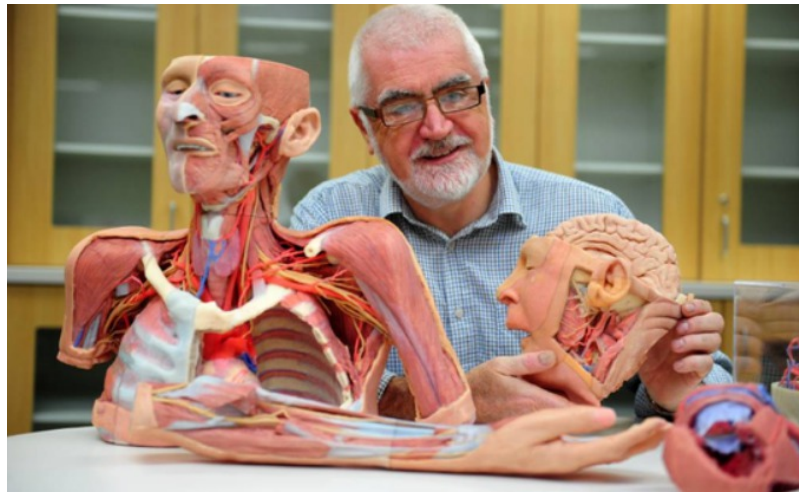
Esta serie de modelos anatómicos, o réplicas como lo afirman sus creadores, fue creada a partir de la anatomía de personas de carne y hueso. Primero, el equipo de investigadores realizó scans ya sea con rayos X o una tomografía computarizada (CT scan). Las imágenes escaneadas se utilizaron para crear un modelo virtual de una parte del cuerpo que luego se envió a impresoras 3D de alta resolución tipo Polyjet, SLS (Sinterización Selectiva Láser), SLA (Estereolitografía), según la necesidad específica de cada modelo. Las partes se imprimen a todo color directamente con un polvo parecido al yeso o en plástico según la tecnología utilizada. Estas tecnologías serán explicadas más adelante en el marco tecnológico de la investigación.

Por otra parte, Erler-Zimmer GmbH, fundada en 1950 en Alemania, es un fabricante y proveedor líder de modelos anatómicos y simuladores médicos (Erler-Zimmer. 2018). La gama de productos que oferta contiene más de 1.500 artículos que ayudan a formar personas en el campo educativo de salud. Este fabricante alemán, posee la licencia para la impresión aditiva de los modelos anatómicos desarrollados por la Universidad de Monash, garantizando que la calidad de estas impresiones sea única y tan precisa como la naturaleza misma. Las piezas están disponibles en un corto período de tiempo y pueden producirse en una variedad de tamaños, como por ejemplo, modelos ampliados para docentes. Gracias a la flexibilidad de fabricación que ofrece la impresión en 3D, estos modelos se imprimen bajo pedido y no suelen estar disponibles para su envío inmediato. La mayoría de los modelos se imprimen dentro de 15 días hábiles y son entregados en un plazo de 3 a 5 semanas después del pedido.

Figura 35: Head Neck Shoulder with angiosomes /



Figura 36: Profesor Paul G. McMenamin





#### 10.4.4. Nissin Dental.



Figura 37: Imagen corporativa / Nissin / [www.nissin-dental.net](http://www.nissin-dental.net)

Nissin fue fundada en 1948 en una pequeña fábrica en la ciudad de Kyoto-Japón, bajo el nombre de Nissin Dental Material Laboratory. Diez años más tarde, en 1958, comenzó a producir modelos de estudio dental y poco a poco se convirtió en una multinacional que ofrece productos de educación dental a clientes de todo el mundo. Los productos de Nissin se comercializan a dentistas, profesores, higienistas, asistentes dentales y estudiantes en América del Norte, América Central y del Sur, Europa, Oriente Medio, Oceanía, China, Corea y los mercados del sudeste asiático. Nissin busca mejorar la salud oral mediante el suministro de productos y servicios de alta calidad a instituciones y clínicas de educación dental en todo el mundo. Ofrece una línea completa de modelos de entrenamiento dental, sistemas y subsistemas de simulación de alto nivel. Desde el año 2002 cuenta con Certificación ISO9001 (norma internacional que se centra en todos los elementos de la gestión de la calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios), y en 2005 con la certificación de la norma ISO 13485 de equipos médicos, que es un sistema de gestión de la calidad reconocido internacionalmente para fabricantes de equipos médicos y servicios relacionados (Nissin Dental Products, Inc. 2017).

Su modelo más avanzado es el Dentaroid, un sistema de entrenamiento clínicamente realista, tipo robot que ayuda al entrenamiento para evitar accidentes médicos de los estudiantes y la reacción frente a la comunicación no verbal con los pacientes. El robot está equipado con aproximadamente 10 movimientos de reacción diferentes que simulan los accidentes que pueden ocurrir durante los diferentes tratamiento odontológicos, como la reacción al dolor, el reflejo de la tos, el reflejo del vómito, el pulso irregular, entre otros. Realiza movimientos irregulares en diversas situaciones que permiten a los estudiantes adquirir experiencia en un entorno clínicamente realista.

Los productos en referencia a modelos anatómicos de odontología se dividen en dos grandes grupos, el primer grupo es el de productos de entrenamiento dental, donde se destacan modelos de: Odontología Protésica: área de corona y puente, área restaurativa de prótesis parcial, área de implante, área edéntula de la mandíbula, área de función estomatognática. Odontología conservadora: área operativa, área de endodoncia. Zonas Periodontales: Escalado, área de cepillado de raíz, área de cirugía periodontal, área de control de placa. Área de cirugía oral, área de anestesia, área de radiación, área de ortodoncia, área pediátrica, entrenamiento recurrente, área de anatomía del diente. Por otra parte en el segundo grupo, se encuentran los modelos de educación del paciente, donde se destaca el área de enfermedad de diente, prostodoncia, endodoncia, implantes, periodoncia, ortodoncia, odontología pediátrica, prevención y anatomía bucal. (Nissin Dental Products, Inc. 2017).



1) El robot sacude su cabeza de lado como una reacción al dolor



2) El robot tiene un reflejo de tos.



3) Se puede simular accidentes por reflejo de vómitos.



4) El robot levanta la mano izquierda y se queja de dolor para el médico.

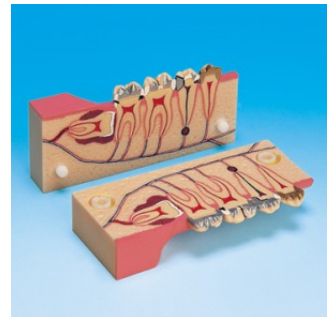
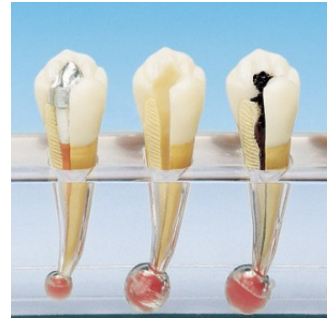
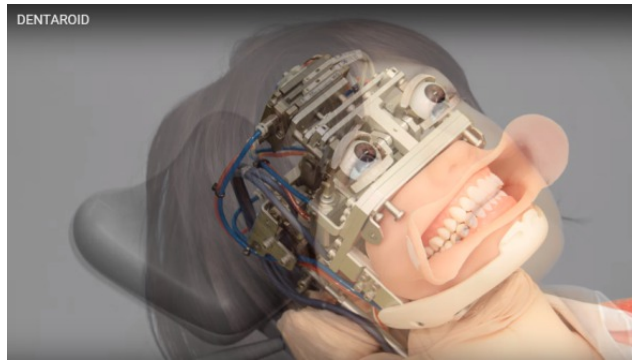


Figura 38: Imágenes de referencia / Catálogo de productos / [www.nissin-dental.net](http://www.nissin-dental.net)

#### 10.4.5. Somso.



Figura 39: Imagen corporativa / [www.somso.de](http://www.somso.de)

La empresa Marcus Sommer, SOMSO-Werkstätten fue fundada en 1876 en Sonneberg (Turingia, Alemania) por Marcus Sommer. Desde 2007 su razón social es Marcus Sommer SOMSO Modelle GmbH y la dirigen la cuarta y quinta generación familiar. La fabricación de los modelos SOMSO® se realiza con un enorme trabajo especializado y netamente manual, del cual se encarga una serie de experimentados profesionales en Coburgo (Baviera, Alemania) y Sonneberg (Turingia, Alemania), sede central de la empresa familiar. En SOMSO, la tecnología moderna y el trabajo manual tradicional crean una simbiosis única en su clase, dando a los modelos un carácter de pieza única que implica una manufactura de precisión (SOMSO. 2017).

Los modelos SOMSO® llevan más de 130 años gozando del reconocimiento y del aprecio de distintos profesionales como herramientas de enseñanza, modelos ilustrativos y material para las aulas. La calidad de sus modelos se mide en relación con su exactitud científica, su pintura, su función, su material y su durabilidad. Además de a los criterios científicos, se presta mucha atención a la estética de los modelos. Cuenta con un continuo asesoramiento de científicos y especialistas de renombre, que dan garantía de un intercambio de conocimientos contemporáneo, sólido y con bases pedagógicas. Los modelos SOMSO MODELLE están fabricados exclusivamente en Sonneberg o Coburg, por artesanos altamente cualificados y experimentados. Hoy en día, algunos elementos son de fabricación mecanizada, pero el ensamblado y la pintura siguen haciéndose 100% a mano, de manera que cada modelo es una obra de arte única. La empresa presenta tres grandes líneas de negocio, los modelos de Anatomía Humana, Zoología y Botánica. En 2001, el Museo SOMSO abre las puertas al público, se encuentra en la casa central de la empresa, en Sonneberg, Turingia. Cuenta con diez espacios donde se expone la variada cultura de modelos de más de 141 años de historia, que, además, se amplía de manera continua.

*-Atributos tecnológicos:* Alto nivel de detalle, dada su trayectoria y experiencia por más de 100 años. Ofrecen y garantizan repuestos de toda su colección y la promesa de modelos resistentes (para toda la vida). Garantizan un alto nivel de detalle y fidelidad a la anatomía real representada.

*-Valores agregados (Marca/Producto/Concepto):* 1). Incluye en su portafolio modelos funcionales de la fisiología de algunos sistemas del cuerpo humano. 2). Da igual importancia en su portafolio a los modelos anatómicos humanos, como a los de Zoología y Botánica.



Figura 40: Proceso manual de pintura / Modelos anatómicos SOMSO.

#### 10.4.6. Laerdal.



Figura 41: Imagen corporativa / [www.laerdal.com](http://www.laerdal.com)

Laerdal es un importante fabricante de equipos médicos y productos de formación médica con sede en Stavanger, Noruega. Fundada en 1940 como una imprenta, pronto comenzó a fabricar juguetes de goma populares bajo el nombre Tomte Laerdal, su producto más conocido de la compañía en la década de 1960. Como consecuencia de estas experiencias en la fabricación con plásticos fue la fabricación de modelos y dispositivos de capacitación médica, hoy en día el pilar principal de la empresa, siendo el punto de partida la ampliación de su línea de productos para incluir simulaciones de heridas realistas y otros materiales de primeros auxilios de goma. El producto más conocido de Laerdal Medical es un maniquí de entrenamiento conocido popularmente como "CPR Annie", ya que sirve como la principal herramienta de capacitación para la RCP moderna de método de boca a boca (Laerdal. 2017).

En la década de 1960, la compañía se expandió para incluir una línea de equipos médicos portátiles para la ventilación y el control de las vías respiratorias. Los primeros dispositivos portátiles de desfibrilación se ofrecieron en la década de 1980 para su uso por el personal de ambulancias. En 1980, se creó la Fundación Laerdal de Medicina Aguda que ha apoyado una variedad de proyectos de investigación, educación y publicación.

Medical Plastics Laboratories, Inc., fue adquirida por Laerdal en enero de 2000 y rebautizada como Laerdal Texas. Su producto estrella es 'SimMan', un maniquí simulador de pacientes controlado por computador. En 2003, adquirió Sophus Medical con sede en Dinamarca, ahora bautizada como Laerdal Sophus, añadiendo una línea de productos de capacitación médica interactiva. La adquisición de SimQuest en 2004, ahora Laerdal DC, comenzó con una línea de productos de realidad virtual como 'IV Arm'. La línea de productos de terapia de la compañía se mejoró con la adquisición de STI en 2003, que ofrece sistemas de inmovilización espinal. Laerdal Global Health (LGH) es una compañía sin fines de lucro dedicada a ayudar a salvar vidas de madres y recién nacidos en países de bajos ingresos. A través de asociaciones con organizaciones profesionales y de salud globales, LGH desarrolla soluciones de capacitación de alto impacto y bajo costo. La Fundación Laerdal se estableció para apoyar la investigación de mejores prácticas e implementaciones útiles en medicina aguda. Hasta la fecha, la Fundación ha apoyado 1.800 proyectos de investigación internacionales con más de 40 millones de dólares en fondos.



Para Laerdal la innovación se centra en el impacto, utiliza el conocimiento basado en la evidencia para desarrollar y refinar continuamente sus soluciones de productos y servicios, gracias a sus esfuerzos por mejorar la eficiencia educativa y la implementación local. Desde el comienzo, Laerdal ha trabajado con médicos, enfermeras, educadores, investigadores y organizaciones industriales líderes. El respeto mutuo y los valores compartidos han sido la base de estas relaciones, pero la clave del éxito a largo plazo ha sido la naturaleza complementaria de sus misiones.

**-Misión:** Ayudar a salvar vidas.

**-Visión:** Nadie debe morir o estar discapacitado innecesariamente durante el nacimiento o por una enfermedad repentina, trauma o errores médicos.

**-Meta:** Ayudar a salvar 500.000 vidas más cada año para 2020.

**-Atributos tecnológicos:** Algunos modelos incluyen análisis de datos, internet de las cosas, simulación y reacción en modelos de entrenamiento médico. Modelos de micro anatomía. Producción estandarizada por rotomoldeado o inyección con los más altos estándares de calidad mundial.

**-Valores agregados (Marca/Producto/Concepto):** 1). Modelos enfocados a entrenamiento en simulación e interacción. 2). Incluye sensores y marcadores que retroalimentan las simulaciones realizadas por los estudiantes. 3). No venden solamente la tecnología sino también todo el sistema y su gestión.

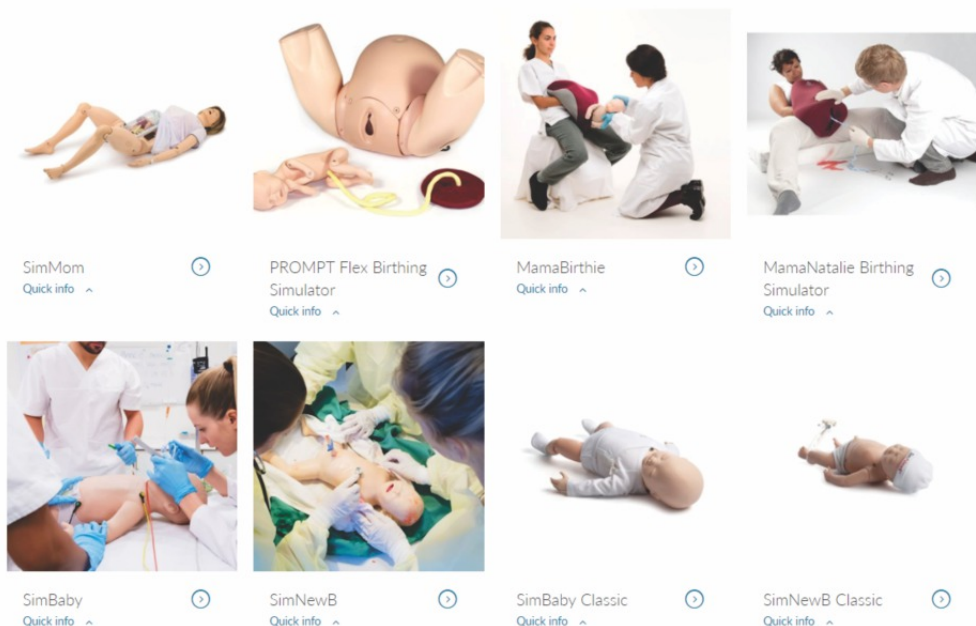


Figura 42: Captura de pantalla / Catálogo de productos / [www.laerdal.com](http://www.laerdal.com)



#### 10.4.7. SynDaver Labs.

## SynDaver Labs

Synthetic Human ▪ Simulation ▪ Medical Education

*Figura 43: Imagen corporativa / <http://syndaver.com/>*

SynDaver Labs se fundó en 2004 para comercializar los sistemas anatómicos de partes sintéticas del cuerpo humano para la industria de dispositivos médicos. Estos modelos sofisticados reproducen la anatomía humana en gran detalle, incluyendo músculos, tendones, venas, arterias, nervios y órganos individuales, todos hechos de compuestos complejos que imitan algunas de las propiedades de los tejidos vivos. Hecho de materiales sintéticos, cada uno de estos tejidos ha sido validado para imitar propiedades mecánicas, químicas, térmicas y dieléctricas de los tejidos vivos relevantes en una simulación. SynDaver Labs posee la base de datos más grande del mundo de propiedades de tejidos vivos (SynDaver Labs. 2017).

Sus productos se usan en campos tan diversos como el entrenamiento quirúrgico, pruebas de dispositivos médicos, evaluación de productos de consumo y aplicaciones militares como pruebas de balística. El modelo Human SynDaver Synthetic sangra, respira y emplea cientos de músculos, huesos, órganos, venas y arterias reemplazables, todos hechos de materiales que imitan las propiedades mecánicas, térmicas y fisicoquímicas del tejido vivo. Esta tecnología validada, se utiliza para reemplazar animales vivos, cadáveres e incluso pacientes humanos en estudios de dispositivos médicos, capacitación clínica y simulación quirúrgica para entrenar personal en escuelas, hospitales e instalaciones militares. La compañía actualmente tiene 10 patentes sobre desarrollo de materiales, procesos y productos relacionados. SynDaver Labs tiene su sede en Tampa, Florida y emplea a casi 100 personas. La compañía también tiene una instalación de investigación avanzada ubicada en Phoenix - Arizona, y está planificando instalaciones adicionales en los EE. UU., China, Europa y América Latina.

El trabajo en este proyecto de base tecnológica se inició en la Universidad de Florida en 1993. Los estudios iniciales involucraron la fabricación de modelos de tráquea con fibras poliméricas sintéticas y pruebas clínicas en animales vivos para realizar trasplantes en vías respiratorias. Los materiales desarrollados como resultado de estos estudios ahora se usan ampliamente en la industria como imitadores de venas y arterias. (SynDaver Labs. 2017).



*Figura 44: SynDaver Anatomy Model.*

Entre los proyectos más representativos está el SynDaver Synthetic Canine, es un perro sin piel, que funciona como entrenador quirúrgico, extremadamente detallado y realista. Proporciona a los estudiantes de veterinaria una plataforma anatómica precisa y realista para practicar un gran número de procedimientos. Al igual que SynDaver Synthetic Human, el canino utiliza el SynTissue patentado de SynDaver, que imita el tejido vivo, incluye una lista completa de los sistemas corporales funcionales y tiene la capacidad de simular enfermedades personalizadas, enfermedades y complicaciones médicas. Incluso tiene un corazón con latido, un sistema circulatorio y de hemorragias cuando se realizan cortes quirúrgicos. Este proyecto de SynDaver busca eliminar eficazmente las prácticas de laboratorio de cirugía animal terminal. En medicina veterinaria, estas prácticas implican enseñarles a los estudiantes cómo realizar ciertas cirugías en animales anestesiados vivos, y luego practicar la eutanasia del animal inmediatamente después del procedimiento. SynDaver Synthetic Canine también busca eliminar la necesidad de cadáveres caninos, que también suelen ser animales sacrificados de refugios.



Figura 45: Captura de pantalla / SynDaver Surgical Canine /



Figura 46: Captura de pantalla / SynDaver Anatomy Model

#### 10.4.8. AxisScientific.



Figura 47: Imagen corporativa / [www.axisscientific.com](http://www.axisscientific.com)

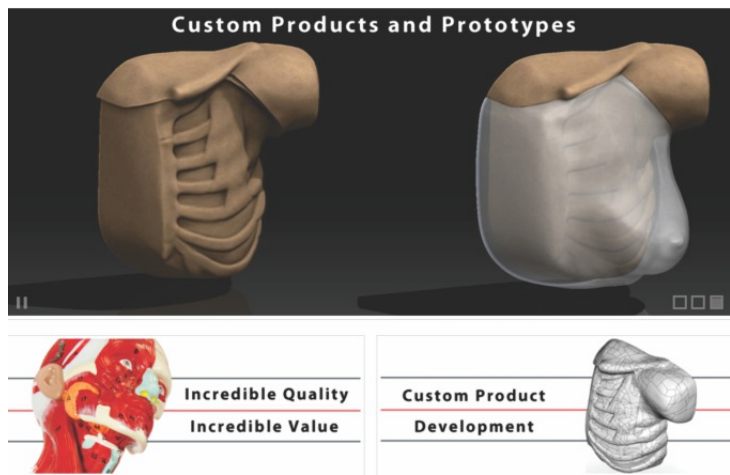
Con más de 30 años de experiencia en las industrias médicas y educativas, desarrolla proyectos en conjunto con maestros, administradores y un equipo de diseño e ingeniería. Su enfoque va más a aulas de clase de niveles de baja complejidad o de iniciación al estudio de anatomía. La colección de modelos aporta una nueva dimensión tangible tanto a la clase como a la experiencia docente. Con los nuevos estándares en educación que llegan a las aulas en todo el mundo, se sabe que simplemente fabricar modelos de enseñanza no es suficiente. Desarrolla materiales de productos únicos para complementar cada uno de los modelos de anatomía, como lo son manuales de productos aprobados por maestros que presentan fotografías reales de cada modelo de anatomía -no ilustraciones- (AxisScientific. 2017).

Axis Scientific ya ha realizado importantes avances en la industria del material de estudio de anatomía, y se ha convertido en una de las marcas más populares entre sus contemporáneos. Con sus modelos vertebrales, esqueletos y calaveras excepcionalmente bien diseñados, la compañía ofrece soluciones económicas para la enseñanza de la anatomía en las aulas, asistiendo a los educadores en sus esfuerzos por impartir información precisa y objetivamente correcta a sus alumnos. Las columnas vertebrales de Axis Scientific y los modelos del sistema esquelético se consideran los mejores en su clase debido a sus diseños reales, detalles minuciosos y el etiquetado experto de cada parte. Entre su portafolio de productos cuenta con una línea de modelos a escala, para comprender aspectos de la anatomía humana en miniatura, más accesible a todo público. Entre los puntos más favorables de esta empresa, está el servicio que ofrecen de fabricación de modelos anatómicos personalizados, integrando en sus procesos de diseño y modelado 3D asistido por computador.

-Rango de precios: Entre 50 y 250 USD por modelo.

-Atributos tecnológicos: 1). Modelos desarrollados con especialistas, 2). Experiencia y posicionamiento de la marca.

Figura 48: Captura de pantalla / Catálogo de productos / [www.axisscientific.com](http://www.axisscientific.com)



#### 10.4.9. Simusuit



Figura 49: Imagen corporativa / [www.simusuit.com](http://www.simusuit.com)

SimUsuit es una empresa estadounidense, que fabrica maniqués de simulación y trajes para entrenamiento médico que incluyen: trajes bariátricos, trajes de obesidad, trajes de obesidad pediátrica, mangas de brazo y piernas con edema, y otros productos que pueden ser aplicados a la simulación de tratamientos con maniqués o personas reales. Pueden ser utilizados por cualquier persona involucrada en el ámbito de la educación, tratamiento y capacitación en simulación médica y bariátrica. El cuidado de pacientes obesos, bariátricos y con sobrepeso requiere una capacitación, consideraciones específicas y adecuadas para garantizar la seguridad del paciente y la del proveedor de la atención médica. Los trajes de obesidad SimUsuit permiten simular el tamaño real, la apariencia y el peso de pacientes bariátricos. Los trajes permiten agregar peso según el escenario de simulación y tratamiento, permitiendo enseñar de forma segura / adecuada para el creciente número de pacientes con sobrepeso en el sistema de atención médica de hoy (Simusuit.com, 2017).

Figura 50: Captura de pantalla / Catálogo de productos / [www.simusuit.com](http://www.simusuit.com)



#### 10.4.10. Sakamoto Model Corporation.



Figura 51: Imagen corporativa / [www.sakamoto-model.com/](http://www.sakamoto-model.com/)

Sakamoto Model Corporation es una empresa Japonesa dedicada al desarrollo de material de entrenamiento médico de emergencias, enfermería, inyectología, acupuntura, hemiplejia (Parálisis de un lado del cuerpo causada por una lesión cerebral o de la médula espinal), envejecimiento y moxibustión. Enmarca su trabajo bajo la idea que el personal médico mejora con la tecnología para dar mayor seguridad al paciente. Esta es la política inquebrantable en el desarrollo de productos de Sakamoto. Su vanguardia se fundamenta en el trabajo conjunto con especialistas, tecnología y usuarios (Sakamoto Model Corporation. 2017).

El modelo de innovación de Sakamoto está apoyando en el uso de tecnología médica en miniatura, mediante el uso de electrónica, sensores, y realismo en la simulación tales como la sensación de la piel. Aunque no todos los simuladores y modelos de entrenamiento incluyen circuitos electrónicos, sensores que retroalimentan la experiencia con el paciente. Entre los factores diferenciadores de Sakamoto, está el desarrollo de modelos únicos y novedosos de entrenamiento para colocar inyecciones, entrenamiento para la acupuntura y el desarrollo de simuladores de empatía para sentir problemas de la tercera edad.

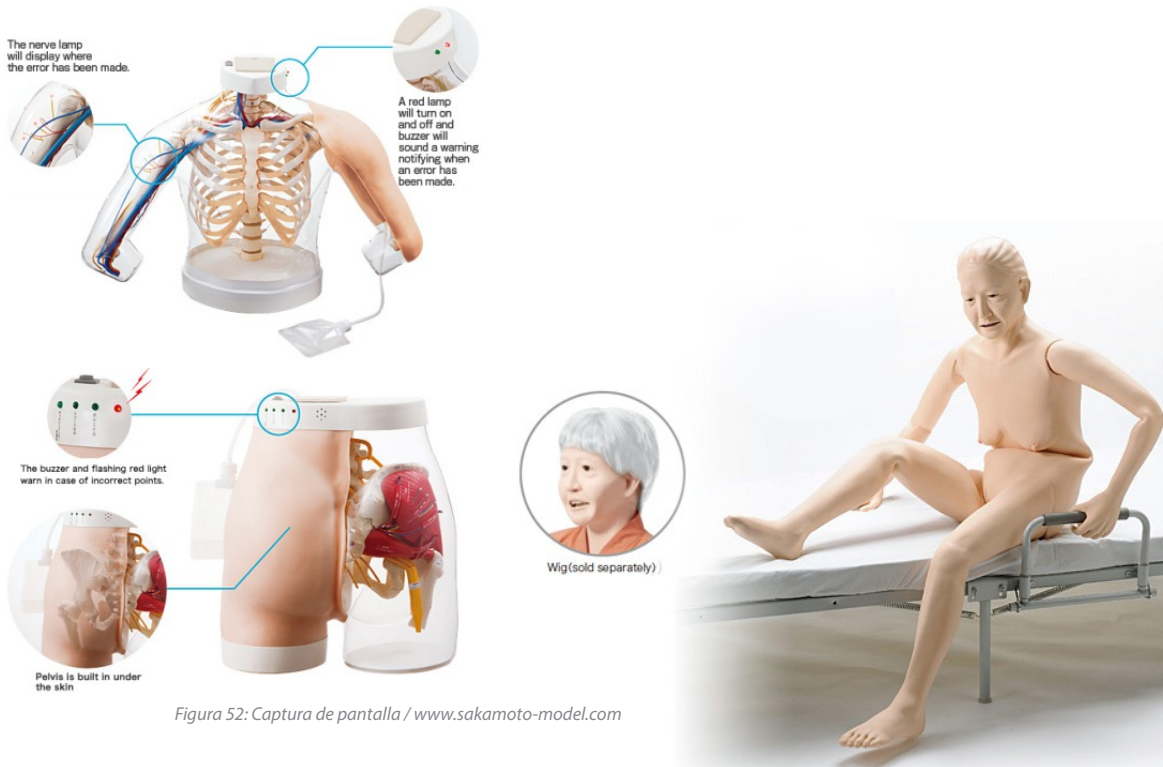


Figura 52: Captura de pantalla / [www.sakamoto-model.com](http://www.sakamoto-model.com)



#### 10.4.11. Kyoto Kagaku.



Figura 53: Imagen corporativa / [www.kyotokagaku.com](http://www.kyotokagaku.com)

Kyoto Kagaku se fundó en la posguerra de Japón en 1948, originaria de la Corporación Shimadzu, fundada por el Sr. Genzo Shimadzu en 1875. La división de especímenes de Shimadzu, Kyoto Kagaku se desarrolló junto con la modernización de Japón para satisfacer la necesidad de materiales educativos que revelaran eficientemente las crecientes complejidades del conocimiento. Han desarrollado y fabricado modelos, especímenes y otros instrumentos para la demostración, la simulación y la experimentación; su principio esencial es hacer que el conocimiento sea visible y tangible, al ayudar a la objetividad científica moderna. La reproducibilidad, la creatividad y la artesanía tienen el mismo valor en sus productos e instalaciones, fabricando modelos con precisión y durabilidad (Kyoto Kagaku. 2017).

En 1930 lanzan al mercado su primer maniquí, hecho de materiales sintéticos, contribuyendo a las mejoras en la educación escolar, la educación social, la investigación académica y el desarrollo de la industria de Japón. Con la reconstrucción del Japón de la posguerra y su crecimiento económico, su trabajo está cada vez más relacionado con las necesidades de la sociedad en general. Después de haber desarrollado con éxito técnicas para la reproducción de modelos a partir de materiales sintéticos, trabajan ampliamente en el campo de la protección del patrimonio cultural y de educación en museos e institutos.

En la actualidad, sus actividades comerciales van desde la educación básica en ciencias en la educación secundaria hasta los campos especializados en educación superior, especialmente la medicina. Kyoto Kagaku se preocupa, sobre todo, así sea en una pequeña parte, en seguir buscando el significado de la existencia de la vida. Buscan que con sus productos ofrezcan un impulso para el crecimiento en la calidad de la educación y la cultura de las nuevas generaciones.

##### Modelos anatómicos

1909: Modelo humano anatómico Shimadzu con músculos gana el premio de oro en la exposición internacional en Alaska-Yukon Océano Pacífico.

1925: La división de especímenes científicos educativos comienza la fabricación de modelos anatómicos.

1930: Fabricación de maniqués de fibras de pulpa de madera

1943: Cierre de la fábrica debido a la Segunda Guerra Mundial

1948: Reapertura de la fábrica y retoma del comercio con EE. UU.

1954: Fabricación de esqueletos resinosos

1955: Fabricación de modelos anatómicos resinosos

1964: Fabricación de modelos anatómicos de torso especial

1975: Desarrollo de modelos anatómicos humanos transparentes

1978: Fabricación de modelos de corazón anatómicos "Bayer"

1992: Desarrollo del modelo Junior Torso para la comprensión práctica.

2004: Desarrollo de modelos anatómicos blandos de extremidades superiores e inferiores.



*Modelos de entrenamiento:*

- 1963: Kyoto Kagaku comienza a fabricar modelos de cuidado de recién nacidos
- 1965: Fabricación de modelos de enfermería
- 1966: Fabricación de modelos de capacitación para enfermería
- 1979: Fabricación de modelo de enfermería de alta especificación "Keiko"
- 1980: Desarrollo del Modelo de Examen de Senos
- 1990: Fabricación de simuladores de catéteres para mujeres
- 1993: Desarrollo de maniquí de modelos de cuidado de recién nacidos y cuidado de niños
- 1995: Desarrollo del simulador "K", simulador de paciente de cardiología
- 1999: Desarrollo del modelo de enfermería multiusos "SAKURA"
- 2000: Desarrollo de Entrenador de Auscultación de Sonidos Pulmonares "LSAT"
- 2001: Desarrollo del brazo de entrenamiento intravenoso Simulator
- 2002: Desarrollo de simulador de examen EYE
- 2004: Desarrollo de simulador de examen EAR
- 2005: Desarrollo del simulador de inserción de catéter venoso central con método de ultrasonido
- 2006: Desarrollo del simulador de punción lumbar
- 2010: Desarrollo del simulador de evaluación de suturas

*Fantomas de rayos X y Ultra-Sonidos:*

- 1967: Desarrollo de Stomach Phantom en sociedad con Shimadzu Corp.
- 1982: Desarrollo de XUR con el Instituto de Investigación de Energía Atómica de Japón (JAERI) XUR, materia prima para los fantomas de rayos X, con la misma velocidad de transmisión de rayos X que el cuerpo humano.
- 1986: Exposición de nuevos fantomas de radiografía para RSNA (Sociedad Radiológica de América del Norte)
- 1988: Desarrollo de varios materiales para fantomas de rayos X (pulmones humanos, huesos y 3 tipos de músculos) con el Instituto Nacional de Ciencias Radiológicas
- 1991: Desarrollo de CT QA Phantom JIS Z-4923
- 1994: Desarrollo de Huesos Sintéticos y Fantomas SPECT JSP JIS Z-4922
- 2001: Desarrollo de Phantom CT multicorte
- 2004: Desarrollo del fantoma de cuerpo entero y fantoma de mamografía
- 2004: Desarrollo del fantoma de examen por ultrasonido
- 2005: Desarrollo de Chest Phantom N1 "LUNGMAN"
- 2006: Desarrollo de Angiographic Head Phantom ACS
- 2007: Desarrollo de Whole body Phantom PBU-50
- 2008: Desarrollo de Ultrasound Examination Phantom ABDFAN
- 2010: Desarrollo de FAST / ER FAN



Figura 54: Whole body phantom kyoto kagaku pbu-50.  
Use for X-Ray training / kyotokagaku.com



Figura 55: Full-Figure Circulatory System Model With  
Half Skeleton / kyotokagaku.com

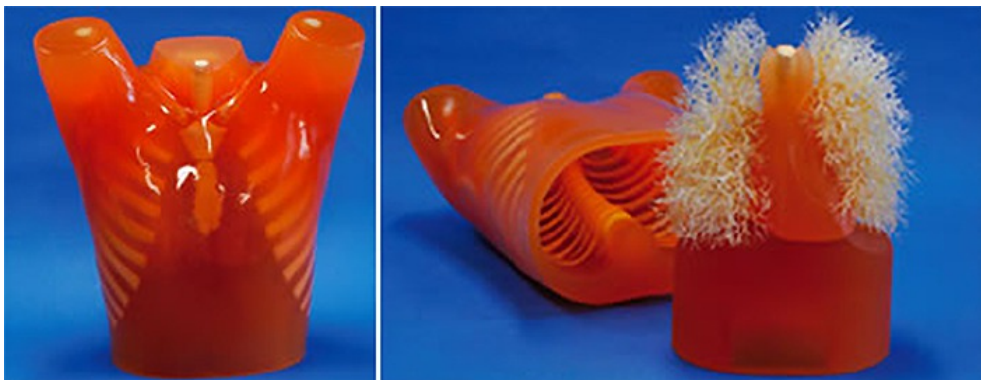


Figura 56: Multipurpose Chest Phantom Kyoto Kagaku N1 / kyotokagaku.com

#### 10.4.12. Denoyer-Geppert Internacional.



Figura 57: Imagen corporativa / denoyer.com

Denoyer-Geppert se fundó alrededor de 1916 en Estados Unidos. Anteriormente, los productos eran principalmente mapas y globos terráqueos, y la educación científica era una pequeña parte de las ofertas de la compañía. De hecho, el globo terráqueo "Cartograph" de Denoyer-Geppert es lo que le dio fama al nombre porque aparecieron en fotografías con los astronautas del Apolo a lo largo de la década de 1960 (Denoyer-Geppert Science Company Home. 2017). En la década de 1980, Denoyer-Geppert era una división de un gran conglomerado de publicaciones educativas. Los activos de la división se vendieron a Rand McNally a mediados de la década de 1980. Los productos de educación científica se convirtieron en lo que hoy se conoce como Denoyer-Geppert Science Company. A lo largo de la década de 1990, la compañía adquirió activos adicionales de educación científica en las disciplinas de química y kinesiólogía. En el siglo XXI, la compañía se asoció con muchos educadores de ciencias para desarrollar herramientas de aprendizaje innovadoras entre las que se destacan los modelos anatómicos descriptivos. Sus productos son intuitivos y existen para hacer que la ciencia sea más accesible para todo tipo de alumnos. "Esperan que los productos que crean, ayuden a los educadores a desarrollar las mentes brillantes de futuros pensadores, creadores y actores en los campos de STEM, Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)".



Figura 58: Captura de pantalla / Catálogo de productos / denoyer.com

### 10.4.13. Prestan.



Figura 59: Imagen corporativa / [prestanproducts.com](http://prestanproducts.com)

Prestan maniquies, desarrolla y comercializa productos de capacitación médica que atienden las necesidades de los mercados de atención de emergencias y atención médica en todo el mundo, fue fundado por personal de servicio de seguridad de emergencia que dependía de los mejores equipos y productos disponibles para prepararse en una situación de emergencia. Los productos que ofrecen son utilizados en todo el mundo por agencias de socorristas, departamentos de bomberos, hospitales, agencias gubernamentales, escuelas, instructores de RCP (resucitación cardio - pulmonar), así como por empresas y familias. Ofrece productos excepcionales a precios competitivos en su tienda online. En la industria de emergencias, es vital que se entreguen los productos rápidamente, de modo que este factor es uno de los valores competitivos más importantes de la compañía (Prestan Products LLC. 2017).



Figura 60: Captura de pantalla / Catálogo de productos / <http://www.prestanproducts.com/manikins.html>

#### 10.4.14. ProDelphus. Simuladores Quirúrgicos.



Figura 61: Imagen corporativa / [www.prodelphus.com.br](http://www.prodelphus.com.br)

ProDelphus es una empresa brasilera, dedicada al desarrollo de material de simulación para intervenciones quirúrgicas y material de apoyo al entrenamiento médico. A mediados de 2001 el equipo liderado por el Dr. Marcos Lyra, médico ginecólogo y videoendoscopista, percibió la necesidad de la creación de un simulador que, aplicado a la video-histeroscopia, permitiera la introducción vaginal e intrauterina de un resectoscopio, ofreciendo la posibilidad de visualizar miomas, pólipos, septos y las patologías existentes en el interior de la cavidad uterina. A partir de una preparación especial de tejidos animales, se creó el primer útero biológico para uso en histeroscopia quirúrgica, con patologías semejantes a las reales. Más de mil quinientos alumnos fueron entrenados por el equipo del Instituto Europeo de Ciencias Endoscópicas - IECE, utilizando este método innovador. Durante el período de aprendizaje, los alumnos se restringieron a la práctica utilizando sólo los simuladores quirúrgicos. No fue necesaria la participación de ninguna paciente para ser operada, ni por ello hubo ineficacia en la creación de percepciones sensoriales y tácticas durante los cursos. En ese momento surgió el primer simulador biológico desarrollado por ProDelphus, que pasó a llamarse ETXY, hoy utilizado en todo el mundo. El Simulador quirúrgico ETXY permite la utilización de todos los aparatos endoscópicos utilizados en una cirugía real y posibilita intervenciones histeroscópicas en todas las patologías posibles de ser realizadas dentro de una cavidad endometrial. (ProDelphus. 2017).

Las ventajas del método se encuentran en la semejanza anatómica, en la sensación de profundidad, en la visión bidimensional e incluso en la posibilidad de trabajar en presencia de sangrado. Micro catéteres retro-tumorales o reacciones químicas al corte, permiten un efecto realista en la simulación, donde se pueden presentar complicaciones como el sangrado. Esto impulsa al médico a tomar decisiones similares a las que ocurren en cirugías reales, pero sin la presencia del estrés, común en esta fase del entrenamiento. Entre el portafolio de productos de ProDelphus está la satisfacción de necesidades específicas de entrenamiento para propagar la enseñanza consciente y responsable, liderando en la creación y venta de simuladores realistas endoscópicos.

Su misión es ser una empresa que desarrolla nuevas tecnologías, métodos y materiales, contribuyendo a la modernización de la enseñanza quirúrgica utilizando simuladores, posibilitando el uso de estos recursos en la medicina práctica. Entre sus objetivos futuros está proyectar y construir más simuladores, que posibiliten mayor seguridad a pacientes y médicos en el proceso enseñanza / aprendizaje, desarrollando proyectos innovadores a partir de necesidades de la docencia quirúrgica. ProDelphus es la única empresa de Suramérica de referencia en el desarrollo de modelos anatómicos y simuladores de entrenamiento en áreas de la salud.



Figura 62: Catálogo de productos / ETXY/PROCTO / [prodelphus.com.br/](http://prodelphus.com.br/)



Figura 63: Catálogo de productos / Modelos de sutura laparoscópica [prodelphus.com.br/](http://prodelphus.com.br/)



Figura 64: Catálogo de productos / EVA LAPAROSCÓPICA II GERAÇÃO/ [prodelphus.com.br/](http://prodelphus.com.br/)



#### 10.4.15. Realityworks.



Figura 65: Imagen corporativa / [www.realityworks.com](http://www.realityworks.com)

Fundada en 1993 por dos ex ingenieros de la NASA, su primer producto fue un bebé de alta tecnología (Baby Think It Over®) que captó la atención de los maestros de inmediato, ya que proporcionó una experiencia más práctica y realista para los estudiantes. También llamó la atención de los medios nacionales como USA Today, The New York Times, Forbes, Newsweek, People, Oprah y más. Esto marcó el nacimiento de una empresa con alto potencial. Éste producto recibió con orgullo el codiciado premio "Producto del año" de la revista Fortune. Realityworks ofrece productos innovadores, relevantes y de calidad al mercado en la tradición del aprendizaje experiencial, utilizando la tecnología creativa para mejorar la vida, la investigación y el desarrollo de modelos anatómicos y simuladores de entrenamiento en áreas de la salud en colaboración con especialistas. Estas soluciones se usan en escuelas intermedias, secundarias y postsecundarias para involucrar a los estudiantes, enseñar habilidades necesarias para ejercer en las áreas de la salud y brindar oportunidades de exploración profesional. (Realityworks 2017).

Uno de sus principales pilares corporativos es el uso de tecnología interactiva. Buscando mejorar la condición humana en todo el mundo permitiendo a los educadores mostrar los resultados probables de los comportamientos y las elecciones en una situación real. Basan su proceso de diseño en la información científica más relevante y válida disponible en el momento. Según afirman, su éxito depende de seguir siendo rentables, pero la rentabilidad por sí sola no define su éxito. Miden su impacto por la cantidad de vidas que se modifican de manera positiva y cuán profundamente. Entre sus proyectos diferenciadores están:

- Simuladores y modelos infantiles: RealCare Baby® 3, Shaken Baby, Pregnancy Profile® Simulator, Drug-Affected Baby, Fetal Alcohol Syndrome Baby, Preemie Baby, Choking Baby, Resusci® CPR Baby, Infant Health and Safety Pack, Fetal Development Kit, Pregnancy Torso, Human Reproductive Systems Kit, Birth Model Set, Birth Process Kit, Storage Solutions.

- Entrenamiento Geriátrico: Geriatric Simulator, Geriatric Sensory Impairment Kit, Geriatric Medication Management Simulation Kit, Hemiplegia Simulator, Geriatric Nursing Manikin, Geriatric Skin Conditions Kit.

- Entrenamiento para enfermería: Blood Pressure Simulator, Geriatric Nursing Manikin, Pressure Injury Simulation Kit, Geriatric Skin Conditions Kit, Injection Pads, Buttocks Intramuscular, Injection Simulator, Upper Arm Intramuscular Injection Simulator, IV Administration Trainers, Injection & Training Arms, Catheterization Trainers.

- Modelos anatómicos: Pelvic Models, Urinary Models, Human Skeleton Models, Muscular Figures, Pathological Model of Uterus, Skin Model, Brain and Cerebral Arteries Model. Ciencia de Animales: Bovine Breeder artificial insemination simulator, Cow Model, Horse Model, Pig Model, Chicken Model, Animal Digestive Systems, Uterus Models, Kidney Models, Small Dog Model, Cat Model, Fish Model, Animal Cell Model.

Figura 66: Catálogo de productos / [www.realityworks.com](http://www.realityworks.com)

#### 10.4.16. Osteo3d.

# Osteo3d®

## 3d printing healthcare®

Figura 67: Imagen corporativa / [www.oste3d.com](http://www.oste3d.com)

Fundada en 2014, esta compañía Hindú se especializa en el desarrollo de modelos médicos impresos en 3D del sistema óseo y la creación de dispositivos e implantes a la medida para esta especialidad, ha desarrollado un software propio en la nube para cargar, editar y solicitar la impresión de modelos, facilitando el desarrollo, la logística y reduciendo los costos de estos modelos para planificación quirúrgica o entrenamiento (Osteo3d – 3d Printing Healthcare. 2017). Osteo3d promete reducir significativamente el costo y la eficiencia de procedimientos prequirúrgicos, quirúrgicos y posquirúrgicos complejos al ofrecer objetos impresos en 3D personalizados de alta calidad y soluciones de software patentadas a las que se puede acceder desde cualquier lugar y en cualquier momento. Adicionalmente Osteo3d ha lanzado un repositorio en línea de más de 100 modelos 3D médicos. La información del paciente es privada. Los modelos están disponibles para médicos y otros profesionales médicos registrados en línea, lo que les permite comparar los archivos 3D de sus propios pacientes con los modelos de Osteo3d. Los profesionales médicos pueden imprimir en 3D estos modelos en casa o donde tengan acceso a una impresora 3D. Si un médico o estudiante de medicina no tiene una impresora 3D, puede solicitar una impresión directamente desde Osteo3d. Osteo3d espera que, al colaborar con profesionales de la salud, la industria tecnológica y las instituciones académicas, ayude a facilitar el acceso y reducir los costos del uso de la impresión 3D en el campo de la atención médica. Entre su portafolio de proyectos se encuentran:

#### -Modelos médicos a la medida:

Modelos óseos personalizados para cada paciente, destinados a planificación quirúrgica y entrenamiento, resultando en una solución efectiva de alto valor agregado gestionada desde la nube.

#### -Órganos impresos en 3D personalizados:

Osteo3d crea modelos de órganos personalizados para cada paciente en diferentes colores para planificación quirúrgica y entrenamiento médico.

#### -Guías Quirúrgicas personalizadas:

Diseño y desarrollo de guías quirúrgicas para procedimientos personalizados para cada paciente. Estas guías ayudan en procedimientos quirúrgicos complejos tales como cabeza, cuello, cadera y rodilla entre otros.

#### -Casco pediátricos personalizados:

Diseño y desarrollo de cascos personalizados impresos en 3D para pacientes pediátricos de Craneosinostosis. Estos cascos están diseñados específicamente para cada paciente de acuerdo a la aprobación del doctor para el desarrollo apropiado del cráneo.



Figura 68: Catálogo de productos / [www.oste3d.com](http://www.oste3d.com)

**-Moldes para abertura craneal:**

Osteo3d diseña moldes personalizados para aberturas craneales. Esto proporciona una alternativa de bajo costo a los métodos convencionales asegurando la precisión del procedimiento y eficiencia en cada caso.



**-Diseño para implantes personalizado:**

Osteo3d utiliza procesos y software propio para crear diseños personalizados para implantes con geometría y formas complejas que otorguen bajos costos de fabricación mientras aseguran una funcionalidad apropiada.



Figura 69: Catálogo de productos / [www.osteo3d.com](http://www.osteo3d.com)

Figura 70: Osteo3D Online Repository of Medical Models for 3D Printing / [www.osteo3d.com](http://www.osteo3d.com)





#### 10.4.17. CAE Healthcare.



Figura 71: Imagen corporativa / caehealthcare.com

CAE Healthcare es una empresa Canadiense dedicada a la capacitación y entrenamiento en diferentes sectores productivos a nivel global. CAE Healthcare ofrece herramientas de aprendizaje de vanguardia y soluciones de simulación innovadoras para profesionales de la salud, lo que les permite desarrollar experiencias prácticas en múltiples plataformas de simulación antes de intervenir en un paciente real. Adicionalmente ofrece una amplia gama de simuladores quirúrgicos, toda una familia de simuladores de pacientes humanos, incluidos bebés, niños y adultos, incluyendo diseños que imitan escenarios médicos que incluyen trauma, ataque cardíaco, sobredosis de drogas y efectos del bioterrorismo. En la actualidad, más de 8,000 simuladores de CAE Healthcare se utilizan en todo el mundo en escuelas de medicina, escuelas de enfermería, hospitales, fuerzas de defensa y otras entidades. Entre su portafolio de productos, los más reconocidos por su diferenciación frente a la competencia son: Maniquí de habilidades clínicas, simulador de paciente adulto masculino, femenino, simulador de parto y de ultrasonido con Microsoft Hololens, simulador de paciente traumático, simulador de anestesia, simulador de paciente pediátrico, simulador infantil, simulador de neurología, simulador de entrenamiento por endoscopia y laparoscopia, simulador de cirugía cardíaca. (Cae.com, 2018).

CAE NeuroVR: Permite a los neurocirujanos y residentes practicar y desarrollar habilidades expertas en cirugía cerebral craneal y endoscópica abierta dentro de un entorno de entrenamiento inmersivo de realidad virtual. Con módulos que reproducen instrumentos realistas, imágenes y procedimientos neuroquirúrgicos abiertos.

CAE EndoVR: Es una nueva generación de simulación intervencionista en la que la realidad virtual, los hápticos y los casos de pacientes reales superan los límites de la simulación médica. Ofrece a los alumnos una exposición realista a un conjunto completo de anatomías y patologías, lo que resulta en una mayor confianza y comodidad en las técnicas de examen endoscópico.

Figura 72: CAE NeuroVR y CAE EndoVR / caehealthcare.com



CAE LapVR: Para el entrenamiento de cirugías por laparoscopia, ofrece a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades en sutura, nudos y ligadura de bucles, así como cirugías laparoscópicas frecuentes, como extirpación de la vesícula biliar y oclusión de trompas, para un aprendizaje sin riesgos antes de tocar a su primer paciente. El simulador admite diferentes configuraciones y complicaciones, para que al final de cada caso, los estudiantes sean retroalimentados con mediciones basadas en pruebas y resultados.

CAE LucinaAR con Microsoft HoloLens: (CAE Lucina Childbirth Simulator - CAE Healthcare. 2018) Es un avance en la simulación de atención médica, el primer simulador de pacientes del mundo con fisiología modelada que se representa en asombrosos hologramas anatómicos. Los estudiantes obtienen una visión dentro de la madre cuando el feto desciende del canal de parto, y son testigos de cómo sus acciones afectan la seguridad de la madre y el bebé. La integración de CAE de la realidad aumentada en un simulador con una fisiología receptiva ofrece una comprensión más profunda y una experiencia de capacitación compartida sin precedentes.

Figura 73: CAE LucinaAR con Microsoft HoloLens / caehealthcare.com



Figura 74: CAE LapVR / caehealthcare.com





#### 10.4.18. Symbionix.



Figura 75: Imagen corporativa antigua y nueva / [www.symbionix.com](http://www.symbionix.com)

Symbionix es un proveedor líder mundial de un espectro completo de soluciones innovadoras de capacitación y educación para profesionales médicos y la industria de la salud. Absorbido recientemente por la multinacional de impresión aditiva, 3D Systems, combina I + D innovadora, tecnología de vanguardia y sólidas relaciones clínicas para promover la adopción de las mejores prácticas médicas, avanzar en el rendimiento clínico y optimizar los resultados de los procedimientos. Las soluciones integrales de educación de la compañía incluyen simuladores médicos de primera línea y un sistema de administración de simulación específica para el paciente. Sus productos se pueden encontrar en centros de simulación, hospitales, universidades y otras instalaciones educativas en más de 60 países (Simulación personalizada, 2017).

La experiencia de la administración de la tecnología médica es clave para el éxito de la empresa. La amplitud de conocimiento y experiencia del equipo cubre todas las áreas esenciales para desarrollar, producir y distribuir productos de alta calidad que satisfagan las necesidades específicas del mercado. Todos los productos se desarrollan en colaboración con expertos médicos globales, que desempeñan un papel activo en el diseño de simulación, definición de contenido y prueba y validación de productos. La cooperación con las principales sociedades profesionales (incluidas SAGES, EAES y AABIP), las juntas de acreditación y las instituciones académicas de todo el mundo forman parte del establecimiento de planes de estudio basados en la simulación y el cumplimiento de los requisitos de certificación. Los resultados son algunos de los productos de capacitación en educación médica más confiables, robustos y efectivos que están disponibles en el mercado. Esta apuesta de 3D System sustenta de gran forma que la impresión 3D y el mundo médico son un complemento importante para el futuro de los negocios en el ámbito del entrenamiento médico.

Figura 76: Symbionix ARTHRO Mentor / [www.symbionix.com/simulators/](http://www.symbionix.com/simulators/)



### 10.4.19. Otros referentes relacionados.

Mercado referencia	Ejemplos	Historia	Página web		
Modelos Anatómicos Nacionales	Didacticos pinocho	DIDÁCTICOS PINOCHO S.A. se dedica al diseño, producción y comercialización de material lúdico, pedagógico, terapéutico y recreativo de la más alta calidad con el compromiso de satisfacer a plenitud los requerimientos de sus clientes y usuarios cumpliendo con los requisitos legales aplicables, sus productos son elaborados con materiales atóxicos, no inflamables y que cumplen con los requisitos de dimensiones mínimas, bordes seguros, etc.	<a href="http://www.didacticos-pinocho.com/">http://www.didacticos-pinocho.com/</a>		
Atributos tecnológicos		Rango de Precio	Valores agregados (Marca/producto/concepto)	Beneficios	Desventajas
-No es claro si son producidos localmente o solamente se dedican a la distribución.		Entre 40.000 y 400.000 pesos colombianos.	- Diversidad de modelos para la enseñanza en ciencias.	▲	▲▲
▲	- Modelos que ilustran las estructuras anatómicas diferenciándolas con colores y texturas para su fácil ubicación. - Vida útil del producto prolongada: la conservación de estos modelos en el tiempo es larga.		▲	- Diversificación del negocio (Hombre, Mujer, Bebés, Secciones) - Aprendizaje tridimensional visual. - Bajo costo de mantenimiento. - Empresas Multinacionales, varios años de experiencia.	Modelos costosos, una gran mayoría de los modelos sirven para aprender sobre estructuras muy básicas pero para estudios avanzados de anatomía en educación superior no son lo más recomendados. Únicamente presentan estructuras estándar sanas. No representan las características (peso, tamaño, tacto texturas)
Mercado referencia	Ejemplos	Beneficios		Desventajas	
Libros	Anatomía Netter Anatomía para estudiantes de Gray Anatomía Clínica. Editorial Médica Panamericana Compendio de Anatomía Descriptiva TESTUT	Información completa y detallada, bajo costo en relación al tipo y cantidad de información que contiene		Las herramientas de educación han evolucionado, la información estática no facilita la educación de los estudiantes, ocupa espacio, no se actualizan, debe comprarse algo nuevo para suplir este factor, pesado al cargar.	
Tabletas Interactivas	Amatamage Table	Muestra un espécimen muy realista, visualización en 3d, El alumno puede interactuar con el cuerpo humano, Se puede conectar a un proyector para mejor visualización, muestra patologías, Puede desplazar la anatomía escala real de un humano, puede ser usada para estudios de radiología, consulta de pacientes, cirugías.		Dimensiones y peso de la tabla, costo de adquisición y mantenimiento, La interacción y el tiempo de respuesta es lento. Las actualizaciones no son tan frecuentes.	
Mercado referencia	Ejemplos	Beneficios		Desventajas	
APPS	Órganos 3D (anatomía) Anatomy Learning - 3D atlas Teach me Anatomy Sistema muscular 3D Huesos humanos 3D Anatomía músculos 3D Anatomy Visible body	Fácil para el aprendizaje al presentar modelos tridimensionales de los órganos de forma interactiva, Representación de cada órgano en diferentes colores, Posibilidad de ver el cuerpo desde diferentes puntos de vista, zoom in -zoom out, imitando un modelado 3d. Descripción específica de cada órgano en poco espacio, facilidad de uso y de actualizar, llamativas para los estudiantes, utilizan recursos multimedia (sonido, animación), practicidad en los procesos de enseñanza, exactitud, transferencia y detalle de los elementos a estudiar, Bajo costo.		Interacción tridimensional pero en una interfaz de dos dimensiones, Dificultad de apropiación de la información al no aprender táctilmente.	
	Socio cultural	Beneficios		Desventajas	
Especímenes	La comunidad científica de profesionales de la salud que han aprendido con especímenes, asumen la importancia y prefieren seguir interactuando con especímenes pese a las restricciones éticas, costos y mantenimientos que estos generan.	Aproximación real del estudiante a la anatomía interna de un ser humano, aprendizaje tridimensional y espacial de la ubicación de los órganos y sus relaciones. Formación ética respecto al cuerpo humano y su tratamiento.		Restricciones legales y éticas, altos costos de manutención, Deterioro continuo del espécimen, se requieren espacios adecuados para las prácticas, no resaltan las características esenciales a estudiar por descomposición, no representa ni conservan las características de los tejidos vivos.	

Tabla 1: Mercados de referencia. Desarrollado por el autor.

## 10.5. Referentes Projectuales. Impresión 3D + Salud.

En cuanto a la relación de las tecnologías como la impresión 3D con la investigación y su impacto en áreas de la salud, la obtención física del objeto y la fabricación digital en la industria médica, es importante revisar los referentes projectuales como elemento importante en el proceso de investigación y diseño debido que, al permitir optimizar la información referente, también permite que un cambio de paradigma, aporte al conocimiento, diseño de la investigación, enfoque de esfuerzos, y otros factores, sean pertinentes para el medio local donde se espera explotar e implementar los resultados de la investigación. Este proceso es de vital importancia para que no afecte severamente las tareas subsecuentes, ni que un cambio en el proceso de investigación o resultados de otras investigaciones afecte etapas sucesivas. Se trata de no repetir esfuerzos, si no de aportar y tener un panorama amplio del campo de investigación. Como nicho de investigación, se buscó información en medios con los que trabajan profesionales médicos y odontólogos que hayan o estén introduciendo tecnologías 3D en sus prácticas, incluida la planificación quirúrgica, simulaciones, modelos anatómicos, guías preoperatorias, implantes dentales y prótesis.

### 10.5.1. The Jacobs Institute. Modelos vasculares.

El Instituto Jacobs (Jacobs Institute, 2017), es un instituto de investigación especializado en enfermedades vasculares, en el año 2015 se asoció con Stratasys (empresa líder en soluciones de tecnologías aditivas) para crear un Centro de Excelencia (COE, Center of Excellence) con el objetivo de ayudar a los médicos e investigadores a avanzar en el uso de la impresión 3D como herramienta de una amplia gama de aplicaciones médicas. El Instituto Jacobs se encuentra en Buffalo, Nueva York, y es parte del Campus Médico Buffalo-Niagara. En sus laboratorios cuentan con una impresora 3D Stratasys Objet500 Connex3, que sirve tanto para prototipar nuevos tipos de dispositivos médicos como para crear modelos personalizados para cada paciente, así como para enriquecer la educación clínica y la capacitación. El COE también sirve como un referente mundial para hospitales, clínicas, laboratorios e instalaciones de investigación que están considerando agregar o acelerar el uso de la tecnología de impresión 3D en las áreas de la salud. (Stratasys Blog, 2017). El proyecto más destacado realizado por el equipo conformado por Stratasys, el Instituto Jacobs, médicos del Kaleida Health's Gates Vascular Institute (Health, K, 2017), y los ingenieros biomédicos en la Universidad de Búfalo, fue el diseño de un nuevo enfoque revolucionario para preparar cirugías complejas de aneurismas cerebrales, realizando réplicas impresas en 3D del sistema vascular, tomando la imagen médica del aneurisma según sus escaneos para generar una réplica exacta de la anatomía completa del vaso cerebral. Con las réplicas impresas se aumentó la confianza de los cirujanos, se redujeron significativamente los riesgos asociados con estas complejas cirugías y se mejoró el proceso de planificación de esta condición casi fatal.

*“Las opciones de tratamiento típicas son muy riesgosas, ya que no hay dos casos idénticos que requieran un profundo conocimiento de la anatomía vascular única de cada paciente. Con la ayuda de las soluciones de impresión 3D PolyJet de Stratasys, los cirujanos de algunos de los hospitales más importantes del mundo ahora pueden localizar rápidamente áreas afectadas en pacientes individuales y practicar cirugías en modelos anatómicos realistas impresos en 3D. Se espera que esto reduzca drásticamente los riesgos asociados con demoras y complicaciones derivadas de diagnósticos en tiempo real en el procedimiento”, dijo Scott Radar, Gerente General de Soluciones Médicas en Stratasys. (Stratasys. 2017).*

Figura 77: Modelo impreso 3D / Guía para cirujanos para el tratamiento exitoso del aneurisma cerebral / [stratasys.com](http://stratasys.com)



### 10.5.2. NecropSynth. Animales para disección.

La disección de animales, denominada necropsia ha sido un componente integral del estudio de la biología durante mucho tiempo. Los profesores de biología enfatizan el valor del aprendizaje práctico que los estudiantes obtienen de la disección de animales, mientras que, por otro lado, los éticos se burlan de la idea de matar seres vivos por el simple hecho de educarse.

NecropSynth (NecropSynth, 2017), plantea una solución para esta problemática, teniendo como objetivo diseñar y vender modelos artificiales de animales tridimensionales impresos en 3D para disección, tan similares a los animales reales como sea posible, para reemplazar animales vivos en aulas y laboratorios. NecropSynth es la combinación de dos palabras: "necropsia", que significa una autopsia realizada en un animal y "sintético", que significa algo hecho artificialmente. El equipo de trabajo, espera diseñar un animal completo con su piel, vasos sanguíneos, huesos, músculos y órganos. Quiere asegurarse de que cuando un estudiante de biología o veterinaria abra su modelo artificial con un bisturí, sea recibido con vasos sanguíneos y órganos tal como lo estaría si estuviera disecando un animal real. El equipo seleccionó la impresión 3D como el método de fabricación principal, ya que es el único método que puede garantizar la complejidad y precisión que el equipo espera lograr.

El primer modelo que piensan sacar al mercado es el de una rata, al ser el animal más utilizado en la investigación biomédica. Se estima que se matan entre 6 y 12 millones de animales cada año en investigaciones en todo el mundo. Según su sitio web, SynthDawley será un modelo macroscópicamente preciso de una rata adulta. El equipo está trabajando primero en las estructuras más complejas, a saber, los vasos sanguíneos. El equipo no solo quiere estructuras rígidas similares a tuberías; quiere llenar esas tuberías con líquido artificial para imitar los vasos sanguíneos llenos de sangre. Según afirman, esta investigación apunta a futuro a crear órganos artificiales, modelos de pruebas clínicas de medicamentos y tratamientos de enfermedades, a partir de los descubrimientos y desarrollos que se obtengan.

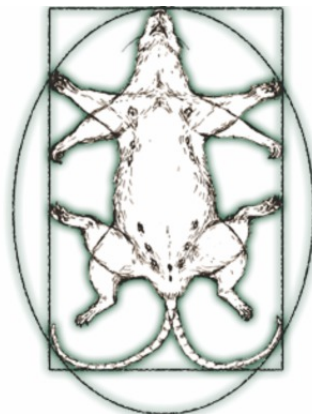


Figura 78: Imagen corporativa / @NecropSynth

### 10.5.3. UCLA y Materialise, Cirugía de corazón.

Un equipo de cardiólogos de UCLA (Universidad de California en Los Ángeles), en cabeza del Dr. Jamil Aboulhosn, realizaron una operación de reemplazo de una válvula cardíaca que regula la sangre que se bombea del corazón a los pulmones en un paciente de 66 años, una operación de gran dificultad debido a la calcificación de las arterias y un historial de cirugías previas del paciente. El equipo médico decidió utilizar un enfoque menos invasivo para reemplazar la válvula que una operación a corazón abierto, dada la estructura única del corazón del paciente, el equipo tomó los pasos adicionales de imprimir un modelo tridimensional de su corazón que podría usarse para practicar diferentes procedimientos antes del procedimiento real. La pregunta clave que necesitaban responder era si una válvula de reemplazo se alinearía y se ajustaría a las arterias pulmonares inusualmente grandes del paciente. (UCLA Heart and Vascular Services, 2017)

Aprovechando la tecnología de impresión 3D se creó un modelo impreso en material flexible para representar el músculo cardíaco y el tejido vascular, con propiedades similares a los tejidos y otras estructuras en el corazón utilizando una tomografía computarizada del corazón del paciente, de igual forma se demarcaron las áreas del modelo que estarían hechas de un material más rígido para simular depósitos de calcio (UCLA Health. 2018). Habiendo practicado en el modelo impreso en 3D, los médicos realizaron el procedimiento real en el paciente. Guiaron la válvula y el stent hasta el corazón a través de una pequeña vena en la ingle usando un pequeño tubo llamado catéter, un procedimiento mínimamente invasivo. Con tecnologías como la impresión en 3-D y los avances en procedimientos mínimamente invasivos, los pacientes cardíacos congénitos que podrían no haber sobrevivido a la infancia hace 40 años pueden llevar vidas plenas y normales en la actualidad. Los modelos creados a partir de la impresión 3D son cada vez más realistas, “incluso ahora, nos permiten predecir qué estrategias podemos usar y en qué pacientes. En el futuro, se usarán no solo para simular procedimientos sino también para permitir un desarrollo más rápido de nuevos dispositivos para ayudar a pacientes individuales” afirma el doctor Aboulhosn. El modelo del corazón de Whitaker fue creado por Materialise, un proveedor de software y servicios de impresión 3D. (UCLA Heart and Vascular Services, 2017)

Figura 79: UCLA doctors use 3-D printed model to guide tricky heart valve replacement / UCLA Health



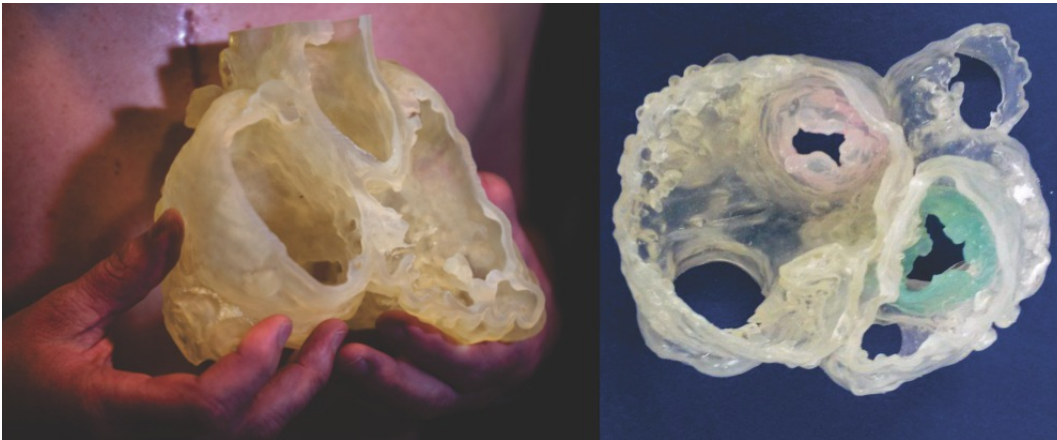


#### 10.5.4. Spectrum Health. Imágenes Híbridas.

Spectrum Health, es una organización sin fines de lucro, integrada y administrada por un grupo de 12 hospitales de atención médica con sede en West Michigan desde 1997. En 2015, aportaron de forma significativa al desarrollo de modelos anatómicos impresos para cirugías cardíacas. Los cirujanos han estado usando modelos 3D impresos de los corazones de sus pacientes para la planificación preoperatoria y la estrategia desde hace un tiempo. Aunque todavía no es completamente rutinario, la práctica se ha convertido en un proceso relativamente común para cirugías cardíacas difíciles, complejas o excesivamente peligrosas. Los modelos impresos para estos procedimientos a menudo pueden brindar a los médicos una mejor idea de lo que verán cuando abren a un paciente y reducir drásticamente la duración de la operación al eliminar la necesidad de sondeos quirúrgicos o explorar el sitio del defecto que se repara. Sin embargo, el modelo 3D es tan bueno como los datos utilizados para crearlo, y actualmente ningún método singular para obtener un modelo 3D de un corazón es perfecto. (Spectrum Health, 2017).

Spectrum Health es el primer proveedor de servicios de salud que desarrolla un proceso para combinar datos virtuales de múltiples imágenes médicas. El modelo híbrido impreso en 3D tiene muchos más detalles que los modelos creados con técnicas estándar. El proyecto Spectrum Health 3-D Heart Model abrió el camino para que las técnicas de CT (tomografía computarizada), 3DTEE (ecocardiografía 3D por ultrasonido) se utilizasen en combinación con una tercera herramienta: la resonancia magnética, comúnmente conocida como MRI. Según el Dr. Vettukattil, líder del proyecto, cada herramienta de imágenes tiene diferentes fortalezas, que pueden mejorar la impresión en 3-D (Grunewald, S. 2017). La CT mejora la visualización de la anatomía externa del corazón, la MRI es superior a otras técnicas de imágenes para medir el interior del corazón, incluidos los ventrículos derecho e izquierdo o las cámaras principales del corazón, así como el tejido muscular del corazón y la 3DTEE proporciona la mejor visualización de la anatomía de las válvulas. El modelo 3-D permite a los cirujanos cardiovasculares hacer una determinación más precisa de lo que realmente les espera antes de abrir el tórax de un paciente. El modelo tridimensional impreso de corazones de pacientes se ha vuelto más común en los últimos años, como parte de un campo experimental emergente dedicado a la visualización mejorada de las estructuras cardíacas individuales.

Figura 80: Corazón impreso del paciente Nicholas Borgman / proyecto Spectrum Health 3-D Heart



### 10.5.5. Universidad Médica de Fujian. Ortopedia personalizada.

Cirujanos del hospital afiliado a la Universidad Médica de Fujian en China, utilizaron un modelo personalizado impreso en 3D de la columna vertebral, realizaron una cirugía para tratar el estrechamiento de su canal espinal, específicamente para planificar la fijación de tornillos pediculares en un paciente con una condición conocida como estenosis espinal. No es que la cirugía realizada en cualquier área del cuerpo se pueda hacer al azar, pero operar en la columna vertebral es particularmente riesgoso, ya que cualquier pequeña inexactitud en el movimiento puede causar daños irreparables en las articulaciones y los nervios. (Open BioMedical Initiative - We Help. 2017). A pesar de que este tipo de problema de la espalda es relativamente común en las personas mayores, cada caso sigue siendo único ya que hay una combinación de causas, ubicaciones afectadas, fisonomía y grados de gravedad. (Wilcox, B., et.eal. 2017).

Actualmente tener un modelo en 3D en la mesa de operaciones que permita visualizar las estructuras anatómicas a intervenir, es una parte vital de la preparación del equipo médico para abordar al paciente que está en el quirófano. El equipo médico imprimió el modelo a escala real de la región lumbar de la columna vertebral del paciente, tanto para el estudio previo como para tener como referencia en la sala de operaciones al momento de realizar las incisiones. En esta oportunidad además del modelo físico, los cirujanos fueron ayudados por la información proporcionada por un modelo 3D digital presentado en un monitor durante la operación. El hecho de poder prepararse para la cirugía mediante el examen del modelo espinal impreso en 3D del paciente significa que los médicos podían hacer una incisión mucho más precisa en el lugar exacto por donde pudieran entrar con el instrumental necesario, esto en vez de hacer un corte más grande en caso de que se pudieran encontrar algunas variaciones desconocidas. (Eltorai AE, 2015). Esto significa una reducción en el tiempo de recuperación necesario para los pacientes, también una reducción en el tiempo de cirugía debido a la preparación previa del equipo médico para un caso específico.

Figura 81: Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D / Universidad Médica de Fujian.

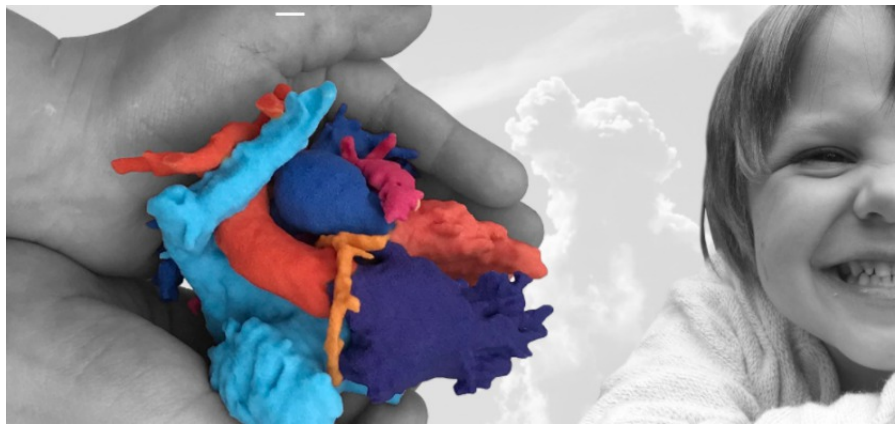


### 10.5.6. Proyecto OpHeart

OpHeart es una empresa dedicada a mejorar las probabilidades de supervivencia y calidad de vida de los bebés que nacen con defectos cardíacos potencialmente mortales. OpHeart se esfuerza por ser un recurso para los cardiólogos y les proporciona algunas herramientas y recursos que necesitan para lograr los mejores resultados posibles en el tratamiento de sus pacientes. Con ese fin, han creado un modelo de gestión y servicios para proporcionar modelos impresos personalizados en 3D de corazones complicados a los equipos de atención cardíaca pediátrica. De esta forma buscan brindar una opción adicional para planificación y práctica y así realizar una cirugía con mayores probabilidades de éxito. El objetivo de la empresa es empoderar a las familias después de un diagnóstico difícil de asimilar, sobre alguna condición que tengan sus bebés. Se pretende que los padres comprendan mejor el diagnóstico al tener el corazón en sus manos y puedan tener las opciones más claras de los potenciales tratamientos o hasta luchar contra la negación de la cobertura y tratamientos. Por otra parte, brindar a los cirujanos cardíacos una herramienta más para planificar el mejor procedimiento posible antes de la intervención real. (OpHeart | Practice hearts make perfect surgery. 2017).

OpHeart cree que la impresión 3D es el futuro de la atención médica personalizada, entendiendo que cada corazón tiene tantos signos distintivos como nuestras caras, y para el tratamiento de defectos cardíacos potencialmente mortales, la capacidad de imprimir en 3D réplicas de los corazones de los pacientes antes de una cirugía puede convertir algo inoperable en algo operable. Si bien no es necesariamente una herramienta de salvación, sí puede ser apropiado para algunos diagnósticos, las aplicaciones de la impresión 3D para el cuidado cardíaco pediátrico son numerosas. Actualmente han lanzado varias iniciativas para apoyar y promover la impresión 3D en medicina no sólo para aplicaciones pediátricas. Entre los objetivos de la empresa está que todos los niños con un defecto cardíaco potencialmente mortal se beneficien de esta tecnología. Es por eso que con su iniciativa global "Corazón en mano", se comprometen a realizar todos los estudios posibles para proporcionar una copia impresa en 3D del corazón de cualquier paciente con cardiopatía coronaria anticipándose a una cirugía o cateterización, independientemente de la capacidad de pago. Ellos se comprometen a partir del arribo de imágenes médicas apropiadas como tomografías o resonancias magnéticas a brindar servicios de segmentación, revisión y aprobación del modelo, imprimir en 3D en alianza con 3D Systems y enviar el modelo a cualquier parte del mundo. (OpHeart | Practice hearts make perfect surgery. 2017).

Figura 82: Corazón impreso en 3D para planeación de cirugías / opheart.org



### 10.5.7. Boston Children's Hospital - Simulator Program.

SIMPeds Rapid 3D Print and Prototyping Service, es un servicio interno de prototipado rápido e impresión 3D para planificación pre-quirúrgica, producción, investigación y desarrollo de dispositivos pediátricos del Boston Children's Hospital (SIMPeds 3D Print - Simulator Program. 2018), hace parte de su programa de simulación en pediatría, que además incluye divisiones de entrenamiento, investigación, ingeniería y redes. La misión del programa de prototipado rápido es aplicar técnicas experimentales de vanguardia para optimizar las relaciones entre humanos y la tecnología para reducir el riesgo, el miedo y la ansiedad, creando experiencias y resultados de calidad superior en el cuidado de la salud. El taller de ingeniería y diseño del programa de simulación está organizado en un estilo de *makerspace* y tiene espacios de experimentación en diversas tecnologías como la realidad virtual.

La misión del programa es avanzar en las técnicas de simulación médica y acelerar la innovación de dispositivos en todo el hospital. Esta estructura de servicios cuenta con impresoras de última generación, herramientas de fabricación, mecanizado, y personal con experiencia radiológica y técnica, donde casi cualquier parte de la anatomía humana se puede imprimir en 3D a partir de una Tomografía Computarizada (CT) o una Resonancia Magnética (MR). Igualmente diseña y fabrica dispositivos y productos mecánicos que serán utilizados en los procedimientos médico-quirúrgicos. En sus procesos internos de trabajo garantizan la entrega de los modelos por lo menos una semana antes de una cirugía, si el proceso de planificación comienza con por lo menos cuatro semanas de antelación. (SIMPeds 3D Print - Simulator Program. 2018).

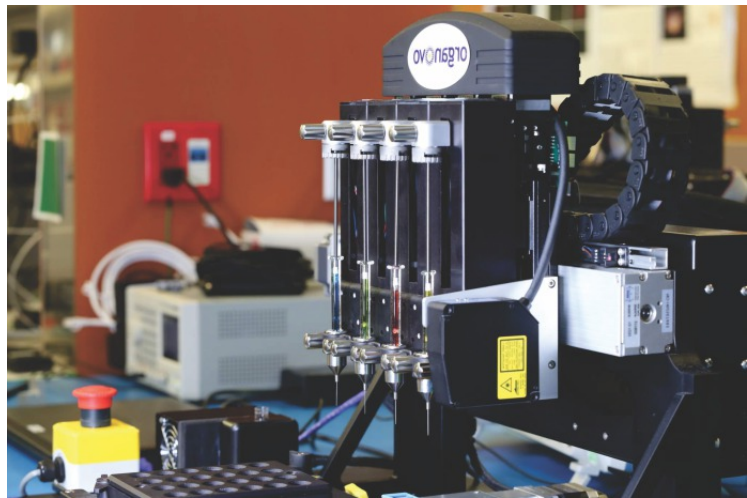
Figura 83: Instalaciones del Inventor Lab / Boston Children's Hospital / SIMPeds program.



### 10.5.8. Organovo.

Organovo es una empresa de investigación y laboratorio médico en etapa experimental que diseña y desarrolla tejido humano tridimensional funcional (también conocido bioimpresión 3D) para investigación médica y aplicaciones terapéuticas. Organovo fue fundada en 2007 en San Diego, California. La compañía utiliza su NovoGen MMX Bioprinter desarrollada internamente para sus procesos de bioimpresión 3D (Organovo, 2017). Los métodos utilizados para la bioimpresión 3D de células son fotolitografía, bioimpresión magnética, estereolitografía y extrusión directa de células. En cada proceso, se requiere una biopsia física de un órgano. Ciertas células de la biopsia se aíslan y se multiplican. Estas células luego se mezclan con un material licuado que proporciona oxígeno y otros nutrientes para mantenerlos vivos fuera del cuerpo humano. Luego, la mezcla se coloca en un cartucho de impresora y se imprimen en una matriz preestablecida en 3D. La compañía imprime bioimpresiones y comercializa tejidos humanos como un medio para acelerar el proceso preclínico de pruebas y validación de fármacos, permitiendo que los tratamientos se formulen y creen más rápidamente a un menor costo, y sin riesgos inmediatos para sujetos vivos de prueba. Organovo tiene la expectativa que a largo plazo esta tecnología podría ser adecuada para las terapias quirúrgicas con la intención de poder replicar órganos humanos completos para trasplantes. Organovo está asociada con compañías biofarmacéuticas y centros médicos académicos para diseñar, construir y validar sus tejidos *in vitro* en escenarios de prueba con enfermedades y toxicología. Los tejidos de prueba vivos proporcionan a los investigadores la oportunidad de probar medicamentos antes de administrarlos a una persona real; esto ayuda a cerrar la brecha entre las pruebas preclínicas y los ensayos clínicos. En 2015, Organovo firmó un acuerdo para proporcionar procesos y tecnología para producir piel humana impresa en 3D a L'Oreal para su uso en pruebas de seguridad y eficacia de productos cosméticos. (Organovo's Scientific Founder, presents on bioprinting at TEDMED. 2017).

Figura 84: NovoGen MMX Bioprinter for 3D bioprinting. // organovo.com



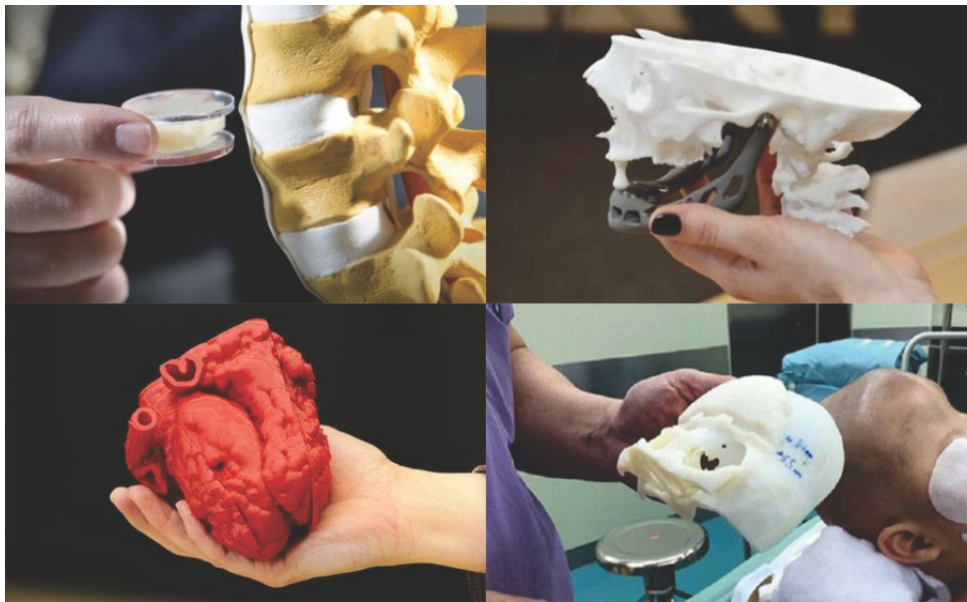


### 10.5.9. Shanghai Children's Medical Center.

El centro de investigación médica digital en 3D en el centro médico para niños de Shanghái, es el resultado de la unión con la empresa Materialise en 2015, gracias al continuo éxito del uso de la impresión 3D para ayudar en los procedimientos quirúrgicos el país (3ders.org. 2018). En lo que respecta a las aplicaciones para la impresión 3D en la industria médica, los médicos chinos han sido uno de los actores más destacados de la tecnología a nivel mundial y la han utilizado para una gran cantidad de propósitos relacionados con la medicina. Entre otros proyectos, la unidad de impresión 3D pediátrica del hospital se centra en la investigación de imágenes médicas pediátricas, modelado digital, fabricación 3D y la experimentación con nuevas formas de utilizar la impresión 3D en aplicaciones clínicas. (Shanghai Children's Medical Center Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine. 2018).

Si bien la impresión 3D ha demostrado ser efectiva en procedimientos quirúrgicos para pacientes de todas las edades, ha sido especialmente efectiva en casos de niños pequeños, especialmente recién nacidos, cuyos órganos internos son más pequeños y más sensibles que los órganos de adultos. Al crear una réplica de un órgano impreso en 3D antes de una cirugía potencialmente mortal, los médicos pueden practicar su procedimiento con la réplica y utilizarla como referencia durante la cirugía. (Shine.cn. 2018). Según los expertos de Materialise, la mayoría de las aplicaciones de impresión 3D para la unidad pediátrica se centran en enfermedades complejas, incluidas las cardiopatías congénitas, las formaciones de cráneo prematuras y el ablandamiento bronquial congénito. Además de ayudar a apoyar a los médicos antes de una cirugía, los modelos también se pueden reciclar y utilizar como referencia en las clases de medicina. Materialise supone que probablemente solo sea una cuestión de tiempo antes de que otros hospitales de todo el mundo abran sus propios laboratorios de impresión 3D. (3ders.org. 2018).

Figura 85: Captura de pantalla de proyectos gestionados por el Shanghai Children's Medical Center. / shine.cn





### 10.5.10. Impresión de fetos en 3D.

Más allá de ser una tendencia de moda creada en 2016, popularizada por la tendencia norteamericana de “fiestas reveladoras de género”, la impresión 3D de fetos ya sea del cuerpo completo o solamente de su cabeza y hombros es una herramienta para que padres invidentes puedan palpar y sentir la emoción de las primeras imágenes médicas en los controles prenatales. Las personas que han tenido la oportunidad de ser padres saben la importancia y la maravillosa sensación que otorga la ecografía prenatal, siendo un evento que cambia la vida de los futuros padres, la imagen de la ecografía se convierte en un objeto valioso que a menudo es compartido y mostrado entre familiares y amigos. Lamentablemente para las personas con discapacidad visual no poder disfrutar plenamente de esta experiencia valiosa durante el embarazo era un problema. Sin embargo, por iniciativas como la de Jorge Roberto López dos Santos, un diseñador industrial del Instituto Nacional de Tecnología de Brasil, quien proporciona un servicio de impresión 3D a partir de ecosonogramas de fetos de tamaño natural. Su compañía “Tecnología Humana 3D” (Tecnología Humana 3D. 2017), está desarrollando nuevos métodos para construir modelos tridimensionales utilizando los datos de las ecografías y otras técnicas de imagen que no sean perjudiciales para el futuro bebé o su madre. López afirma que su empresa trabaja principalmente para ayudar a los médicos cuando existe una posibilidad de malformación y con la cual han podido descubrir casos de síndrome de Down, labio leporino, siameses, entre otros. Aunque no deja de lado un mercado y negocio cada vez más popular como el de impresión de fetos en 3D como recuerdo.

Figura 86: Captura de pantalla, catálogo de productos / [www.feto3d.com](http://www.feto3d.com)

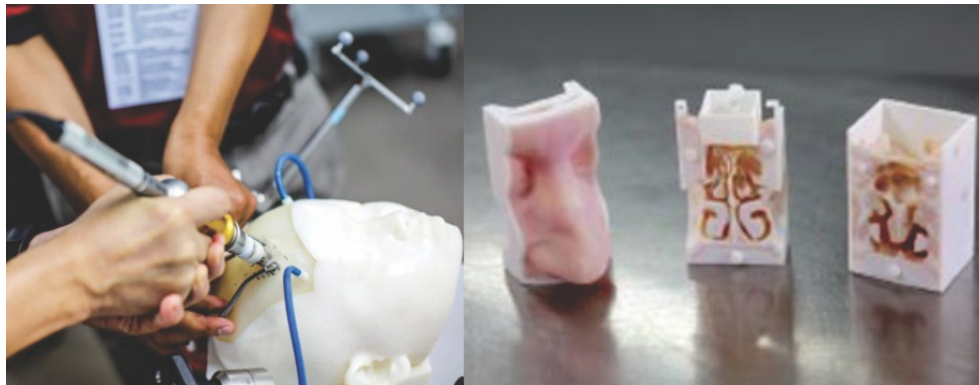


### 10.5.11. Universidad de Malaya, (CBMTI).

El Centro de Integración Biomédica y Tecnológica (CBMTI) de la Universidad de Malaya utiliza la tecnología de impresión 3D multimaterial tipo Polyjet para ofrecer implantes médicos personalizados, prototipos de validación para nuevos dispositivos, modelos personalizados de pacientes para la planificación quirúrgica y sofisticados simuladores de capacitación para procedimientos clínicos (Cbmti. 2018). Al identificar la anatomía y la patología, los ingenieros de CBMTI convierten las tomografías computarizadas y las imágenes de resonancia magnética (MIR) del paciente en archivos de diseño digital, que posteriormente son impresos para convertirlos en algo tangible. Los modelos multi materiales impresos en 3D pueden replicar la complejidad y la amplia gama de patologías del paciente, convirtiéndolas en herramientas superiores para la educación médica. Estos modelos son utilizados por una amplia gama de especialidades, en las que se destacan la neurocirugía, oftalmología, otorrinolaringología, cardiología y oncología, donde estas tecnologías juegan un papel de estandarización de técnicas de enseñanza y evaluación de los aprendices. (Stratasys Blog. 2017).

CBMTI imprime en 3D modelos detallados de múltiples materiales que imitan la anatomía real, incluso hasta el tumor de un paciente específico para su estudio. Con la impresión 3D avanzada de múltiples materiales, el CBMTI puede fabricar modelos que presentan diferentes texturas y densidades superficiales o interiores sin restricción de alguna parte del cuerpo humano. CBMTI desarrolla cursos de capacitación en asociación con líderes en diversos campos. Juntos, identifican a un paciente con la anatomía y la patología que desean entrenar a los médicos para tratar. Los ingenieros de CBMTI luego convierten los escaneos CT y MRI del paciente en archivos de diseño digital y seleccionan los materiales que mejor se ajustan a las características físicas, táctiles y de color de la anatomía objetivo. Se estima que los cirujanos que entrenan en estos modelos están mucho mejor preparados en términos de operaciones quirúrgicas complejas, simplemente porque son capaces de entrenar y volver a entrenar en los modelos hasta que perfeccionan el procedimiento. El interés ha aumentado significativamente desde que CBMTI invirtió en impresión 3D y la compañía ha aumentado la capacidad de producción en un 40 por ciento con sus impresoras 3D. Un equipo de 20 médicos clínicos, ingenieros de prototipado rápido, diseñadores, programadores informáticos e ingenieros eléctricos trabajan juntos en sus principales líneas de negocio de impresión 3D: creación de prototipos para investigación universitaria, desarrollo de implantes personalizados de titanio y fabricación de simuladores personalizados para entrenamiento quirúrgico. (Stratasys Blog. 2017).

*Figura 87: Modelos de entrenamiento quirúrgico, fabricados con tecnología de impresión 3D multimaterial tipo Polyjet de Stratasys. (Stratasys Blog. 2017).*



## 10.6. Modelos anatómicos y su relación con el Arte.

La ciencia de la anatomía humana que es el estudio de la estructura del cuerpo, y el arte de la ilustración anatómica se han desarrollado paralelamente desde el inicio de la investigación científica. Artistas y médicos-científicos han combinado sus esfuerzos para producir representaciones visuales de la gran mayoría de estructuras anatómicas visibles, como los músculos, huesos, nervios y otras estructuras que forman el cuerpo humano. El principal objetivo de estos esfuerzos ha sido ayudar a representar y a enseñar anatomía a aprendices de medicina, descubriendo y explicando el complejo conjunto de tejidos y órganos que se encuentran en el cuerpo y sus relaciones espaciales. Por otra parte el desarrollo de las artes plásticas y el indescriptible talento de muchos artistas, han llevado a que estas aportaciones a la ciencia se conviertan en verdaderas obras de arte, por la belleza de y el gran atractivo estético en sus desarrollos. En el siguiente apartado se revisarán algunos referentes de modelos anatómicos y su relación con las técnicas que son representativas para esta investigación, dejando de lado los increíbles aportes que, en cuanto a representaciones artísticas del cuerpo humano se han desarrollado históricamente desde la antigua Grecia.

### 10.6.1. Gunther von Hagens y la técnica de plastinación.

Gunther von Hagens es un artista y científico alemán, nació en 1945, a la edad de 20 años comenzó estudios de medicina en la Universidad de Jena, continuó sus estudios médicos en Lübeck y posteriormente en Heidelberg, donde se doctoró en el departamento de Anestesiología y Medicina de Urgencias. Más adelante asume el cargo de colaborador científico en el Instituto de Anatomía y Patológica de la misma ciudad donde poco después se convierte en inventor a partir de una serie de experimentos químicos de los cuales crea el proceso de Plastinación. Para ese proceso requirió estudios muy complejos hasta llegar a plastinar su primer cuerpo humano en 1990. En 1993, crea el Instituto de Plastinación de Heidelberg y la empresa BIODUR para la creación y distribución de aparatos concebidos para la plastinación. Sus cuerpos preparados con este método causan asombro y polémica en el mundo de hoy, visitando numerosos países del mundo dando a conocer su obra con la exposición Body Worlds. (von Hagens Plastination | REAL ANATOMY FOR TEACHING. 2018).

Su trabajo constituye un aporte al arte y a la medicina, al dar a conocer el cuerpo humano presuntamente como es, sensibilizando a los interesados en observar su labor, y dando una mejor comprensión de la salud y la anatomía, sin embargo, causando también muchas polémicas por la crudeza de algunas de sus piezas. También ha plastinado animales como perros y algunos mamíferos marinos. En 1996 se convierte en profesor visitante de la Universidad Médica de Dalian en China, director y profesor honorario del centro de la plastinación de la Academia Médica de Biskek, capital de Kirguistán, así como profesor visitante de la Facultad de Odontología de la Universidad de Nueva York. En 2006 funda "The Gubener plastinate GmbH" y construye de esa manera el centro de plastinación más grande del mundo que incluye a la vez su taller de plastinación, así como su centro de investigación y desarrollo.

La plastinación: Este proceso consiste en extraer los líquidos corporales como el agua y los lípidos por medio de solventes como acetona fría y tibia para luego sustituirlos por resinas elásticas de silicona y rígidos de epóxicas. Esta técnica presenta grandes ventajas de manutención, larga duración de las piezas y mayor grado de manipulación que otras técnicas de taxidermia. Por otra parte, presenta inconvenientes de carácter ético, religioso y legal relativos al manejo de los cadáveres y la voluntad de la persona viva o moribunda en su decisión de plastinar su cuerpo. La finalidad de la plastinación en la conservación de material biológico es su provecho en la enseñanza de la anatomía, el conocimiento de los cuerpos y la exhibición museográfica

Body Worlds - The Original Exhibition - (Fascination BODY WORLDS - Experience a journey under your skin!. 2018). , es la primera exposición de este tipo que informa al visitante sobre anatomía, fisiología y salud al ver cuerpos humanos reales preservados a través de la plastinación. Desde el comienzo de esta serie de exposiciones en Japón en 1995, más de 44 millones de visitantes en más de 90 ciudades en Asia, Europa, América y África han visto la exposición, considerada la exposición itinerante más exitosa del mundo. Existen a su vez diferentes colecciones de muestras, entre las que se resaltan: 1). “RX” que muestra efectos dramáticos de enfermedades, 2). “Descifrado” que usa la realidad aumentada y otras tecnologías emergentes para que los visitantes pueden examinar los órganos y sistemas del cuerpo a través de modelos inmersivos en 3D. 3) “Ciclo de vida”, que presenta el cuerpo en todas sus facetas a lo largo de las diferentes etapas de la vida. 4) “Plastinarium” que combina la experiencia de visitar una exposición con la oportunidad de ver detrás de escena cómo se hace el proceso. 5) “Animales dentro y fuera”, es un safari anatómico que lleva al espectador por debajo de la superficie de las criaturas más increíbles de la naturaleza.



Figura 88: Pieza de la colección RX, Body Worlds. Museo de Historia Natural - Halifax, Canadá

### 10.6.2. Masao Kinoshita.

Masao Kinoshita es un artista japonés nacido en 1971 en la prefectura de Nagano. Se graduó en escultura en 1994 en la Universidad de Tokio Zokei, y realizó su primera exposición individual en 2001, en Yokohama. Masao Kinoshita trabaja una variedad de técnicas y materiales para crear una serie de singulares esculturas de extraños seres, muchas veces despellejados, con la musculatura al descubierto, como un espécimen para análisis anatómico. Entre su particular colección, también se encuentran musculosos híbridos con cabezas de animales y no menos peculiares dioses de múltiples miembros en imposibles poses de yoga. Las creaciones de Kinoshita están hechas de FRP (fibre-reinforced plastic / plástico reforzado con fibra), fundido en un molde de yeso, después de crear un prototipo en arcilla. La escultura de FRP es luego retocada para alcanzar la forma final proyectada y coloreada con lápices y pinturas al óleo. (Www14.plala.or.jp 2018).



Figura 89: Kentauros, 2007 / acrylic and FRP / Masao Kinoshita



### 10.6.3. Thomas Floutz. Imitation of life

Thomas Floutz es un artista de efectos especiales, ha trabajado en el maquillaje FX (*Special effects*) en películas como *Hellboy II -The Golden Army*, *X-Men - The Last Stand* y series tan exitosas como *Grey's Anatomy*, *CSI-New York*, entre muchas otras. Su proyecto más representativo en los últimos años es "Imitation of life", un proyecto personal en el que configura esculturas de silicona, pintadas con pinturas al óleo, calafateo y solventes (Thom Floutz @imitation.of.life, 2018). En su cuenta de Instagram "@imitation.of.life", muestra a sus seguidores algunas técnicas, materiales y formas de trabajar, que aunque no son tutoriales propiamente dichos, sí brindan algunas pistas para que entusiastas realicen proyectos influenciados en sus técnicas de gran realismo. Sus proyectos se caracterizan por profundizar las sombras, fortalecer los reflejos, aumentar contraste, y en general, simplemente tratar de crear una imitación lo más real posible de una figura humana. (Imitation of Life by Thom Floutz - Skin Illustrator. 2018).

Figura 90: Figura de Marre en Imitation of Life por Thom Floutz





#### 10.6.4. Vincent van Dyke effects.

Vincent Van Dyke Effects (VVDE) es un estudio de efectos especiales direccionado al maquillaje y sus derivados, se especializa en maquillaje protésico y creación y duplicación de cuerpos humanos, siendo nominado en cuatro ocasiones por sus desarrollos en series como Nip/Tuck y Grey's Anatomy a los premios Primetime Emmy. Su objetivo es traer a la realidad las creaciones más creíbles que puedan imaginarse para aportar a dar ese efecto dramático. Todo su trabajo se basa en la realidad, incluso cuando el personaje que se está creando sea de otro mundo, siendo de vital importancia el mantener un sentido de realidad dentro de todo aquello a lo que crean y dan vida. Vincent Van Dyke, propietario y director creativo es un profesional en escultura y pintura con más de 12 años de experiencia. (Vincent Van Dyke Effects, 2018).

Figura 91: Captura de pantalla, portafolio de proyectos área lesiones - medico. / vvdfx.com



### 10.6.5. Escultura Hiperrealista - Ron Mueck.

Ron Mueck nació en Melbourne, Australia, en 1958. Hijo de jugueteros, desde pequeño, entre títeres y disfraces convivió con técnicas asociadas a dar vida a objetos inertes. Sin ninguna clase de formación artística formal, desde niño dedicó su tiempo al modelado de figuras, vocación que luego desarrolló dentro la industria del cine, la televisión y la publicidad, como realizador de efectos especiales y creador de personajes (Kells. 2018). Trabajó en programas de televisión durante años antes de entrar en efectos especiales para cine. La transición de artesano a la de artista se completa cuando es descubierto por Charles Saatchi, quien comienza a coleccionar sus obras y lo consagra como valor en alza. Saatchi elige *Dead Dad*, una escultura hiperrealista de pequeña escala del padre de Mueck muerto y desnudo, en la exhibición *Sensation* en el Royal Academy en 1997 de nuevos artistas británicos. Luego, en 2001, Mueck obtiene gran aceptación internacional y se destaca desde ese momento como uno de los artistas más originales del arte contemporáneo con *Boy*, un enorme niño agazapado de cinco metros de altura que se exhibió en el Milenium Dome y en la 49ª Bienal de Venecia. Uno de sus retos más importantes es que sus esculturas se vean perfectas desde cualquier ángulo. Mueck utiliza materiales como siliconas especiales, acrílicos, fibra de vidrio, pinturas y resina, para reproducir fielmente todos los detalles de la anatomía humana y construir esculturas que tematizan la vida y la muerte. Hoy vive y trabaja en Londres. (Artists — Ron Mueck — Biography — Hauser & Wirth. 2018).

Figura 92: *Dead Dad* y *Boy* / Ron Mueck.







# **11. MARCO TECNOLÓGICO**





Figura 93

**Modelo Anatómico para enseñanza de  
Morfología Dental impreso en 3D.**

Trabajo de Grado - 2015

## 11.1. Tecnologías de escritorio.

**E**l auge y desarrollo de los últimos años en temas relacionados con el diseño y la fabricación digital, ha tomado mucha fuerza dada la popularización y reducción de costos en la adquisición de los dos grandes segmentos que componen esta área de desarrollo, software y hardware, esto ha atraído a grandes empresas y empresas emergentes a tener su propia oferta de impresoras, escáner y software 3D entre otros, como resultado se ha visto una baja considerable en el precio además de un menor tamaño, esto ha permitido crear el concepto de impresora de escritorio para el hogar y ha atraído a diferentes ámbitos del conocimiento a integrar estas tecnologías en sus procesos. (Calderon Avendaño, A. 2012).

Si bien la impresión tridimensional para fabricación existe desde hace varias décadas, es en este momento cuando empieza a conocerse por el público en general y a adquirir gran relevancia debido al descenso de sus costos y popularización en centros de diseño e ingeniería para reducir gastos en prototipado rápido. Actualmente esta tecnología aún se encuentra en una etapa de maduración y busca encontrar diferentes escenarios de expansión y experimentación, siendo el proyecto de modelos anatómicos para enseñanza uno de los temas que más ha causado interés a nivel mundial visto que ha aportado las bases para posteriores investigaciones mucho más complejas que buscan la impresión de células para la conformación de órganos para trasplantes.

La impresión aditiva o 3D, el desarrollo hacker de software y hardware de código abierto, entendiéndolo al hacker como una persona apasionada por la tecnología, generalmente confundidos con los crackers, usuarios destructivos cuyo objetivo es el de crear virus e introducirse en otros sistemas privados: “un hacker es un experto o un entusiasta de cualquier tipo que puede dedicarse o no a la informática” (Himanen, P. 2010). Esta corriente de trabajo ha permitido la investigación y puesta en el mercado de diferentes opciones con prestaciones y características similares difíciles de estandarizar en el mundo de la ingeniería, el diseño y la fabricación, esto representa un reto de investigación para el común de las personas que quieren experimentar, al no tener de forma clara qué beneficios le genera trabajar con uno u otro software y/o hardware. Este es el principal problema que no ha permitido que se expandan este tipo de tecnologías en profesiones que no tienen los conocimientos técnicos y de oficio para integrar métodos de fabricación 3D en sus procesos. La poca facilidad de uso y su alta complejidad de aprendizaje principalmente de software, hacen que algunos interesados desistan del uso de las nuevas tecnologías por perderse en un océano de incertidumbre e información. (García Pellicer, A.J. 2013). El término Fabricación Aditiva (FA) comúnmente refleja un uso más industrial de estas tecnologías, mientras que el de Impresión 3D es usado cuando se habla de fabricación personal para extender el concepto a una audiencia mayor, como por ejemplo un público relacionado con áreas de la salud.



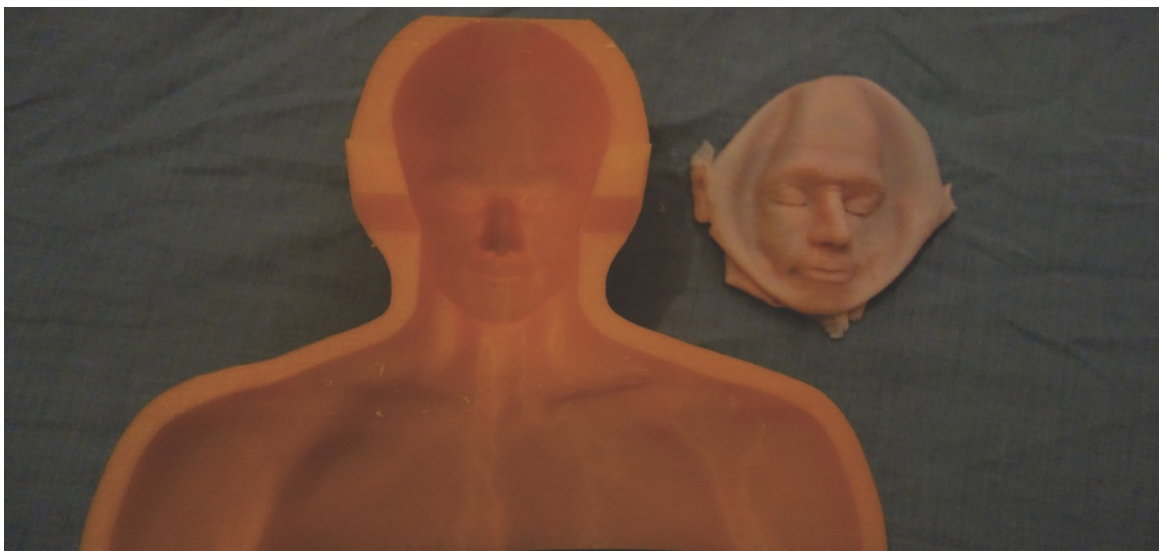
## 11.2. Tecnologías al servicio en educación médica.

El rápido desarrollo de los dispositivos de imágenes médicas y las técnicas de procesamiento de imágenes han permitido la reconstrucción y visualización 3D. Sin embargo, en muchos sentidos aún hay limitaciones debido a las pantallas planas para la visualización de objetos 3D. “La producción de réplicas en 3D de huesos y otros tejidos se están convirtiendo en realidad con el rápido desarrollo de la fabricación aditiva, técnica para la impresión 3D”. (Roque, 2013)

Entre los ejemplos específicos de estas técnicas, se encuentran diferentes referentes de trabajo en el mundo para lo que se denomina Bioréplicas, estructuras que intentan reproducir de forma fidedigna estructuras anatómicas para ser implantadas en pacientes. En un nivel menos avanzado previo al desarrollo de órganos impresos para trasplantes, están los modelos anatómicos personalizados para estudios previos a una intervención, que permite a médicos y cirujanos hacer revisiones y análisis antes de una operación. (Mastmeyer, A., et al. 2016)

Esta retroalimentación sensorial utilizando modelos a medida realizados con impresoras 3D, es en términos de ubicación espacial, volumétricos, texturas y durezas del material similares a la operación con un órgano o estructura del cuerpo real, como lo puede ser un hueso. Estas experiencias ayudan a mejorar la confianza en el momento de la intervención tanto para pacientes, como para todo el equipo médico que realiza la intervención. Las impresoras 3D de bajo costo, se están introduciendo en el ámbito académico que resulta en nuevas posibilidades de educación. Modelos diseñados en un escenario virtual se pueden imprimir y así crear prototipos en tres dimensiones. La teoría se transfiere rápidamente a objetos físicos, que se pueden tocar, donde los estudiantes son capaces de trabajar en un entorno con herramientas en un escenario simulado. Específicamente el desarrollo de modelos, material didáctico y de simulación para áreas de la salud es algo que cada disciplina desarrolla de forma independiente o que normalmente recurre a proveedores externos para adquirir estos recursos y materiales educativos.

Figura 94: Prueba de concepto, Moldes impresos en 3D / FabLab Valencia 2015



Material que actualmente dentro de la Universidad El Bosque en Bogotá, integrando disciplinas se puede desarrollar, donde la acción, el usuario y el objeto se articulen en interfaces de aprendizaje bajo la mirada del Diseño Industrial, con la ventaja de desarrollar el *know-how* en detalle para el desarrollo particular de necesidades propias de cada investigación o necesidad propia en los procesos de enseñanza-aprendizaje, dando relevancia y herramientas al desarrollo de proyectos con base tecnológica.

Partiendo del auge y avances en la impresión 3D ahora es posible personalizar, materializar y tridimensionalizar órganos y sistemas internos de pacientes para visualizar y sentir físicamente estructuras anatómicas de pacientes antes de realizar alguna intervención. (Park, J.H., et.al. 2016). Utilizando materiales y efectos que intentan simular el contexto que encontrarán en un paciente real y así poder preparar de mejor forma una intervención quirúrgica, aportando en la seguridad del paciente y del especialista, aumentando las probabilidades de éxito en una intervención. (Trigo, G., et. al. 2016)

Por otra parte, los métodos de fabricación e impresión 3D han venido evolucionando rápidamente en los últimos 10 años, haciendo que la tecnología se vuelva más accesible y tenga más aplicaciones en instituciones y público en general de la cultura *Maker* (Jruíz Martína, J.M. 2015), (Martínez Torán, M. 2016)., sin embargo, es un campo que continúa desarrollándose y que se encuentra en un punto crucial para que, con pocos recursos se puedan construir grandes proyectos al tener posibilidades infinitas de exploración. (Arias, V., et.al. 2015). Este proyecto pretende acercar y demostrar la aplicación exitosa de estas tecnologías, así como su viabilidad y pertinencia en el campo del entrenamiento médico. Cabe resaltar que la impresión 3D en el ámbito de la salud fue valorada en 579 millones de dólares en 2014, y se espera que supere los 2.363 millones para 2020, registrando un TAE (2015-2020) previsto de un 26.2% (Zopf, D.A., et.al. 2015).

“

*Partiendo del auge y avances en la impresión 3D ahora es posible personalizar, materializar y tridimensionalizar órganos y sistemas internos de pacientes*

”

### 11.2.1. Fabricación Aditiva -Tipologías.

La Fabricación Aditiva (FA) es un proceso por el cual un archivo tridimensional es convertido en un objeto físico mediante la adición capa por capa de material. (Díaz, D. T. 2016). Este material puede ser algún polímero como ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno), PLA (Ácido poliláctico), HIPS (Poliestireno de alto impacto), TPE (Elastómero termoplástico), PET (Tereftalato de polietileno), Nylon, entre otros, resina, metal, papel y muchos más. El término más usado como sinónimo de FA es “Impresión 3D” aunque el término FA comúnmente refleja un uso más profesional de estas tecnologías, mientras que Impresión 3D es usado como un término mas comercial para llevar el concepto a una audiencia mayor como por ejemplo en un público relacionado con áreas de la salud. Otros términos también son usados como sinónimos, tales como prototipado rápido, fabricación digital, impresión aditiva o fabricación 3D. (Fabricación Aditiva y manufactura aditiva. 2017). La FA es consecuencia de un proceso de diseño y configuración formal a partir de la creación de un archivo tridimensional o 3D, producido mediante un programa o software de modelado 3D, escultura digital, también llamado CAD (Computer Aided Design - Diseño Asistido por Computador) o como resultado de la unión de una nube de puntos capturada por un escáner tridimensional. Luego de este primer paso, el archivo es interpretado por la impresora 3D y específica donde debe añadir material en un sistema de coordenadas en los ejes XYZ.

Entre los principales beneficios de crear un objeto a través de la FA está la personalización, el porcentaje de desperdicio, la capacidad de producir por unidades, el concepto de que cada unidad puede costar lo mismo, la producción bajo pedido, la facilidad de producir casi que cualquier forma imaginable sin dificultad, la capacidad de producir algo en cualquier lugar del mundo y el bajo costo que representa frente a otros procesos más tradicionales (Inzunza, O., et.al. 2015). La FA es particularmente efectiva específicamente donde los métodos de fabricación tradicional son ineficientes. Para compañías y para individuos, la FA redefine la relación entre diseño y fabricación, considerando que un objeto puede ser producido si puede ser imaginado teniendo un conocimiento básico del funcionamiento de la impresora. Mientras en la fabricación tradicional existen límites y restricciones, la FA ofrece una libertad de formas, figuras y cantidades. Las impresoras 3D usan la información del archivo o modelado 3D para crear delgadas capas de material, lo que se conoce como segmentación, el espesor típico de capa es del orden de 100 micras (0,1 mm), aunque algunas máquinas imprimen capas tan delgadas como 16 micras (0,016 mm) entre capa y capa. Una vez que todas las sucesivas capas han sido creadas, el proceso de FA se considera finalizado. Dependiendo de la tecnología empleada, el formato del material inicial puede variar entre filamentos, polvos o líquidos. Un gran número de tecnologías están disponibles para la impresión 3D, sus principales diferencias se encuentran en la forma en la que las diferentes capas son unidas para crear las piezas, donde se pueden catalogar en tres grandes grupos, extrusión, fotopolimerización y compactación. Cada método tiene sus propias ventajas e inconvenientes; por ello, algunas compañías ofrecen elegir entre polvos y polímeros como material de fabricación de la pieza según sean las necesidades del modelo a crear, siendo generalmente los factores de decisión la velocidad, el costo del prototipo, el acceso a la impresora 3D, el tipo, características como el color, dureza y costo del material. Las tecnologías más populares y relevantes para esta investigación se describirán en los siguientes puntos de desarrollo.

### 11.2.1.1. Extrusión: FDM y FFF - Modelado de deposición fundida.

El modelado por deposición fundida o Fused Deposition Modeling (FDM) es la forma más popular de impresión 3D utilizada por la comunidad de creadores. El término en inglés FDM, son marcas registradas de Stratasys Inc. El término equivalente, Fused Filament Fabrication (Fabricación con filamento fundido) y sus siglas FFF, fueron acuñados por la comunidad de miembros del proyecto RepRap (RepRap - RepRapWiki. 2017), para disponer de una terminología que pudieran utilizar legalmente sin limitaciones. Esta tecnología impulsada por la aparición de impresoras 3D tipo RepRap una iniciativa impulsada en 2009 por el Doctor Adrian Bowyer, profesor en ingeniería mecánica de la Universidad de Bath en Reino Unido, con el ánimo de crear una impresora 3D autorreplicable que funcionara con filamentos termoplásticos y que pudiera ser usada para prototipado rápido y manufactura sin un mayor grado de conocimiento, pero sí mucha pasión y dedicación. Las impresoras FDM/FFF 3D construyen modelos fundiendo y extruyendo polímeros en formato de filamento desde una boquilla de impresión ubicada en el eje Z de las impresoras en una superficie o área de impresión que se mueve en el eje X y Y. Actualmente existen variaciones de esta configuración, como las impresoras tipo Delta, donde los tres ejes de impresión están ubicados de forma vertical. (The Most Important 3D Printing Technologies and Materials | 3D Printing Blog | i.materialise. 2017).

La tecnología de FDM/FFF funciona con una amplia gama de termoplásticos, donde se resaltan materiales que incluyen partículas metálicas, de madera, fibra de carbono, solubles entre muchos otros, y los ya tradiciones como el PLA o el ABS. Esta tecnología es adecuada para fabricar modelos básicos de prueba de concepto, así como también para la creación de prototipos rápidos y económicos de piezas simples y como medio de introducción al amplio campo de la fabricación aditiva. Esta tecnología tiene menor resolución y precisión cuando se compara con tecnologías como la SLA (Estereolitografía) o SLS (Sinterizado Selectivo por Láser) y no es la mejor opción para imprimir diseños complejos o piezas con características complejas, aunque tiene la ventaja de ser la más económica y disponible en el mercado. Los modelos fabricados con tecnologías FDM/FFF se pueden mecanizar y dar una gran variedad de acabados superficiales mediante procesos de pulido químicos y mecánicos. Algunas impresoras industriales FDM/FFF 3D que cuentan con dos o más cabezales de extrusión utilizan soportes solubles para mitigar algunos de estos problemas y ofrecen una gama más amplia de termoplásticos, cada vez más económicos y con una amplia oferta en el mercado.

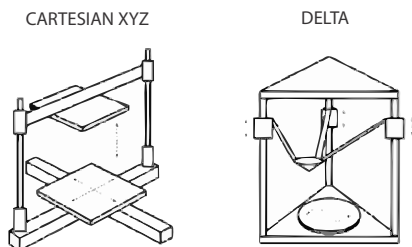


Figura 95: Configuración Cartesiana y Delta, Impresoras FDM.  
(Alafaghani, et.al. 2017)

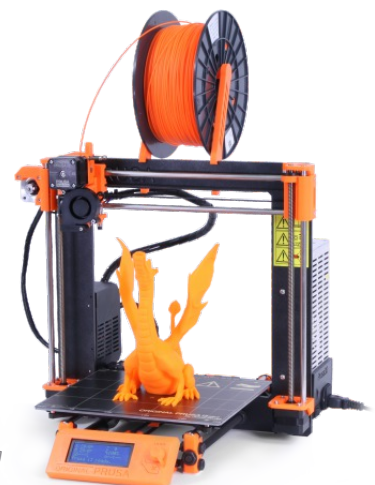


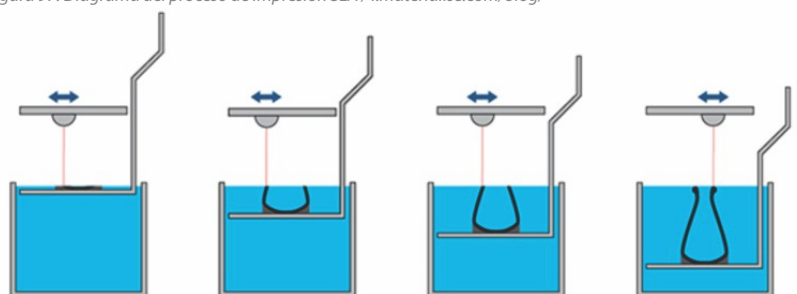
Figura 96: Impresora Prusa i3 / prusaprinters.org

### 11.2.1.2. Fotopolimerización: SLA. Estereolitografía.

La estereolitografía (SLA - Stereolithography) también conocida como fabricación óptica, fotosolidificación o impresión en resina, es un proceso de fabricación por adición que emplea resina en un tanque que cura mediante un láser de luz ultravioleta focalizada, para construir objetos capa por capa impresas una encima de otra (The Most Important 3D Printing Technologies and Materials | 3D Printing Blog | i.materialise. 2017). Cada capa es una sección transversal del objeto que el láser traza en la superficie de la resina, de esta forma la resina líquida cura y se solidifica mediante la exposición a la luz, quedando así la capa recién solidificada pegada a la capa previa que existía debajo suya. Una vez que la capa polimerizada ha sido creada, la plataforma de elevación del equipo desciende una distancia equivalente al grosor de una capa de resina solidificada (típicamente entre 0.05 y 0.15 mm). De esta forma se va creando, capa a capa una pieza tridimensional. Una vez completada, la pieza se sumerge en un baño químico que retira el exceso de resina y, posteriormente se termina de solidificar en un horno de luz ultravioleta. La estereolitografía necesita de estructuras de soporte para sujetar la pieza a la plataforma de elevación de forma que se evite la deflexión de la pieza por gravedad. También sujeta la sección transversal en el lugar correcto para que no se deslice cuando pasa la hoja de re-aplicación de resina. Los soportes suelen ser generados automáticamente durante la preparación del modelo y son retirados del modelo final de forma manual.

Es la técnica de prototipado y fabricación rápida más antigua. El término estereolitografía fue acuñado por Chuck Hull quien obtuvo la patente de este proceso en 1986 como un método y equipo para realizar objetos sólidos mediante impresión sucesiva de finas capas de un material que cura mediante luz ultravioleta (Our Story | 3D Systems.2017). Ese mismo año Hull funda 3D Systems, empresa pionera a nivel mundial en tecnologías de impresión 3D. Una de las ventajas de la estereolitografía es su rapidez. La duración del proceso depende de su tamaño y complejidad, que puede variar desde unas simples horas a más de un día. La mayoría de equipos de estereolitografía son capaces de producir objetos con un máximo de tamaño de aproximadamente, 50×50×60 cm, aunque hay algunos industriales que llegan a los 210×70×80 cm. Las piezas fabricadas mediante estereolitografía son suficientemente duras como para ser mecanizadas, y pueden también ser usadas en la creación de moldes maestros para moldeo por inyección, termoconformado, moldeo por soplado, y varios procesos de forja. Una gran ventaja de esta tecnología frente a la SLS (Sinterizado selectivo por láser) es que las piezas producidas no son porosas, lo cual hace que no necesiten de tratamiento de sellado posterior para hacerlas impermeables al agua o aire. Las resinas utilizadas pueden ser más frágiles y menos flexibles que en el sinterizado láser SLS. El costo de esta tecnología aún está entre las más altas del mercado dado el costo de las resinas utilizadas.

Figura 97: Diagrama del proceso de impresión SLA / i.materialise.com/blog/



### 11.2.1.3. Fotopolimerización: DLP - Digital Light Processing.

La impresión 3D DLP o Procesamiento de luz digital (Digital Light Processing) es una tecnología basada en la impresión por estereolitografía o SLA, donde cambian algunos factores de la configuración pero se basa en el mismo principio de fotopolimerización por luz ultravioleta de resinas líquidas. En la impresión SLA un láser de luz ultravioleta se proyecta desde la parte superior sobre un contenedor con resina endureciendo punto por punto cada capa del modelo, mientras que en la impresión tipo DLP, se utiliza un proyector de imágenes con luz ultravioleta en la parte inferior del contenedor fotopolimerizando toda una capa enmascarada en blancos y negros desde la parte inferior del contenedor. Donde hay luz se endurece, donde no, se queda igual. A partir de ahí la pieza se mueve hacia arriba en el eje Z para dar lugar a que pase resina líquida nueva y aplicar el mismo proceso con la siguiente capa. SLA y DLP usan material con propiedades similares. (Formlabs.com. 2017).

Entre las ventajas de la impresión DLP está el nivel de detalle que es superior entre algunos competidores, por esta razón es usada en joyería y modelos dentales donde el detalle y nivel de precisión es crucial. Por otra parte, la velocidad de impresión en DLP es superior a la SLS, al proyectar y solidificar una capa en un solo proceso, siendo la velocidad de impresión más alta respecto al resto de métodos. Entre los inconvenientes está el postprocesado, donde es más tedioso retirar los soportes necesarios para sostener la pieza a la plataforma, además de la limpieza de los restos de resina líquida que pueden quedar en el contenedor, adicionalmente se requiere tener la pieza expuesta a rayos UV para terminar de solidificarla. El tamaño de impresión suele ser pequeño al estar enfocadas al desarrollo de piezas de detalle. Uno de sus mayores inconvenientes es el costo de las resinas que aún tiene precios elevados frente a otras materias primas para impresión 3D.



Figura 98: Impresión 3D con Form2 / DLP / formlabs.com



#### 11.2.1.4. Fotopolimerización: PolyJet / MultiJet. Inyección de material.

PolyJet es una tecnología de impresión 3D que produce piezas, prototipos y herramientas que ofrecen un nivel excepcional de detalle, suavidad de la superficie y precisión, patentada por la sociedad Objet Ltd. en 1999 y absorbida por Stratasys en 2012. La impresión 3D de PolyJet funciona de un modo similar a la impresión de inyección de tinta, pero en lugar de inyectar gotas en papel, inyectan gotas en capas de fotopolímero líquido que se endurecen por medio de luz ultravioleta. Sobre la bandeja de soporte se van acumulando capas finas para construir el modelo. Este tipo de impresoras dependiendo el modelo tiene diferentes cabezales de impresión donde se pueden intercambiar materiales con propiedades que abarcan desde materiales similares al caucho a materiales rígidos, de transparentes a opacos, de tonos neutros a colores intensos y de materiales estándar a biocompatibles, siendo utilizados como materiales de relleno y soporte del modelo que se desea imprimir. (Tecnología PolyJet | Stratasys. 2017).

La tecnología MultiJet se basa prácticamente en los mismos principios funcionales, solamente que esta tecnología es nombrada así por su desarrollador 3D Systems, para diferenciarse de su más grande competidor Stratasys. Ambas tecnologías utilizan materiales de soporte que se pueden remover fácilmente con agua o en diferentes baños dependiendo la composición del material, siendo el material de soporte más común en la tecnología MultiJet la cera. Con una resolución de capa microscópica y una precisión de hasta 16 micras de espesor (0,016 mm), puede producir paredes finas y geometrías complejas con la gama de materiales más amplia que cualquier tecnología pueda ofrecer con casi 1000 materiales compuestos. Los materiales especializados para aplicaciones médicas y dentales ofrecen el mismo detalle fino y la misma precisión, además de propiedades especializadas como la biocompatibilidad. Permite la creación de moldes para realizar vaciados directos de pre-series, guías quirúrgicas biocompatibles o prototipos realistas que se parecen mucho a los productos acabados.

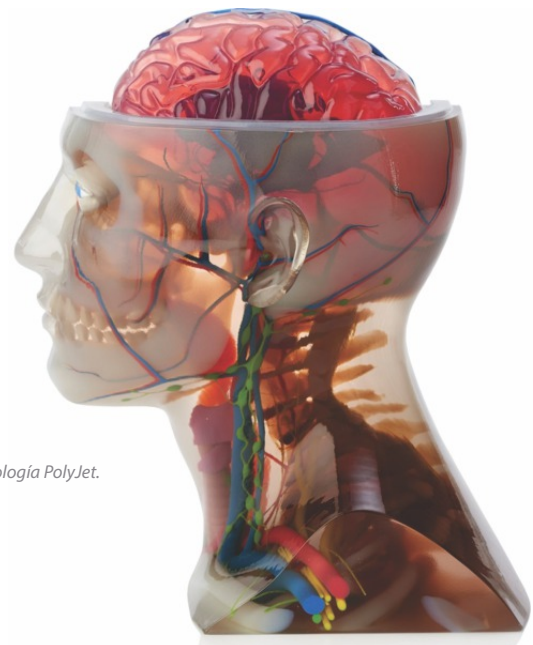


Figura 99: Modelo anatómico impreso con tecnología PolyJet.  
(Tecnología PolyJet | Stratasys. 2017).

### 11.2.1.5. Compactación: SLS - Sinterizado selectivo por láser.

El sinterizado selectivo por láser (SLS - Selective laser sintering) es una técnica de impresión aditiva en la cual un láser de CO<sub>2</sub> sinteriza de forma selectiva material en forma de polvo (nylon, poliestireno, fibra de vidrio, metales como aceros, titanio, o compuestos) en una cubeta mediante el barrido de finas capas transversales que van así, generando el objeto tridimensional, el láser causa que las partículas se fusionen y se solidifiquen (The Most Important 3D Printing Technologies and Materials | 3D Printing Blog | i.materialise. 2017). Es un proceso continuo de gran flexibilidad que permite la conversión de una gran variedad de materiales. Por ejemplo, partículas de mineral de hierro y una variedad de polímeros. Una vez que la sección transversal, o capa, se van formando, la cubeta de polvo desciende una distancia equivalente al espesor de la capa formada, y una nueva capa de material base es añadida a la superficie. El proceso es así repetido tantas veces como capas se necesiten fundir hasta crear el objeto tridimensional. Al contrario que en otros procesos de fabricación por adición, como la estereolitografía (SLA) y deposición de hilo fundido (FDM), la sinterización selectiva por láser no necesita de soportes ya que la parte sinterizada está todo el tiempo rodeada de polvo sin sinterizar que actúa de soporte. Dependiendo del material se pueden conseguir piezas con densidades del 100% de la densidad del material, teniendo así la pieza propiedades físicas comparables a aquellas fabricadas por métodos tradicionales.

El proceso de SLS se utiliza para pequeños volúmenes de piezas que requieran ser funcionales, fue desarrollada y patentada por Carl Deckard y Joe Beaman en la Universidad de Texas en Austin, EE.UU, a mediados de la década de 1980 (Selective Laser Sintering, B. 2017). En 2001, 3D Systems, adquirió la tecnología y la patente más reciente sobre esta tecnología. Mientras que comenzó a utilizarse como un método de obtención de prototipos rápido, se está cada vez usando más en la producción de tiradas cortas de piezas para uso final. Al tratarse de una poliamida sus características mecánicas, en muchas ocasiones, son próximas a las que corresponderían al material definitivo. Una desventaja de esta tecnología es que las piezas producidas son porosas, lo cual hace que necesiten de tratamiento de sellado posterior para hacerlas impermeables al agua o aire. Entre las ventajas está una mayor resistencia a temperaturas elevadas frente a materiales utilizados en estereolitografía, y la fabricación de piezas de geometría muy compleja al no necesitar soportes.

Figura 100: 3D Systems Latin America - Selective Laser Sintering (SLS) - youtube channel



### 11.2.1.6. Compactación: CJP - ColorJet Printing.

Impresión 3D por inyección de Color (CJP) es una tecnología de fabricación aditiva que utiliza dos componentes principales: núcleo o base y aglutinante. Un rodillo extiende el material para crear el núcleo de la impresión en capas finas sobre la plataforma de impresión. Después de extender cada capa, se inyecta selectivamente aglutinante de color con los cabezales de impresión, lo que hace que se solidifique el núcleo. La plataforma de impresión desciende con cada capa que se extiende e imprime, lo que resulta en un modelo tridimensional a todo color. Este tipo de tecnología es utilizada comúnmente en las siguientes aplicaciones:

- Desarrollo de modelos conceptuales a todo color. Es decir no funcionales.
- Desarrollo de modelos arquitectónicos.
- Desarrollo de modelos de demostración.
- Materialización de geometrías muy complejas.
- Desarrollo de modelos de validación de producción rápida.

Similar al proceso de SLS, tanto si las piezas se han impreso en color como en blanco, se les puede añadir una capa de recubrimiento transparente para endurecer y suavizar, o un recubrimiento de cera, para suavizar el acabado de las superficies. (ColorJet Printing | 3D Systems. 2017).

Figura 101: Modelo anatómico impreso con 3D Systems - Project 4500.  
(ColorJet Printing | 3D Systems. 2017).



### 11.2.1.7. Compactación: DLEP - Sinterizado por láser de metal.

La sinterización directa por láser de metal (DMLS - Direct Metal Laser Sintering), es el proceso de impresión aditiva que usa láser de alta densidad de potencia para fundir y fusionar polvos metálicos, tradicionalmente cobre, aluminio, acero inoxidable, acero para herramientas, cobalto, cromo, titanio, tungsteno, en diferentes proporciones para producir aleaciones. Puede considerarse una subcategoría del sinterizado selectivo por láser (SLS), dado que cambia algunos componentes del proceso. DMLS utiliza una gran variedad de aleaciones en polvo metálico para conformar piezas sólidas como si fueran un cordón de soldadura, permitiendo que los prototipos sean hardware funcional fabricado con el mismo material que los componentes de producción en otros procesos de transformación. Dado que los componentes se construyen capa por capa, es posible diseñar geometrías orgánicas, características internas y pasajes complejos que no podrían ser moldeados o mecanizados con otros procesos productivos. El proceso de DMLS es capaz de producir piezas metálicas que funcionan bien como prototipos funcionales o piezas de producción de uso final. Las impresoras DMLS utilizan un láser óptico de alta potencia. Este láser fusiona el polvo metálico en una pieza sólida fundiéndola completamente usando el rayo láser enfocado. Las piezas se construyen aditivamente capa por capa, tradicionalmente utilizando capas de 20 micrómetros de espesor. (Stratasys Direct. 2017).

Gran parte del trabajo pionero con DMLS se basa en el desarrollo de piezas livianas para la industria aeroespacial, para piezas de repuesto de máquinas antiguas (como autos antiguos), mecanismos especiales de motores usados en carreras de competencia de alto rendimiento como la Fórmula 1 o productos individuales para la industria biomédica como implantes médicos. Una de las ventajas de esta tecnología frente a otros procesos de transformación de metales es que permite la creación de piezas sólidas sin necesitar soldaduras, que generalmente pueden convertirse en puntos débiles, adicionalmente permite el uso de tratamientos térmicos para dotar de características de dureza y resistencia a las piezas impresas.

Figura 102: Impresión 3D en Titanio para implantes de cráneo / DePuy Synthes y Johnson & Johnson.







Figura 103: **Proyecto Ana-Tommy.**  
Trabajo de Grado Diseño Industrial  
Universidad El Bosque.  
D.I. Felipe Fuentes 2015.

### 11.2.2. Modelado Orgánico Tridimensional.

Los modelos tridimensionales son desarrollados mediante procesos de escultura y modelado orgánico tridimensional utilizando programas especializados como Zbrush, Mudbox, 3D Studio Max, Rhinoceros, entre otros programas populares entre los profesionales del Diseño, estos programas utilizan el lenguaje de modelado Mesh o Mallas poligonales para representar estructuras morfológicas complejas editables. Estos modelos pueden ser modelados desde cero por procesos lógicos de configuración formal, basado en técnicas de modelado tridimensional y escultura digital. Los modelos tridimensionales virtuales, también pueden ser descargados de internet en portales de ficheros 3D pagos o gratuitos y posteriormente editados como es el caso de Thingiverse, Turbosquid, Lifesciencedb.jp, entre muchos otros. Existe también la posibilidad de obtener estos modelos a partir de ser escaneados tridimensionalmente de un modelo físico y posteriormente sometido a un proceso de postproducción y retoque digital. Con la tecnología de modelado orgánico es posible modificar el aspecto del modelo escultórico en infinitas formas y con un nivel de detalle muy alto, a tal punto de poder simular una huella digital, arrugas, lunares y detalles anatómicos necesarios para dar realismo al modelo virtual. Este proceso depende de la habilidad del escultor que ejecuta los comandos para crear las estructura morfológicas en tres dimensiones. Estos modelados 3D, también se caracterizan por permitir una precisión milimétrica que permite dimensionar y controlar todos los aspectos de proporción y tamaño de los modelos anatómicos propuestos y sus relaciones espaciales y formales.

Según las indagaciones y observaciones realizadas en la investigación, se resalta la importancia del proceso de modelado en el proceso de fabricación, como el punto de mayor especialización y dificultad, dado que el escultor tridimensional, es la persona encargada de traducir formalmente las necesidades encontradas en la fase de investigación con los especialistas en un diseño visible, y adicionalmente, debe contemplar muchos aspectos relacionados con factores productivos y de manufactura. Este punto es fundamental en la viabilidad de este tipo de proyectos en la medida que son pocos los diseñadores o artistas digitales que son capaces de esculpir en tres dimensiones de forma profesional los modelos anatómicos requeridos para dar una respuesta óptima a las exigencias del proyecto. Para aportar este aspecto en los últimos 3 años se han comenzado a formar estudiantes de Diseño Industrial de la UEB en técnicas contemporáneas de modelado orgánico que pueden a futuro perfeccionar sus técnicas de modelado según su pasión, talento, autocrítica y capacidad de aprendizaje autónomo. Es para resaltar que todos los modelos presentados hasta el momento en los diferentes proyectos realizados, han sido desarrollados por estudiantes, o egresados en Diseño Industrial de la UEB, que permite dar un voto de confianza en la calidad y demuestra que sí es posible con talento local dar viabilidad al proyecto que se está analizando y aportar al desarrollo de la industria desde este campo del conocimiento.



### 11.2.3. Repositorios de modelos 3D libres para edición, escáner 3D e imágenes médicas.

Con el boom del diseño asistido por computador y la expansión de tecnologías como la impresión 3D, han nacido en apoyo a la filosofía “open” (Término relacionado a la distribución gratuita de la información, software libres y más recientemente hardware libre), diferentes repositorios de modelos tridimensionales ya sean bajo la modalidad de pago, o de libre descarga, los cuales en base a tecnologías de mallas poligonales tridimensionales hacen posible modificar el aspecto del modelo escultórico anatómico para adicionarle rasgos de envejecimiento, arrugas, lunares y detalles anatómicos necesarios para dar realismo al modelo virtual en un nivel hiperrealista. Este proceso y la calidad del resultado final aún depende de la habilidad del escultor que ejecuta los comandos para crear la estructura externa, así solamente sea en su proceso de retoque o un proceso de modelado desde cero.

Adicionalmente, estos modelos tridimensionales (Mesh) pueden ser obtenidos a partir de archivos de escáner 3D o de imágenes médicas, para posteriormente dotarlos por medio de técnicas de escultura con protuberancias y detalles anatómicos como texturas, imperfecciones, perceptibles en todas las estructuras anatómicas humanas y así brindar puntos de referencia y efectos de realismo a los modelos para mejorar la experiencia de aproximación de los estudiantes frente a los modelos didácticos. (Mitsuhashi, N., et.al. 2009). El desarrollo de modelos a partir de imágenes médicas es uno de los factores claves para el desarrollo del proyecto, visto que aún son pocas las empresas que están desarrollando la tecnología y aplicándola en modelos de comprobación y enseñanza. (Popescu, D., et.al. 2015). Es de resaltar que en la Universidad El Bosque ya se manejan algunas de estas herramientas con resultados prometedores, que pueden ser transferidos en forma de producto.

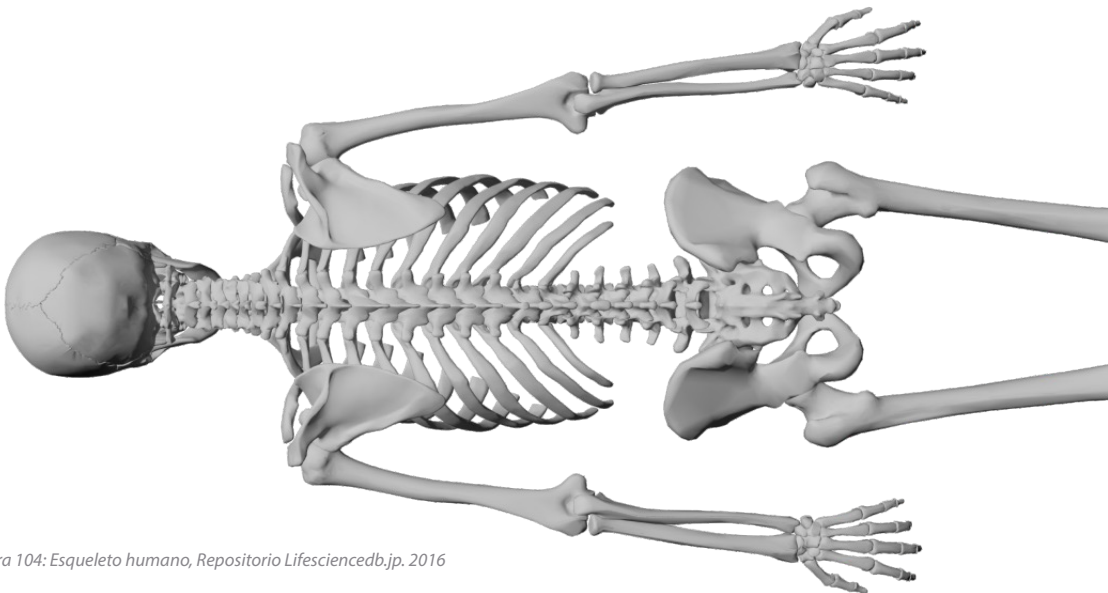


Figura 104: Esqueleto humano, Repositorio Lifesciencedb.jp. 2016

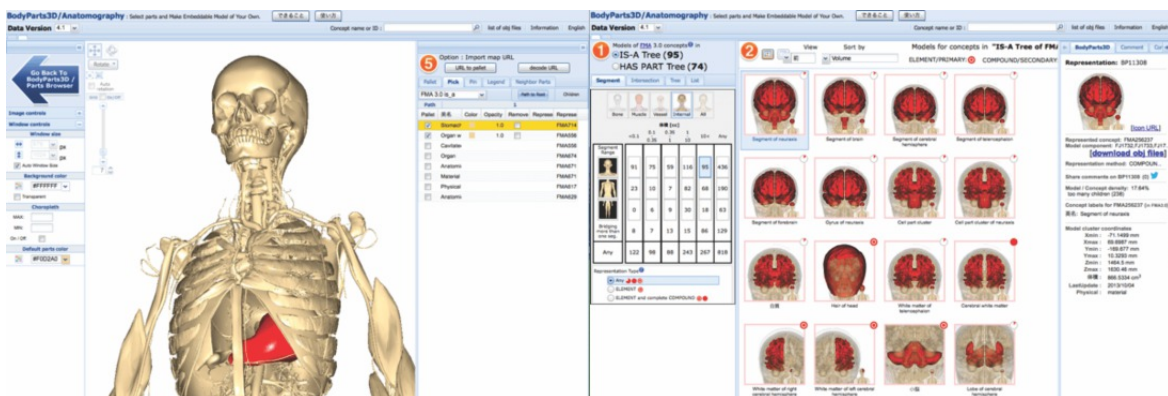
### 11.2.3.1. BodyParts3D/Anatomography.

BodyParts 3D - Anatomography es un sitio web interactivo que permite generar, visualizar y descargar modelos anatómicos y animaciones del cuerpo humano (Lifesciencedb.jp. 2017). Es un proyecto del Instituto de Investigación sin fines de lucro DBCLS (Centro de Bases de Datos para las Ciencias de la Vida) ubicado en la Universidad de Tokio - Japón. Las composiciones anatómicas están disponibles en formato de mallas poligonales 3D y están disponibles de forma gratuita bajo la licencia *Creative Commons Attribution-ShareAlike*. *Anatomography* fue lanzado el 9 de febrero de 2009 por el fundador y director en jefe Kousaku Okubo, profesor del Banco de Datos de ADN de Japón en el Instituto Nacional de Genética. (Mitsuhashi, N., et.al. 2009). La información necesaria para realizar el modelado 3D en mallas poligonales fueron extraídas de imágenes de resonancia magnética (MRI) de cuerpo entero en un conjunto de datos voxel (píxel en tres dimensiones) con una resolución de 2 mm \* 2 mm \* 2 mm del ser humano tomado como base del proyecto. Fue creado por el Instituto Nacional de Tecnología de la Información y las Comunicaciones de Japón (NICT) bajo el nombre de "TARO" y fue publicado libremente en noviembre de 2004. Los información se distribuye en el formato de archivo .OBJ. Se han realizado versiones especiales de la anatomía del corazón y el cerebro haciendo énfasis en la complejidad de las estructuras anatómicas de estos dos importantes órganos del cuerpo humano.

El proceso de construcción de BodyParts3D fue el siguiente:

- Fase 1: Captura de imágenes de escáner médico.
- Fase 2: Segmentación anatómica de los datos originales.
- Fase 3: Introducción de segmentaciones adicionales a la captura original.
- Fase 4: Edición de mallas poligonales 3D, apoyados de libros de texto, atlas del cuerpo humano y especialistas en anatomía humana.
- Fase 5: Validación de la cobertura conceptual de cada una de las partes en colaboración de investigadores clínicos.

Figura 105: Captura de pantalla / Proyecto BodyParts3D - Anatomography / <http://lifesciencedb.jp/bp3d/>



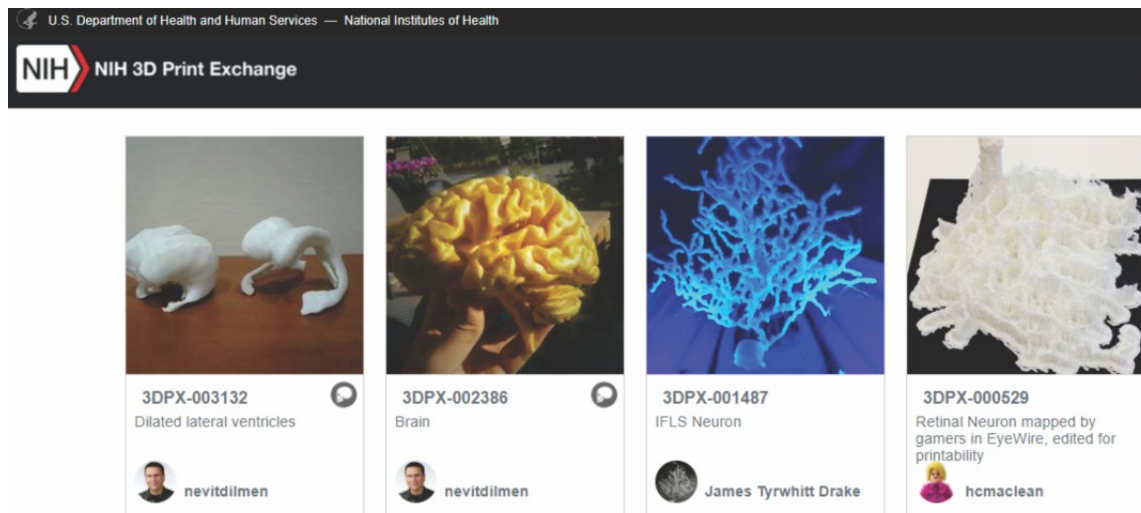
### 11.2.3.2. National Institutes of health (NIH), 3D Print Exchange.

Los Institutos Nacionales de la Salud de Estados Unidos han lanzado el programa NIH 3D Print Exchange, un sitio web público que permite a los usuarios compartir, descargar y editar archivos impresos en 3D relacionados con la salud y la ciencia. Estos archivos se pueden usar, por ejemplo, para imprimir equipos de laboratorio personalizados y modelos de bacterias y anatomía humana. "La impresión 3D es un elemento de cambio potencial para la investigación médica", dijo el Director del NIH Francis S. Collins, MD, Ph.D. "En NIH, hemos visto un increíble retorno de la inversión; los centavos de plástico han ayudado a los investigadores a abordar importantes cuestiones científicas a la vez que ahorran tiempo y dinero. Esperamos que 3D Print Exchange amplíe el interés y la participación en este nuevo y emocionante campo entre científicos, educadores, ingenieros, diseñadores y estudiantes". (NIH 3D Print Exchange 2018).

NIH utiliza la impresión 3D, o la creación de un objeto físico a partir de un modelo digital, para estudiar virus, reparar y mejorar los aparatos de laboratorio y ayudar a planificar procedimientos médicos. El 3D Print Exchange hace que estos tipos de archivos estén disponibles gratuitamente, junto con videos-tutoriales para nuevos usuarios y un foro de discusión para promover la colaboración. El sitio también presenta herramientas que convierten datos científicos y clínicos en archivos 3D listos para imprimir.

Otros componentes del NIH, como el Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano Eunice Kennedy Shriver y la Biblioteca Nacional de Medicina, brindan apoyo adicional. 3D Print Exchange está financiado en parte por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Acerca de los Institutos Nacionales de la Salud (NIH): Es la agencia de investigación médica de EE. UU., incluye 27 institutos y centros y es un componente del Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. NIH es la principal agencia federal que realiza y respalda la investigación médica básica, clínica y traslacional, y está investigando las causas, los tratamientos y las curas de las enfermedades comunes y raras.

Figura 106: Captura de pantalla, interfaz de visualización NIH 3D Print Exchange.



### 11.2.3.3. Zygote Media Group.

Zygote Media Group es una compañía de contenido y tecnología de anatomía humana 3D ubicada en Utah - EE.UU. Formada en 1994, inicialmente con un interés particular en el desarrollo de modelos humanos 3D anatómicamente precisos para la industria del entretenimiento, desde entonces la compañía se ha especializado en la visualización mejorada de la anatomía y fisiología humana y las ciencias de la vida. Zygote licencia a terceras personas o empresas su completa biblioteca de modelos de anatomía humana 3D para animación, simulación, ilustraciones renderizadas, ingeniería y análisis, dependiendo del interés particular y la necesidad a resolver. Zygote también brinda servicios especializados en el desarrollo de software y contenido relacionado con las ciencias de la vida, con especial énfasis en animación y comunicación digital e interactiva comercial. Su trabajo ha sido visto en comerciales de televisión para clientes como Coca-Cola, Hoover, The Cartoon Network, Monster.com y AT&T, así como en programas de The Discovery Channel, Star Trek New Generations, Fox News entre otros. Zygote crea estas colecciones bajo cuatro estándares en mente. 1) La precisión científica y anatómica de los modelos virtuales. 2) Las mallas poligonales son eficientes y limpias para que las texturas, luz y efectos especiales sean fáciles de usar, así como el renderizado y la animación. 3) Ilustrar de forma agradable y para todos los públicos las estructuras anatómicas, al tiempo que conserva una capacidad fotorrealista cuando sea necesario. 4) Crear composiciones atractivas visualmente con un enfoque artístico y científico. (Medically Accurate 3D Human Anatomy Models. 2017).

En colaboración con Google, Zygote creó ZygoteBody ([zygotebody.com](http://zygotebody.com)) como un servicio gratuito para profesionales médicos, pacientes, educadores, estudiantes y entusiastas de la anatomía que deseen visualizar de forma interactiva y en tres dimensiones todos los sistemas que conforman el cuerpo humano. (ZygoteBody. 2017). Zygote incluye además en su portafolio tecnologías de animación, simulación y análisis de elementos finitos, que proporciona al público interesado la opción de estudiar los efectos de un producto determinado y del medio ambiente en el cuerpo humano, esto incluye dinámicas de fluidos del sistema circulatorio, estrés óseo bajo carga, los sistemas de seguridad en el diseño de vehículos y la prueba de productos médicos en ambientes virtuales. En el año 2000, la división de arte y aficiones se convirtió en Digital Art Zone, ahora DAZ Productions.

Figura 107: Medically Accurate 3D Human Anatomy Models / [zygote.com](http://zygote.com)



#### 11.2.4. Segmentación de imágenes médicas.

Los departamentos de radiología digital en clínicas y hospitales analizan las estructuras del cuerpo humano a partir de imágenes médicas capturadas en tres dimensiones y son adecuadas para estudios morfológicos de diagnóstico médico. El uso de técnicas como la resonancia magnética nuclear, la tomografía computarizada, entre otras, permite capturar detalles rápidos y precisos de las estructuras blandas y duras del cuerpo humano en alta resolución y sin mayores contraindicaciones para el paciente. Estas imágenes son de gran utilidad para el diseño práctico y correcto de las intervenciones quirúrgicas en zonas anatómicamente complejas tales como el cráneo y otras estructuras vitales.

La segmentación de imágenes médicas, es una técnica que permite la construcción de modelos tridimensionales a partir de la triangulación de información capturada en diferentes segmentos con ayuda de programas de procesamiento de imágenes, siendo el punto de partida un fichero de información "Dicom: Digital Image Communications in Medicine (Imagen Digital y Comunicaciones en Medicina)", un formato de intercambio de imágenes para uso médico, de uso común para imágenes en dos y tres dimensiones, estos archivos .DICOM se componen por una serie de imágenes de mapa de bits capturas en diferentes ejes axiales y un archivo de texto que contiene los datos del paciente y la irradiación emitida durante la ejecución del examen (Rioja Calvo, Á. 2015). En términos informáticos se analizan estas imágenes compuestas de píxeles, que se caracterizan por estar en escala de grises dentro de una matriz pre-asignada, diferenciando las distintas densidades de las estructuras anatómicas dentro de la imagen médica. Estas imágenes médicas tienen un espesor entre capa y capa que define la resolución tridimensional de la imagen, descomponiendo la imagen del volumen en rebanadas individuales capa por capa y en tres diferentes ejes geométricos XYZ. Posteriormente esta información es analizada e interpretada en programas de visualización que convierten cada Píxel en un Voxel (Píxel con volumen tridimensional), diferenciados según un rango de color específico del espectro de grises de la imagen. Para lograr una mayor definición de las áreas que se presentan dispersas se realiza un proceso de limpieza de cada imagen para eliminar de las regiones segmentadas los elementos responsables del denominado ruido, que son elementos borrosos y difusos de las imágenes en el modelo 3D. Este proceso se realiza haciendo máscaras y utilizando plumas de edición de imágenes de mapas de bits con el fin de perfilar y refinar las estructuras en diferentes tipos de software que serán nombrados a continuación.



#### 11.2.4.1. InVesalius.

InVesalius es un software médico gratuito que se utiliza para generar reconstrucciones virtuales de estructuras anatómicas en el cuerpo humano. A partir de imágenes bidimensionales, adquiridas mediante tomografía computarizada (CT) o equipos de imágenes por resonancia magnética (MRI), el software genera modelos tridimensionales virtuales correspondientes a las partes anatómicas del cuerpo humano seleccionadas de cada paciente. Después de construir imágenes DICOM tridimensionales (Digital Imaging and Communication in Medicine), el software permite la generación de archivos .STL (estereolitografía), que posteriormente pueden ser editados para ser impresos en 3D o publicados para su manipulación en ambientes virtuales. InVesalius fue desarrollado en CTI (Centro de Tecnología de la Información Renato Archer), un instituto de investigación del Centro de Ciencia y Tecnología de Brasil y está disponible sin costo alguno para ser descargado de internet. La licencia de software es CC-GPL 2. Está disponible en inglés, japonés, checo, portugués (Brasil), ruso, español, italiano, alemán, portugués, turco, rumano, francés, coreano, catalán, Chino (Taiwán) y Griego. InVesalius fue desarrollado utilizando Python y funciona en sistemas operativos como Linux, de Windows y Mac OS X. (InVesalius home | CTI Renato Archer. 2017).

El nombre del software es un homenaje al médico belga Andreas Vesalius (1514-1564), considerado el "padre de la anatomía moderna". Desarrollado desde 2001 para atender las demandas de los hospitales públicos brasileños, el desarrollo de InVesalius se dirigió a la promoción de la inclusión social de personas con deformidades faciales severas. Desde entonces, se ha empleado en diversas áreas de investigación de odontología, medicina, veterinaria, paleontología y antropología. Se ha utilizado no solo en hospitales públicos, sino también en clínicas privadas y hospitales. (InVesalius home | CTI Renato Archer. 2017).

Figura 108: Captura de pantalla, Interfaz software Invesalius.



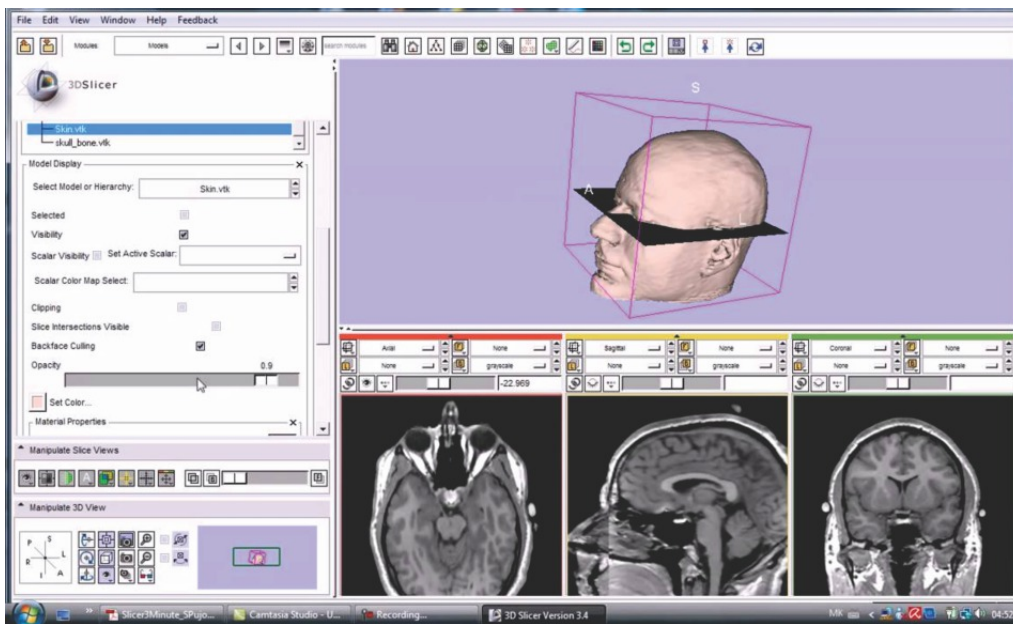


### 11.2.4.2. 3D Slicer.

3D Slicer es un software de código abierto para procesar imágenes médicas y su visualización tridimensional. Construido a lo largo de dos décadas gracias al apoyo de diferentes Institutos Nacionales de Salud y una comunidad de desarrolladores de todo el mundo, 3D Slicer ofrece herramientas de procesamiento potentes y gratuitas para médicos, investigadores y público en general. Su última versión 4.8. ofrece más de 1,000 funciones, repartidas en más de quince módulos principales de trabajo. Entre las funciones principales del programa está el manejo de imágenes DICOM y otra variedad de formatos de imágenes médicas. Utiliza una plataforma de visualización interactiva de imágenes volumétricas tipo Voxel, mallas poligonales y representaciones de volumen con diferentes formatos artísticos de visualización. El desarrollo del 3D Slicer busca asistir de la forma más simple posible la segmentación de imágenes para un público sin mucha formación específica. (3D Slicer. 2017).

Slicer se distribuye bajo una licencia de código abierto estilo Berkeley Software Distribution (BSD). La licencia no tiene restricciones sobre el uso del software en proyectos académicos o comerciales, sin embargo, no se hace responsable ni acepta reclamaciones sobre desarrollos particulares empleados en un escenario real. La responsabilidad recae sobre el usuario para garantizar el cumplimiento de las normas y reglamentaciones locales donde sea usado. 3D Slicer no ha sido formalmente aprobado para uso clínico por la FDA (Food and Drug Administration) en los EE. UU. o por cualquier otro organismo regulador en otro lugar del mundo. (SlicerWiki. 2017).

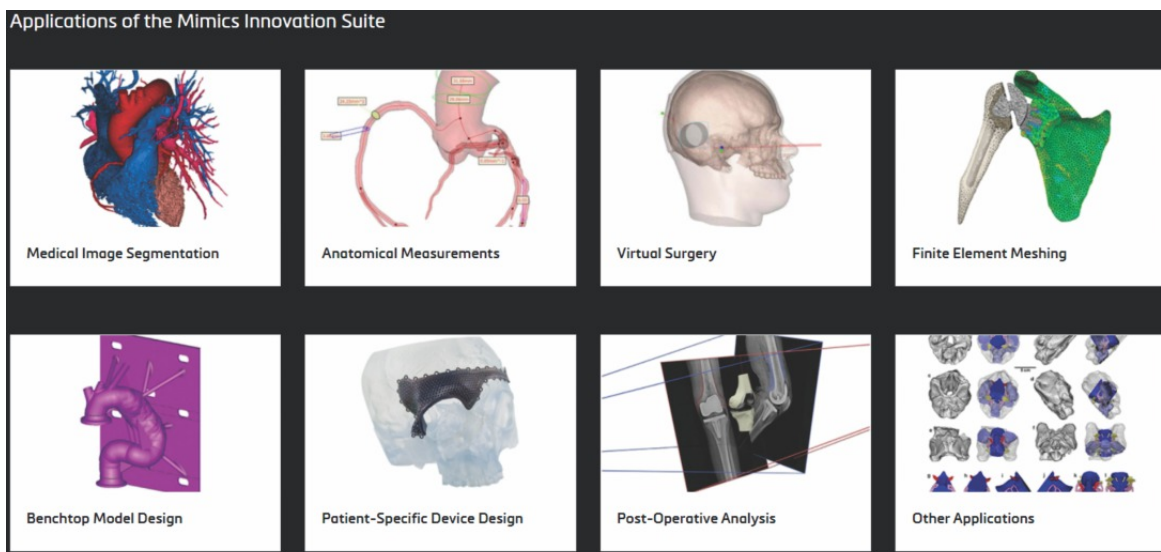
Figura 109: Captura de pantalla - Interfaz de trabajo 3D Slicer



### 11.2.4.3. Materialise Mimics.

Mimics es un software de la empresa Materialise para el procesamiento de imágenes médicas, creación de modelos tridimensionales de estructuras anatómicas de pacientes reales, también utilizado para el diseño y modelado 3D de implantes y suministros de bioingeniería personalizada. Mimics es un acrónimo de Materialise Interactive Medical Image Control System. Está disponible comercialmente como parte de Materialise Mimics Innovation Suite, y es considerado el software más potente y completo del mercado actual relativo a software de diseño para anatomía clínica. Esta Suite también incluye el software 3-matic, una herramienta versátil para realizar modificaciones de diseño de mallas poligonales e impresión 3D. Mimics calcula modelos 3D de superficie a partir de datos de imágenes médicas como tomografía computarizada (CT), micro CT, resonancia magnética (MRI), microscopía confocal, rayos X y ultrasonido, a través de potentes algoritmos de segmentación de imágenes convertidos finalmente en formatos STL (Estereolitografía) para continuar el trabajo con otros software de diseño asistido por computador (Suite, M. 2017) . El formato de entrada más común es DICOM, pero también se admiten otros formatos de imagen como: TIFF , JPEG , BMP y Raw. Mimics ha sido adoptado por ingenieros biomédicos y fabricantes de dispositivos para fines de I + D en varias especialidades médicas como la cardiovascular, craneomaxilofacial, ortopedia, neumología, entre otras. Diferentes industrias utilizan datos 3D específicos del paciente para fabricar sus implantes y dispositivos o para obtener una mejor comprensión de los procesos biomecánicos, mediciones y análisis 3D, dinámica de fluidos computacional, diseño de implantes personalizados, análisis de elementos finitos, prototipado rápido y simulación quirúrgica. (Mimics, 2017).

Figura 110: Captura de pantalla / Aplicaciones de la Mimics Innovation Suite / [www.materialise.com/en/medical/software/mimics](http://www.materialise.com/en/medical/software/mimics)

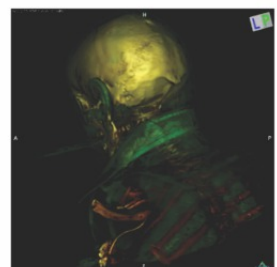
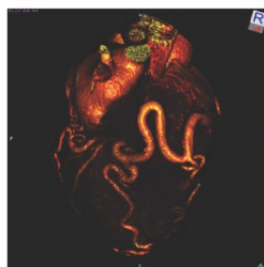


#### 11.2.4.4. OsiriX

El proyecto OsiriX comenzó en noviembre de 2003 cuando Antoine Rosset MD, un radiólogo de Ginebra, Suiza, recibió una subvención del Fondo Nacional Suizo para pasar un año en UCLA, (Universidad de California en Los Ángeles, EE.UU.), para explorar y aprender acerca de imágenes médicas digitales. Al principio, el objetivo del proyecto OsiriX era simplemente escribir un programa de software para convertir archivos DICOM de imágenes médicas en un archivo de película QuickTime, para ayudar a un amigo radiólogo a crear una base de datos de archivos de enseñanza. En junio de 2004, Antonie lanzó la primera versión de OsiriX. En esa etapa, solo se ofrecía una base de datos básica y un visor simple de imágenes médicas, sin funciones de procesamiento posterior ni herramientas de medición. Pero eso fue suficiente para llamar la atención: un artículo sobre el proyecto OsiriX se publicó en junio de 2004 en el *Journal of Digital Imaging* y se convirtió en un trabajo de referencia. (OsiriX | Story. 2017).

En junio de 2005, durante la conferencia mundial de desarrolladores de Apple (WWDC) en San Francisco, el equipo OsiriX recibió dos prestigiosos premios *Apple Design Awards* (Apple Design Awards - Apple Developer. 2017): el mejor uso de código abierto y la mejor solución informática científica Mac OS X. En marzo de 2009, Antoine Rosset, y otros dos socios investigadores, Joris Heuberger y Osman Ratib crearon la Fundación OsiriX para promover la informática en medicina. Esta fundación sin fines de lucro ofrece becas a estudiantes para desarrollar software en medicina y organiza premios para estimular el desarrollo en imágenes digitales y postprocesamiento (OsiriX | The world famous medical imaging viewer. 2017). En febrero de 2010, se crea la empresa Pixmeo para crear y distribuir una versión certificada (CE, FDA, ANVISA) de OsiriX: OsiriX MD. Hoy OsiriX tiene más de 14 años de éxito con más de 400,000 usuarios y tiene más de 20,000 descargas por mes. Se usa en más de 170 países en 15.000 instituciones. Desde 2015, OsiriX se ha convertido en una aplicación comercial. Ya no es una aplicación gratuita ni una aplicación de código abierto, aunque la distribución "OsiriX Lite" sigue disponible de forma gratuita con limitaciones.

Figura 111: Captura de pantalla - [www.osirix-viewer.com](http://www.osirix-viewer.com)



#### 11.2.4.5. Dicom to Print, D2P™ de 3D Systems

D2P es un paquete de software modular independiente que está diseñado para abordar y consolidar todos los pasos de preparación del modelo 3D, desarrollado por 3D Systems. Se basa en herramientas automáticas de segmentación que minimizan el esfuerzo y el tiempo asociados con la creación de un modelo digital específico para cada paciente. El software está destinado a ser utilizado por el personal médico para la planificación quirúrgica preoperatoria y permite la exportación de modelos digitales en 3D en varios formatos de archivo que pueden ser utilizados por numerosas aplicaciones. Cuenta con aprobación (FDA) 510 (K) de la *Food and Drug Administration* de Estados Unidos.

Entre sus ventajas más reconocidas están: a) Es una suite de creación que soporta todos los pasos de preparación del modelo. b) Ideal para la planificación quirúrgica preoperatoria para nuevos usuarios gracias a su interfaz simple y específica para cada módulo. c) Creación de modelos 3D en minutos usando herramientas de segmentación automática. d) Soporta varias modalidades de imagen (CT, MR, CBCT). e) Los resultados se superponen en las imágenes del paciente para garantizar la precisión. f) Herramientas de edición intuitivas que incluyen coloración automática de modelos. g) Transferencia instantánea de archivos 3D a varias aplicaciones, como impresoras 3D y VR. h) Visualización 3D mejorada con completa libertad de control de modelos en VR. i) Soporta varios formatos de archivos 3D e impresoras 3D. j) Fácil control de la gestión de datos. (D2P, 2018).

Figura 112: Captura de pantalla / Aplicaciones de VR, D2P Suite / <https://es.3dsystems.com/dicom-to-print>



## 11.3. Empresas tecnológicas relacionadas con la investigación.

### 11.3.1. Stratasys.

Stratasys, Ltd. es un fabricante de impresoras 3D y sistemas relacionados para producción de productos con manufactura aditiva. Fundada en 1989 en Minnesota EE.UU. En octubre de 1994, Stratasys salió al mercado accionario y tuvo una oferta pública inicial en NASDAQ; la compañía vendió 1,38 millones de acciones ordinarias a 5 USD por acción, con un valor neto recaudado de aproximadamente \$ 5,7 millones. En enero de 1995, Stratasys realizó una alianza con IBM al comprar la tecnología prototipado desarrollada por esta compañía, al igual que otros activos y 16 ex-ingenieros de IBM, desarrollando un sistema de extrusión muy similar al ya mencionado modelado por deposición fundida (FDM). En 2003, el modelado de deposición fundida Stratasys (FDM) fue la tecnología de prototipado rápido más vendida en el mundo, superando a sus competidores. En 2007, Stratasys suministró el 44% de todos los sistemas de fabricación aditiva instalados en todo el mundo, por lo que es el líder del mercado unitario a nivel mundial. (Stratasys: A History of Invention. 2017).

En enero de 2010, Stratasys firmó un acuerdo con HP (Hewlett Packard) para fabricar impresoras 3D de la marca HP, aunque en agosto de 2012, se suspendió el acuerdo de fabricación y distribución con esta marca. En mayo de 2011, Stratasys anunció la compra de Solidscape, líder en impresoras 3D de alta precisión para aplicaciones de fundición a la cera perdida. En abril de 2012, Stratasys anunció una importante fusión con la empresa privada Objet Ltd., fabricante líder de impresoras 3D con sede en Rehovot, Israel, conservando el 55% de la compañía y cediendo el 45% a su contraparte Israelí. En 2013 Stratasys anunció la compra de otras tres empresas emergentes en la industria de la impresión 3D, MakerBot Industries, Solid Concepts y Harvest Technologies. Las soluciones de la compañía brindan a los clientes una libertad de diseño y flexibilidad de fabricación inigualables, lo que reduce el tiempo de lanzamiento al mercado y reduce los costos de desarrollo, a la vez que mejora los diseños y las comunicaciones. El ecosistema creado por Stratasys incluye impresoras 3D para prácticamente todas las necesidades; ofrece una amplia gama de materiales de impresión 3D; consultoría estratégica, servicios profesionales y las comunidades de Thingiverse (Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects. 2017), y GrabCAD (About GrabCAD. 2017), con más de 2 millones de archivos imprimibles en 3D para diseños gratuitos. Cuenta con más de 2.700 empleados y 1.200 patentes de fabricación aditiva otorgadas o en trámite, Stratasys ha recibido más de 30 premios de tecnología y liderazgo a nivel mundial. (Stratasys | About Us—The 3D Printing Solutions Company. 2017). Para 2018 su impresora más potente es el modelo PolyJet J750 (Stratasys J750 3D Printer | Stratasys. 2017), capaz de imprimir a todo color y con 6 materiales diferentes al mismo tiempo, y con una resolución de 0,014 mm, aproximadamente la mitad del ancho de una célula de piel humana.

Figura 113: Modelo Anatómico didáctico del Hígado Humano / Stratasys J750



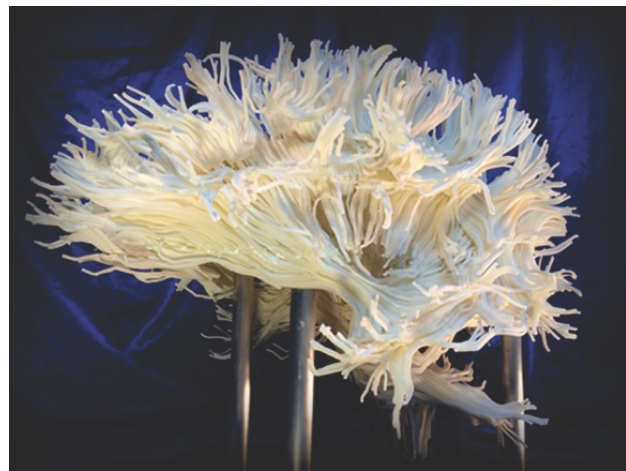


### 11.3.2. 3D Systems.

3D Systems, es una empresa que diseña, fabrica y vende impresoras 3D de una amplia gama de tecnologías, fundada por Chuck Hull quien inventó un nuevo concepto de la tecnología estereolitográfica en 1986. Las tecnologías y servicios de 3D Systems se utilizan en las etapas de diseño, desarrollo y producción de muchas industrias, incluidas la industria aeroespacial, automotriz, de atención médica, dental, entretenimiento y bienes duraderos a nivel mundial. La compañía ofrece una gama de impresoras 3D de grado profesional y de producción, así como software y materiales siendo pioneros en fabricación por estereolitografía. 3D Systems ofrece más de cien materiales para ser utilizados con sus impresoras, incluyendo ceras, materiales similares al caucho, metales, materiales compuestos, plásticos y nylon. Desde 2012 está presente en la Bolsa de Nueva York (DDD), tiene más de 359 patentes en los Estados Unidos y en el extranjero. (Our Story | 3D Systems. 2017).

A fines de 2001, 3D Systems comenzó un programa de adquisiciones que expandió la tecnología de la empresa mediante la propiedad de software, materiales, impresoras y contenido imprimible, así como el acceso de las habilidades de ingenieros y diseñadores. 3D Systems ahora emplea a más de 2400 personas en 25 oficinas en todo el mundo. A través de sus adquisiciones, la compañía ha logrado una fuerte y creciente presencia en Asia-Pacífico (China, Corea, Japón) y Europa (Francia, Alemania, Suiza, Italia, Reino Unido), además de expandir su marca de materiales impresos, impresoras, software de CAD industrial y profesional, servicios de impresión de piezas personalizadas a pedido, tecnologías de captura y escaneo de datos. En septiembre de 2014, 3D Systems adquirió la empresa belga LayerWise. Un proveedor de servicios en el área de impresión y fabricación metálica directa en 3D. La compañía fue un *Spin-off* de la Universidad de Lovaina. 3D Systems está involucrado en un acuerdo de varios años con el "Smithsonian Institution" como parte de un esfuerzo de este centro de educación e investigación del gobierno de Estados Unidos para fortalecer aspectos de la administración de las colecciones y aumentar el acceso a la colección a través de representaciones en 3D. Esta asociación es parte de las estrategias de la compañía para transmitir el potencial y aplicaciones de la impresión 3D al tiempo que aumenta la visibilidad y la accesibilidad de los tesoros nacionales de EE.UU. (3D Systems Delivers 3D Printed Whale Fossil To Smithsonian Institution | 3D Systems. 2017).

Figura 114: Impresión 3D del misterio del cerebro exhibición del Instituto Franklin Filadelfia - EE.UU / Impreso con tecnología de 3D Systems.





### 11.3.3. Materialise.

Materialise es una empresa con sede en Bélgica y sucursales en todo el mundo, se fundó en 1990, con el objetivo de dar nuevos usos a la impresión 3D y encontrar nuevos nichos de explotación. Desde entonces, ha creado una gama de soluciones de software y servicios asociado al mundo de la fabricación aditiva. Sectores como la sanidad, la automoción, la industria aeroespacial, el arte, el diseño y los bienes de consumo, han influenciado el desarrollo de nuevas aplicaciones innovadoras que explotan estas tecnologías para hacer el mundo mejor y más saludable. Materialise combina el mayor grupo de desarrolladores de software de la industria con una de las instalaciones centralizadas de impresión 3D más grandes del mundo. Su objetivo es empoderar a sus clientes para realizar una transición adecuada en la implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital y lanzar innovaciones que tienen el potencial de cambiar la idea de la industria tradicional. Materialise cuenta con un servicio de impresión en 3D para modelos anatómicos llamado: AnatomyPrint (Models, A. 2017). Un servicio *online* que faculta a los radiólogos, médicos y cirujanos de todo el mundo para enviar archivos de imágenes médicas y convertirlas en modelos tangibles impresos en 3D. (About Materialise. 2017).

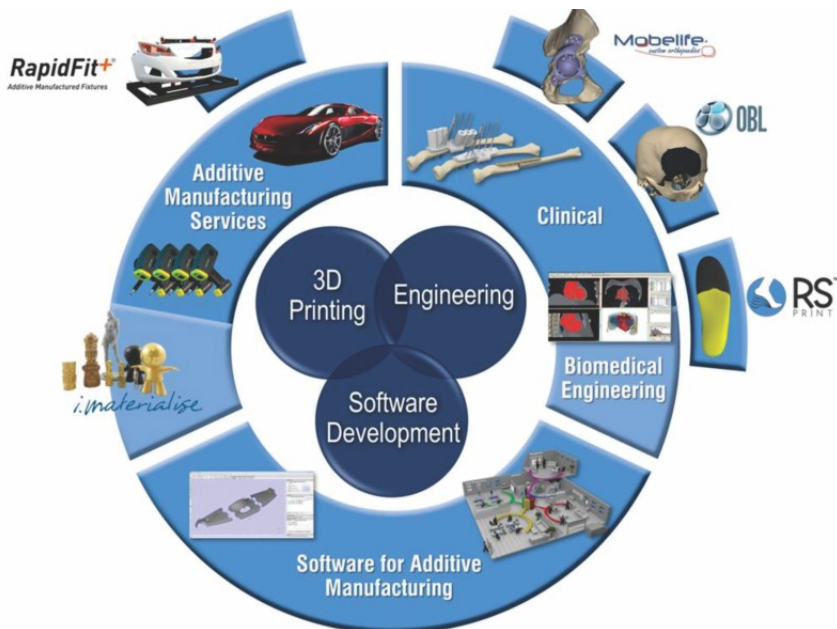


Figura 115: Diagrama empresarial Materialise Group / fabbaloo.com

#### 11.3.4. EOS.

EOS es una empresa alemana especializada en el diseño de máquinas de fabricación aditiva, junto con Stratasys y 3DSystem. EOS es el líder tecnológico mundial para la impresión 3D industrial de metales y polímeros. Fue fundada en 1989, la compañía es pionera e innovadora en soluciones integrales en fabricación aditiva. EOS domina la impresión con láser en diferentes tipos de material en polvo y es pionera en la sinterización directa con láser metálico (DMLS), enfocándose en el uso a gran escala industrial. Provee todos los parámetros del sistema, desde el material, el proceso de preparación de archivos para que todo se armonice de forma integral para garantizar una alta calidad de las piezas y, de este modo, facilitar una ventaja competitiva decisiva en cualquier industria. Sus clientes se benefician de la experiencia técnica en servicios globales, ingeniería de aplicaciones y consultoría en temas relacionados. Estas tecnologías están cambiando los fundamentos de la cadena de valor industrial y su impacto masivo en escenarios de producción futuros. (Industrial 3D printing with EOS, 2017).

La libertad de diseño, la personalización, la sostenibilidad, el desarrollo rápido de productos y las ventajas de costos asociados potencializan industrias que integran la manufactura aditiva de forma integral en todo el proceso, no solamente adquiriendo impresoras 3D. Los sistemas de impresión 3D EOS industriales permiten reaccionar rápidamente a los requisitos cambiantes de los mercados volátiles y atender a tendencias tales como la creciente personalización de los productos finales. La tecnología de fabricación aditiva hace que estas partes sean reproducibles y un número creciente de versiones se vuelven económicamente viables. EOS ofrece mucho más que los materiales y sistemas necesarios para la fabricación aditiva: aporta el conocimiento exhaustivo del mercado y una comprensión precisa de los procesos de desarrollo específicos en el campo de la tecnología. Los sistemas EOS pueden fabricar dispositivos médicos. Sin embargo, EOS no puede ofrecer ninguna garantía de que estos dispositivos cumplan con todos los requisitos sin el acompañamiento de un especialista médico. (Eos.info.medical, 2017).

Figura 116: Implante de titanio / Fabricación Aditiva / Tecnología EOS GmbH.

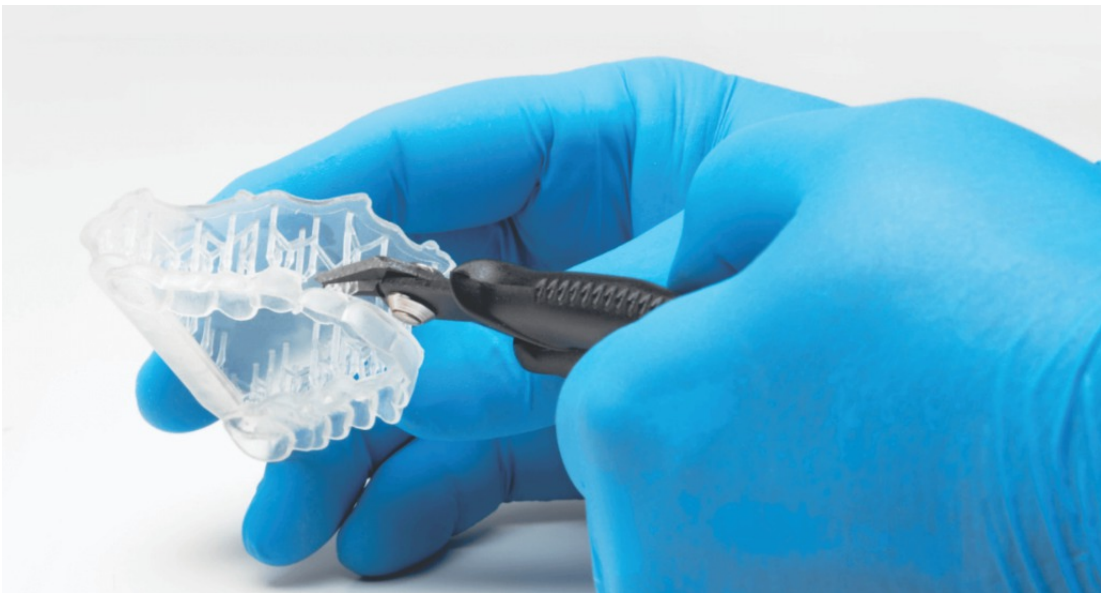


### 11.3.5. FormLabs.

FormLabs es una empresa emergente iniciada en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) en 2011, emplea a más de 400 personas liderado por ingenieros y diseñadores, en oficinas en Alemania, Japón y China. Su objetivo empresarial es brindar herramientas de fabricación potentes y accesibles para creativos y profesionales de todo el mundo. Sus productos más representativos son la impresora 3D Form 2 SLA y la impresora 3D Fuse 1 SLS. FormLabs también desarrolla materiales de alto rendimiento para impresión SLA y SLS, así como software de impresión 3D como PreForm y Dashboard (About Us | Formlabs, 2017).

FormLabs cuenta con una línea de aplicaciones y materiales específicos como “Dental Model Resin” enfocados en la industria odontológica para el diseño de modelos de coronas y puentes con matrices extraíbles, fabricados en resinas de alta precisión dentro de  $\pm 35$  micras de resolución, acabados de superficie mate y lisos. Adicionalmente oferta una resina biocompatible clase I, esterilizable en autoclave, la “Dental SG” está diseñada para imprimir guías quirúrgicas precisas y dispositivos similares. También oferta la resina limpia “Dental LT”, una resina biocompatible clase II con alta resistencia a la fractura y al desgaste a largo plazo, es ideal para el desarrollo de férulas duras, retenedores y otros aparatos de ortodoncia de impresión 3D. Este material transparente se puede pulir hasta llevarlo a un nivel de alta transparencia óptica. (Professional 3D Printing Materials for Digital Dentistry, 2017).

Figura 117: Captura de pantalla - modelo impreso con Form 2 // [www.formlabs.com/materials/dentistry/](http://www.formlabs.com/materials/dentistry/)



### 11.3.6. Ultimaker.

Ultimaker BV es una empresa holandesa de impresoras 3D fundada en 2011. Sus fundadores crearon un diseño propio, en lugar de apegarse al principio de RepRap de que su impresora debería poder imprimir sus propias piezas, diseñaron su impresora para que se construyera principalmente con partes de madera contrachapada cortadas con láser, que podrían producirse más rápido que las piezas impresas en ese momento (About Ultimaker | Ultimaker, 2017). Es una empresa con oficinas y línea de montaje en Estados Unidos con tecnología FDM, desarrollan software de impresión en 3D, y venden materiales de impresión 3D con su propia marca. Estos productos son utilizados por industrias como la arquitectura, la sanidad, la educación y la fabricación a pequeña escala. Ultimaker ha sido muy importante para el desarrollo de la impresión 3D en el ámbito médico, al contribuir con dos factores importantes, el costo de la impresora y sus consumibles frente a otras ofertas en el mercado, y la facilidad e interfaz de trabajo para un público más amplio que no tenga conocimiento profundo en el mercado emergente de impresión 3D recreativa. Entre los proyectos destacados de entusiastas de la impresión 3D que utilizan la impresión FDM en general, están los desarrollos de prótesis para extremidades impresas en 3D, así como modelos anatómicos de enseñanza y planificación quirúrgica (Stories | Ultimaker, 2017).



Figura 118: Impresora 3D FDM - Ultimaker 3 Extended. / <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-3>

### 11.3.7. RepRap y Prusa.

Prusa3D es una empresa que diseña, produce y comercializa impresoras 3D de tipo FDM, fundada por Josef Průša en República Checa en 2011(Prusa3d,2017). La Prusa i3, es su modelo más difundido a nivel mundial, basada en parte en el proyecto RepRap (RepRap 2017), pero con mejoras sustanciales en la arquitectura y modo de uso, hizo que se catapultara como un referente mundial en este tipo de segmento de impresoras. RepRap fue la primera de las impresoras 3D de bajo costo, comenzó con una idea de revolución de que las impresoras 3D fueran autoreplicables y de código abierto, convirtiéndose en la impresora 3D más utilizada entre los entusiastas y miembros globales de la comunidad *Maker*. Las impresoras RepRap fueron las primeras impresoras 3D de escritorio capaces de imprimir objetos sencillos en plástico, incluyendo sus propias piezas, con las cuales y un kit adicional que incluía motores, electrónica y demás componentes podía autoreplicarse. Reprap.org es un proyecto de la comunidad, lo que significa que puede editar casi que la totalidad del proyecto haciendo contribuciones para su mejora. En 2017, el creador de RepRap, Adrian Bowyer, recibió el premio a la mejor contribución de la industria de impresión 3D y fue incluido en el cada vez más importante salón de la fama de la impresión en 3D. Puede que este tipo de impresoras no sean las impresoras 3D más avanzadas técnicamente, ni las más precisas, pero sin duda, ha sido la puerta de entrada de muchos proyectos y entusiastas de la impresión 3D. El bajo costo de la Prusa y la facilidad de construcción y modificación la han hecho popular en la educación, y un vehículo de exploración tanto para aficionados como para profesionales. Debido a que la impresora es de código abierto, ha habido muchas variantes producidas en todo el mundo, y al igual que muchas otras impresoras RepRap, la Prusa i3 es capaz de imprimir algunas de sus partes. Este tipo de impresoras fueron las utilizadas en el año 2014 como herramienta para comprobar conceptos del proyecto general impresión de modelos anatómicos y simuladores de entrenamiento médico, tanto en la Universidad El Bosque como en la Universidad Politécnica de Valencia.

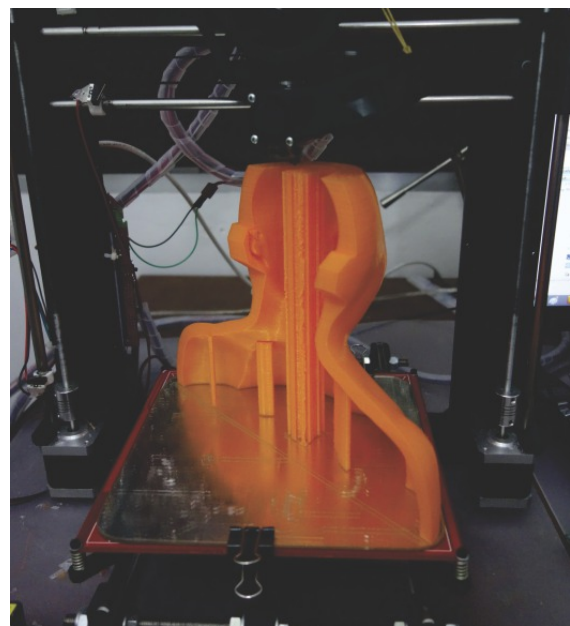


Figura 119: Prueba de concepto - Modelo FDM - FabLab Valencia 2014

### 11.3.8. Impresión 3D tercerizada. Shapeways.

Shapeways es una empresa holandesa fundada en 2007, su base principal de operaciones se encuentra en Nueva York, presta servicios de impresión 3D en diferentes materiales y en diferentes calidades y tecnologías tanto para la industria, como para aprendices y todo el espectro que entre ellos exista. Tiene dos grandes líneas de negocio, la primera la venta de accesorios, joyería, piezas de arte, productos de hogar, juguetes, entre otros, que son algunos de los productos terminados que vende bajo pedido, imprimiéndolos en 3D según la solicitud personalizada de cada cliente. La segunda línea de negocio es la impresión 3D de modelos únicos y nuevos que cada cliente puede subir a su plataforma. Cuentan con una red global de socios en todo el mundo, en el 2012 la compañía imprimió y vendió más de un millón objetos co-creados por clientes (ShapeWays, 2016). Actualmente tiene una asociación con Hasbro para creación de sus juguetes en miniatura. Entre otras marcas utiliza impresoras marca Stratasys, pionera de la tecnología de impresión 3D PolyJet®, la más avanzada en el mercado mundial, ya que puede incluir diferentes tipos de materiales, colores en una misma impresión, para ajustarse adecuadamente a las necesidades específicas de los especialistas en salud proporcionando los prototipos más realistas posibles hasta la fecha. Los dos sets desarrollados por AtlasPro (corazón y dientes) que hasta 2015 fueron impresos en la UEB fueron fabricados con impresoras profesionales Stratasys gestionadas por Shapeways, fueron utilizadas diferentes tecnologías, siendo la más utilizada la impresión con tecnología FDM - Fused Deposition Modeling, este tipo de tecnología fue seleccionada porque puede conformar cavidades complejas de cualquier forma imaginable al tener a su disposición dos cabezales de impresión, el primero formando el volumen que quiere ser fabricado y el segundo depositando material de soporte en los espacios vacíos que posteriormente será disuelto en disolventes según el tipo de filamento utilizado, esta tecnología fue seleccionada porque representaba la mejor relación costo / beneficio para el proyecto, pero no necesariamente representaba la tecnología más alta disponible en el mercado. Igualmente se realizaron pruebas de experimentación tecnológica en menor escala con sistemas de impresión por sinterizado selectivo por láser (SLS), impresión en polímeros flexibles, cerámica, entre otros. Estos tipos de tecnología presentes en el mercado y de fácil acceso de forma tercerizada, pueden ser utilizados por el proyecto para la impresión de diferentes piezas, sin tener que afrontar grandes costos de producción, y abriendo la posibilidad de tener tecnología de punta al servicio de la Universidad y contar con una flexibilidad de experimentación más alta según las necesidades específicas de los proyectos asociados, cubriendo los recursos tecnológicos y dando viabilidad y sustento concreto a futuros desarrollos. Al igual que Shapeways han surgido otros servicios de impresión 3D bajo la misma filosofía como sculpteo.com, threeding.com, entre otros. En Colombia estos servicios funcionan de forma remota apoyados por servicios de mensajería internacional.

Figura 120: Imagen de referencia. // Shapeways.com





### 11.3.9. Materiales poliméricos - Smooth On - Polytek.

Smooth-On (Smooth-On, Inc. 2016), es un fabricante de diversos productos de polímeros para uso en la industria de los efectos especiales y campos relacionados, fundada en 1895 en Estados Unidos y pionera en el desarrollo de materiales poliméricos vinculados con la fabricación de productos artificiales. Sus principales productos relacionados con el proyecto de investigación incluye Psycho Paint™, Skin-Tite™, Slacker™, Dragon Skin™, SMASH! Plastic™ y muchos otros cauchos y plásticos relacionados. Son materiales desarrollados específicamente en su portafolio de “Medical Simulation” que buscan recrear las propiedades físicas de los sistemas orgánicos con polímeros no tóxicos, fáciles de preparar y al alcance de todos. Cabe resaltar que los productos de esta marca son comercializados en Colombia por distribuidores especializados y realizan envíos a todo el mundo por transportadores internacionales comprando directamente en su página web, o en portales como Amazon o eBay. Por otra parte la marca Polytek Development Corp (Polytek Development Corp. 2016), competencia directa de Smooth On, también fabrica y comercializa líneas completas y versátiles de productos para moldes de caucho líquido, colada de plástico / resinas / espumas y otros materiales de moldeo de fundición especializados para cada aplicación. Estos materiales se utilizan para crear reproducciones exactas, altamente detalladas de cualquier modelo original en hormigón, yeso, resina, espuma, cera y más. Los artistas, escultores, diseñadores, ingenieros, aficionados, modelistas y los usuarios industriales utilizan estos productos a nivel mundial para moldear con precisión y reproducir piezas de forma rápida, coherente y rentable. Tienen la ventaja que para la utilización de estos materiales no hace falta una infraestructura robusta, lo que permite tener a cualquier fabricante materiales con óptimas propiedades para el desarrollo de sus productos en series cortas a un costo razonable.

Figura 121: Captura de pantalla - Smooth-On - Medical Simulation Products.





Figura 122

**PROYECTO SKIN**

Facultad de Creación y Comunicación

D.I. Charmian Rodríguez - 2016





Figura 123:

## FABRICACIÓN FANTOMA

Laboratorio de Modelos y Prototipos UEB

Facultad de Creación y Comunicación. 2016



# **12. FASE DE DESARROLLO: UNIVERSIDAD EL BOSQUE**

## 12.1. Antecedentes / Historia del proyecto.

Como parte de la investigación doctoral del profesor Ávila titulada: Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso estudio: Universidad El Bosque (UEB), en el segundo semestre de 2014 y primer semestre de 2015 se dictaron dos cursos de diseño de producto para el desarrollo de material didáctico para la enseñanza en áreas de la salud. Estos cursos contaron con el apoyo de los profesores y doctores Diego Aldana, director del anfiteatro UEB y el Dr. Andrés Rodríguez de la facultad de Odontología UEB, quienes colaboraron de forma desinteresada en el desarrollo del proyecto, prestando su tiempo y conocimiento en el direccionamiento de los estudiantes de Diseño Industrial para comenzar el proceso de diseño que llevaría al desarrollo de los primeros modelos anatómicos.

En estos cursos se formaron alrededor de cuarenta (40) estudiantes en técnicas contemporáneas de escultura orgánica digital y fabricación digital, se presentaron igual número de proyectos en el octavo y noveno salón académico de Diseño UEB, con resultados sobresalientes para estudiantes de tercer año de Diseño Industrial. En estos cursos se hicieron grandes avances en el acercamiento entre facultades en pro del desarrollo de proyectos en conjunto más ambiciosos, y se demostró el potencial que tiene la Facultad de Creación y Comunicación para ser el eje integrador en proyectos complejos que impactan de forma positiva la comunidad académica y los indicadores de medición en la articulación de proyectos.

Paralelamente se trabajó en el primer semestre de 2015, un proyecto de grado con la temática de diseño y fabricación digital de material didáctico para Odontología, presentado por la estudiante Laura Chaparro de la carrera de Diseño Industrial, el cual contó con la ayuda principal del doctor Rodríguez de la facultad de Odontología, el resultado de este proyecto fue muy bien recibido por la comunidad universitaria en general y desencadenó un interés en el desarrollo de nuevos proyectos. Posteriormente en la décima versión del salón académico de Diseño en Noviembre de 2015, se presentaron cuatro proyectos de trabajo de grado que contaron con la asesoría del doctor Diego Aldana, con el fin de continuar la investigación de técnicas, materiales y metodologías de abordaje, para posteriormente dotar al anfiteatro de la UEB, de material didáctico validado por especialistas y fabricado con técnicas contemporáneas como impresión 3D, siempre en un ámbito académico de exploración.

El trabajo coordinado ha incluido asesorías de los docentes - especialistas en áreas de la salud a los estudiantes de Diseño Industrial, acompañamiento en el desarrollo de proyectos de trabajo de grado, visitas a diferentes laboratorios de la Universidad, (Laboratorio de Simulación Clínica, Clínicas Odontológicas, Laboratorio de Cirugía Experimental, Laboratorio de Modelos y Prototipos), demostrando un interés y la voluntad política, administrativa y económica por continuar semestre a semestre apoyando el desarrollo del proyecto doctoral del profesor Ávila.

A partir de resultados positivos y el interés por la comunidad académica en la continuación de los proyectos planteados, se participó en la convocatoria interna de estímulos a la excelencia académica 2015 en la categoría de integración, al ver que sí era posible realizar proyectos interdisciplinarios al interior de la Universidad con iniciativas simples y resultados interesantes que podrían ayudar a generar nuevos espacios de trabajo, obteniendo el primer puesto en la categoría y permitiendo así la obtención de recursos para impulsar y continuar con el proyecto de desarrollo de modelos anatómicos, y dando resultado al proyecto AtlasPro, modelos anatómicos de la UEB. Después de algunas reuniones y análisis de cuál era la mejor forma de invertir los recursos se decidió que se invirtieran los recursos para potencializar y unificar la estrategia de comunicación, experimentación tecnológica y se apostaría en perfeccionar los resultados académicos iniciales para convertirlos en unos prototipos finales que servirían para participar en convocatorias externas de financiación por más recursos, concursos de diseño y dar una mejor difusión de la globalidad del proyecto para buscar inversionistas y aliados con el fin de convertir el proyecto académico en un proyecto con proyección comercial en algunos años. (Avila Forero, 2016)

En el primer semestre de 2016, se participó en la convocatoria interna de financiación de proyectos de investigación, obteniendo financiación para el proyecto UEB 2015: PCI – 2015 - 8321, Fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo. Proyecto realizado en conjunto con la Universidad Politécnica de Valencia y el Hospital La Fe de Valencia. Este proyecto ayudó a vincular áreas del conocimiento y tres instituciones: La Universidad El Bosque como proponente del proyecto, La Universidad Politécnica de Valencia aportando su laboratorio de fabricación, FabLab Valencia y el Hospital Universitario y Politécnico de La Fe desde el área de simulación clínica y seguridad del paciente, en cabeza del doctor José Francisco Dolz, permitiendo contar con la diversidad necesaria de escenarios, conocimientos y competencias específicas para una exitosa generación de conocimiento útil y necesario para la evolución en aspectos pedagógicos y tecnológicos en los ambos campos, Diseño y Salud. A partir de este proyecto se aportó de forma significativa para organizar procesos internos de la Vicerrectoría de Investigaciones de la UEB, que afrontó nuevos retos de relacionamiento, gestión de la información y gestión de recursos. Como resultado destacado de este proceso, se realizó un fantoma de entrenamiento físico y se presentó una patente internacional relacionada con un proceso productivo titulado: “Método de obtención de réplica de vaso sanguíneo personalizada”, en España en conjunto con la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), donde la Universidad El Bosque tiene un 25% de participación en la patente internacional.

Figura 124: Aproximación al desarrollo de modelos Anatómicos / Curso de diseño de producto / Universidad El Bosque / 2014







Figura 125: Impresión 3D de modelos anatómicos para niños / Proyecto Ana - Tommy / Universidad El Bosque / 2015

Posteriormente en el año 2017 se presentó el proyecto “Simulador para entrenamiento de cirugías por laparoscopia del tórax humano, como herramienta de formación, construido a partir de tecnologías de diseño y fabricación digital” resultando ganador en la convocatoria para el apoyo de proyectos de investigación SENNOVA 2017, (Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación) del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) en la categoría de proyectos de investigación para el fomento de la innovación y desarrollo tecnológico de las empresas. Este proyecto recibió un apoyo de 28.000 Euros para su ejecución, que incluía la adecuación y compra de equipos tecnológicos y de materiales para experimentación. El proyecto se realizó con el apoyo del Laboratorio de Cirugía Experimental de la UEB e integró tecnólogos del SENA en su desarrollo, ampliando el espectro de trabajo a una nueva población joven, entusiasta por el uso de la tecnología en proyectos de desarrollo.

El proyecto global de doctorado también ha permitido encontrar diferentes oportunidades para generar nuevos proyectos en conjunto que serán presentados en convocatorias futuras, como por ejemplo el proyecto “Captura tridimensional mediante fotogrametría de colecciones de objetos físicos para realizar transferencias digitales interactivas en tres dimensiones”, que busca explotar las tecnologías de escáner y captura digital, para la transferencia de contenido de piezas museográficas a un escenario virtual e interactivo. Estos proyectos demuestran continuidad y resultados en el proceso de investigación, con el objetivo final de crear emprendimientos para explotar estos conocimientos y poderlos integrar al mercado.

De la misma forma se pretende poner a disposición de la comunidad científica, de conservación patrimonial, redes de museos y al público en general, un servicio de captura de información tridimensional para representar de forma interactiva y en tres dimensiones, colecciones museográficas, memoria material de una sociedad, productos de consumo, entre otras categorías de objetos físicos tridimensionales, demostrando que estas tecnologías y la investigación realizada permite expandir sus fronteras, partiendo del objeto de estudio inicial sobre anatomía.

Actualmente el uso de tecnologías de captura digital tridimensional permite preservar colecciones físicas, y facilita su difusión a través de catálogos digitales interactivos, haciendo que la labor de comunicación social o científica y el contacto con el público en general se incrementen exponencialmente. Encontrar el método idóneo para realizar estas capturas según la aplicación requerida resulta pertinente en contextos donde existen colecciones importantes estáticas y delicadas, objetos que permitan caracterizar una cultura, arte popular o catálogos comerciales pero con presupuestos limitados para su transferencia y difusión. Se usó la técnica de fotogrametría de rango cercano (objetos entre 10 y 100 cm<sup>3</sup>) en la investigación realizada como proyecto de trabajo de grado del estudiante Dirkar Bell de la UEB titulada "Fotoma"; en esta exploración se demostró que la técnica de fotogrametría permite capturar las propiedades geométricas de los objetos en tres dimensiones; entiéndase volumen, texturas, proporciones, colores y formas a partir de imágenes fotográficas que, en conjunto con un software especializado para el procesamiento de datos permiten obtener un archivo interactivo tridimensional de la pieza capturada, muy pertinente para la interacción virtual con órganos del cuerpo humano o cualquier pieza anatómica museográfica.

Figura 126: Modelo interactivo a partir de captura fotogramétrica 3D. Proyecto Fotoma. UEB. 2017.  
<https://skfb.ly/6utUy>



## 12.2. Curso de Diseño Industrial 1 y 2 UEB.

Como estrategia para integrar poco a poco diferentes tecnologías de diseño y fabricación digital en proyectos relacionados con la enseñanza de anatomía en la Universidad El Bosque, se formuló un curso de Diseño de Producto para estudiantes de quinto y sexto semestre de la carrera de Diseño Industrial. Este curso semestral con una intensidad horaria de seis horas semanales y 19 semanas de trabajo comenzó en la segunda mitad del año 2014 y aún hoy conserva los mismos fundamentos proyectuales. Durante los últimos tres años de trabajo al interior de la Universidad se han formado cerca de 90 estudiantes de Diseño Industrial en técnicas de escultura digital, impresión 3D, y técnicas de trabajo conjunto basadas en *Design Thinking*, para poder crear lazos con profesores y estudiantes de las áreas de la salud de la misma Universidad. El curso planteado involucra y reconoce los diferentes aspectos que afectan un proyecto de diseño, partiendo de temáticas relacionadas con el mercado, la correcta identificación de problemáticas u oportunidades, el análisis y diferenciación de usuarios y clientes, que son elementos fundamentales en el desarrollo y viabilidad de un producto y su contexto de uso basado en la experimentación y observación directa. En este curso se realizan visitas al Museo de Anatomía, Anfiteatro y laboratorios de preclínicas odontológicas de la UEB.

El objetivo principal es lograr que el alumnado aprenda a enfrentarse al desarrollo de un producto en su etapa de diseño y desarrollo a partir de la gestión de proyectos de base tecnológica, entendiendo que el concepto de industria está cambiando y donde se enmarcan conceptos de personalización, series limitadas, producción por lotes y bajo pedido, al igual que temáticas de desarrollo e ingeniería en diseño. Se analizan temáticas relacionadas con las dinámicas de la cadena productiva, metodologías de investigación focalizada, la concepción y desarrollo de ideas individuales y grupales, desarrollo de conceptos de diseño, diseño para visualización, comunicación y diseño para producción, haciendo especial énfasis en procesos y técnicas de diseño y fabricación digital. El desarrollo de estos cursos ha sido apoyado semestre a semestre por médicos y odontólogos en sus diferentes matices y particularidades dentro del ámbito académico de la UEB, siendo la principal fuente de trabajo el desarrollo de modelos anatómicos para la enseñanza en la Facultad de Odontología. Con las experiencias desarrolladas en los primeros dos semestres académicos desde 2014-II, se logró comenzar una línea de investigación con estudiantes de trabajo de grado de Diseño Industrial, lo cual permitió subir el nivel de profundidad y dar respuesta a las expectativas que dentro de la comunidad académica se comenzaron a crear a partir de los proyectos realizados anteriormente en torno a la impresión 3D especialmente, este salto de calidad en el perfil del estudiante, permitió integrar cada vez más nuevos docentes interesados en el desarrollo de proyectos particulares apoyados en las tecnologías ya mencionadas. A diciembre de 2017 se han desarrollado 17 proyectos de base tecnológica que han atraído el interés de la comunidad académica UEB y han dado paso al desarrollo de proyectos de investigación formales.

El siguiente cronograma fue diseñado para los cursos de Diseño de Producto de la UEB en 2014, con el fin de facilitar la planeación del trabajo que desarrollaban los estudiantes y pudieran relacionarse de forma estructurada con otros profesionales de facultades como Odontología y Medicina. El cronograma se presenta en tres cortes académicos, entregas, días festivos, entregas y demás parámetros de control para tener adecuado manejo de los proyectos académicos.

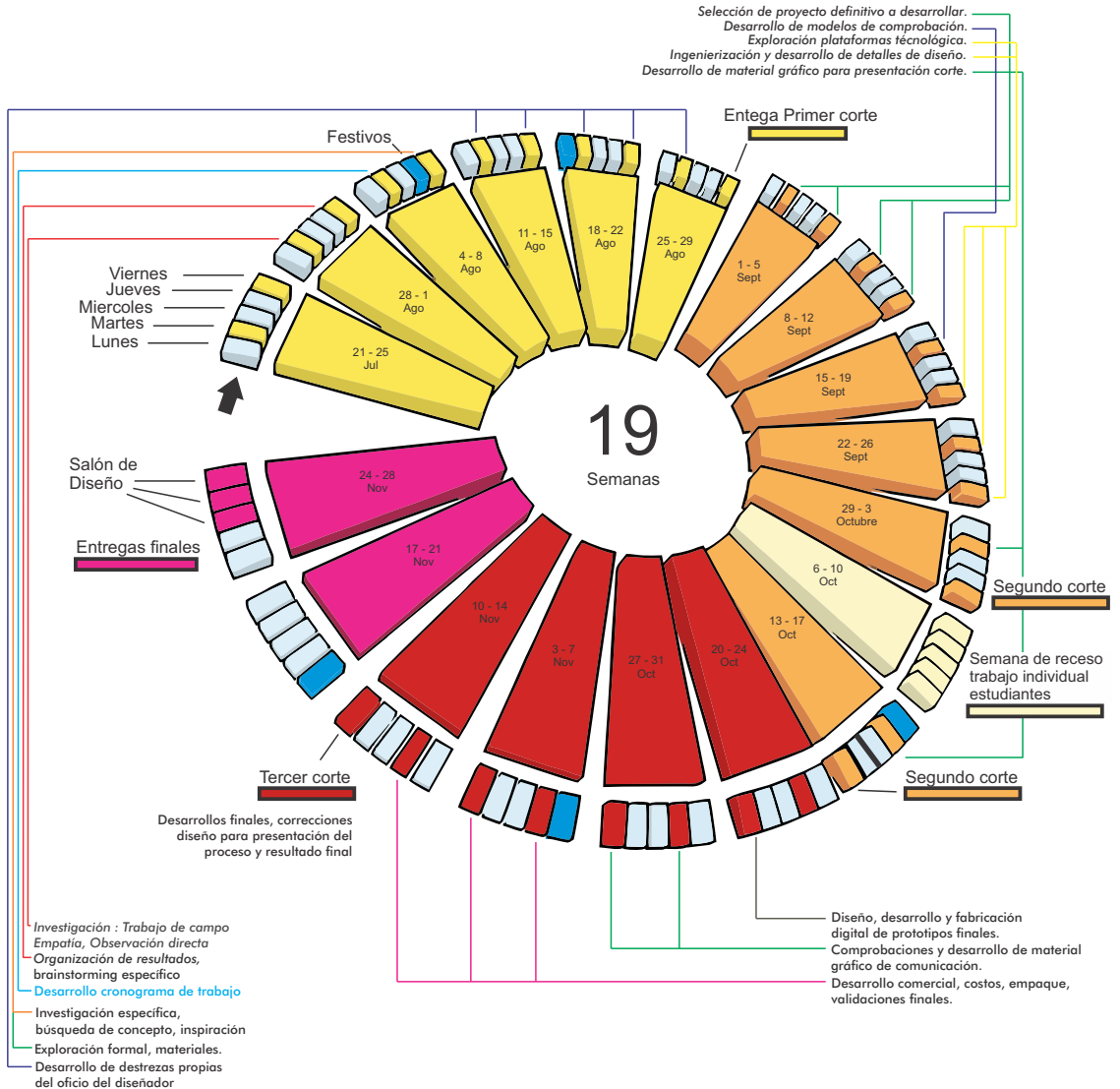


Figura 127: Cronograma de trabajo / Curso de diseño de producto / Autor: Prof. Juan Ávila / UEB / 2014

## 12.3 Proyectos de base tecnológica - Tecnoparque SENA.

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA es una institución pública Colombiana que ofrece programas de formación complementaria y titulada. Enfatiza su misión en la capacitación técnica del recurso humano; formando personas para vincularlas al mercado laboral y realiza actividades de desarrollo empresarial, comunitario y tecnológico (Sena.edu.co, 2018). Por otra parte, los Tecnoparques SENA, (Tecnoparque.sena.edu.co, 2018) son un programa de innovación tecnológica dirigida a todos los Colombianos, que actúa como acelerador para el desarrollo de proyectos de I+D+i materializados en prototipos funcionales en cuatro líneas tecnológicas que promueven el emprendimiento de base tecnológica: Electrónica y Telecomunicaciones, Tecnologías Virtuales, Biotecnología, Nanotecnología e Ingeniería y Diseño. Específicamente, con la línea de Ingeniería y Diseño se ha venido trabajando en conjunto con la Universidad El Bosque desde 2015 para apoyar desde el punto de vista técnico, el desarrollo de proyectos de base tecnológica realizados por estudiantes de Diseño Industrial que han alimentado la investigación doctoral. A 2017 se han inscrito y apoyado en el programa de Tecnoparque 6 proyectos de trabajo de grado relacionados y 1 de investigación aplicada, relacionados con el desarrollo de material didáctico y de simulación para la enseñanza de anatomía. Utilizando la infraestructura tecnológica de los Tecnoparques del SENA, se ha ayudado a cubrir algunas herramientas con las que no cuenta la UEB, como el uso de impresoras 3D industriales que son más sofisticadas o cuentan con otras prestaciones a las que se tienen en el actual laboratorio de modelos y prototipos de la UEB, y utilizando algunas herramientas de planeación, análisis y simulación, diseño industrial, ingeniería de productos y procesos, diseño y materiales para la manufactura y ensamble, fabricación digital de productos e ingeniería inversa del SENA.

La estrategia de trabajo conjunto con la línea de ingeniería y diseño está establecida en diferentes ejes, el primero de ellos es la diferenciación en la aplicación de conceptos de diseño en el desarrollo y consecución de los proyectos de base tecnológica más enfocados a la ingeniería, el segundo la integración de planes de acción dependiendo del tipo del proyecto vinculado, siendo la personalización en el servicio a cada uno de los interesados uno de los factores fuertes del programa. El tercero la planificación como proceso de definición sistémica en los lineamientos para la toma de decisiones, la asignación y distribución de los recursos y la consecución de los objetivos principales del proyecto vinculado al nodo para las instituciones de formación de profesionales del país en áreas de diseño y salud, entre otros campos de acción. Esta iniciativa ha permitido a los estudiantes de D.I. de la UEB contar con una infraestructura tecnológica más robusta para ayudar a apalancar sus proyectos con prototipos y productos mínimos viables (MVP, del inglés *Minimum Viable Product*). (Producto viable mínimo, 2017). De la misma forma ha permitido validar los proyectos en un escenario externo a la UEB, ayudando al crecimiento y madurez de competencias de los estudiantes al hacerse un acompañamiento externo por parte de un equipo interdisciplinario de profesionales con experiencia y formación académica para el análisis, planeación, diseño, ingeniería, desarrollo, pruebas y simulación de proyectos y prototipos tanto virtuales como materiales del Tecnoparque SENA.

La metodología de desarrollo de proyectos de la Red Tecnoparque SENA, consiste en once (11) actividades a ser realizadas en equipo, mediante un proceso interactivo con la plataforma de gestión de información GDrive de Google, bajo unos formatos estandarizados, que permiten regular la información de forma eficaz desde cualquier computador conectado a internet y en tiempo real (Canchica de Medina, M.E. 2016). Si los resultados obtenidos tras el desarrollo de una actividad o módulo no son satisfactorios, los estudiantes deben regresar a la actividad anterior con el fin de identificar posibles oportunidades de mejora y realizar los ajustes necesarios, todo en tiempo real. Las actividades para realizar un proyecto en el Tecnoparque son las siguientes: Inspiración: 1.) Observación. 2.) Vigilancia tecnológica. 3.) Prospectiva, Ideación. 4.) Concepto. 5.) Sostenibilidad. 6.) Modelo de Negocio. 7.) Validación, Prototipado. 8.) Preparación. 9.) Creación. 10.) Verificación y testeo. 11.) Retroalimentación. Para facilitar la apropiación de la metodología, existe una guía de trabajo, que aborda cada una de las fases, etapas y actividades que la componen y que son necesarias para la ejecución de un proyecto desarrollado en un nodo Tecnoparque. De igual manera cada uno de usuarios puede apoyarse en un Book de GDrive, con la información, descripción y documentación necesaria para desarrollar cada una de las fases, etapas y actividades de la metodología. El desarrollo y masificación de las tecnologías de diseño y fabricación digital en las últimas dos décadas, ha permitido que un número creciente de emprendedores comiencen a formular proyectos de base tecnológica en diferentes ámbitos y sectores económicos. La impresión aditiva se ha convertido en un factor de alto impacto y en la tecnología más representativa de esta nueva forma de materializar ideas. En el campo de las áreas de la salud, específicamente en el diseño y la fabricación de simuladores y el desarrollo de modelos anatómicos se ha encontrado un nicho de desarrollo importante de aplicación. Como resultado a estas dinámicas, se desarrolló un prototipo de simulador para operaciones laparoscópicas en asocio entre investigadores en cabeza del profesor Juan Sebastián Ávila de la Universidad El Bosque, bajo la convocatoria de apoyo a proyectos de SENNOVA 2016.

Figura 128: Captura de pantalla documento de trabajo G-Drive - Notebook Fase de ejecución / Tecnoparque SENA y UEB.







# AtlasPro

modelos anatómicos

Figura 129: Marca AtlasPro, Universidad El Bosque. 2016

## 12.4. Proyectos de investigación UEB relacionados.

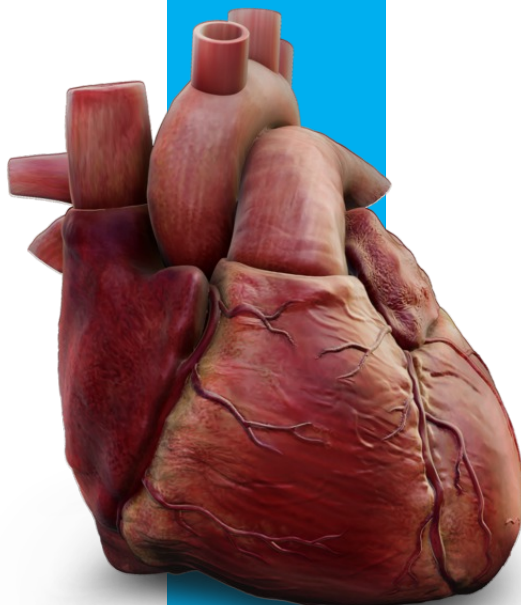
### 12.4.1. Proyecto AtlasPro. Modelos Anatómicos.

AtlasPro es una enciclopedia tridimensional (organoteca artificial) que recrea modelos anatómicos de órganos del cuerpo humano representados en diversas presentaciones con fines didácticos, proyecto con el cual se busca complementar las experiencias de aprendizaje en anfiteatros y otros centros de estudio, donde los estudiantes se enfrentan al aprendizaje de anatomía con especímenes reales conservados para su estudio, y la información que encuentran en libros y publicaciones bidimensionales. AtlasPro fundamenta su desarrollo en el concepto de autofabricación, fenómeno mundial que aprovecha los avances de la tecnología, la información y la búsqueda de desarrollo de oficios para rescatar las tradiciones y habilidades de las personas para fabricar y autoabastecer pequeños mercados que valorizan la personalización o el hecho a mano en diferentes sectores fabriles. Uno de los más famosos ejemplos de uso y que día a día toma más fuerza entre las universidades en sus facultades de diseño y laboratorios de fabricación a lo largo del mundo es la denominada comunidad *maker*, que se abre paso en sectores industriales que hasta hace poco se creían intocables, con ayuda de tecnologías como la impresión en 3D, escáner 3D y cada vez más software libres especializados, siendo posible presentar soluciones personalizadas en productos como por ejemplo para áreas de la salud, entre otra infinidad de productos que son una realidad para profesionales entusiastas. Este proyecto fue desarrollado en su primera fase de construcción con el apoyo financiero de la Vicerrectoría Académica de la Universidad El Bosque (UEB), apoyo metodológico y logístico del centro de Diseño de la UEB, apoyo tecnológico del Tecnoparque del Sena y el apoyo científico del doctor Diego Aldana Barón, Director de Anatomía de la UEB y el doctor Andrés Rodríguez Escudero, profesor de la Facultad de Odontología de la UEB.

Figura 130: Prototipo de empaques, proyecto AtlasPro, Universidad El Bosque. 2016



Modelo anatómico Molar inferior / AtlasPro



**AtlasPro**  
modelos anatómicos

*Figura 131: Render corazón, proyecto AtlasPro, Universidad El Bosque. 2016.*

## 12.4.1.1. Mapa del modelo de negocio.

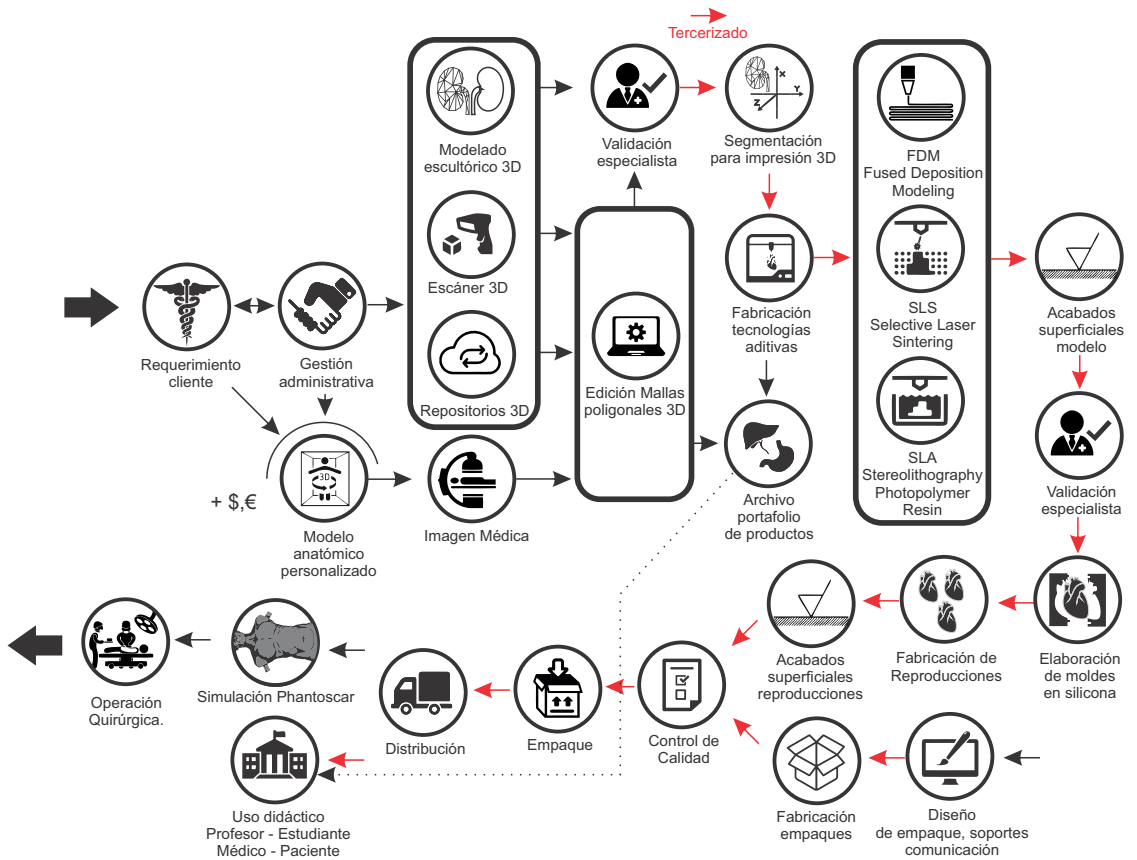


Figura 132: Modelo de negocio y servicio proyecto AtlasPro y Anatom3D. 2016

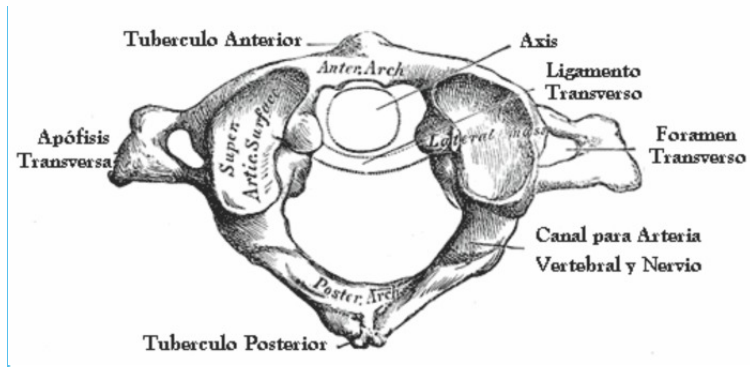
#### 12.4.1.2. Desarrollo de la marca.

La marca y el manual de uso del proyecto AtlasPro fue desarrollado profesionalmente por el Centro de Diseño de la UEB (Centro de Diseño UEB. 2017), siendo su logotipo una abstracción de la vértebra Atlas, el hueso más alto de toda la columna vertebral, y la primera vértebra cervical (C1). Esta vértebra ayuda con un juego de palabras de atlas referido al nombre de enciclopedias geográficas y su carácter de contenedor tipo libro para consulta. Así se da referencia al mundo relacionado con áreas de la salud, donde encontrará su mayor uso. La palabra que lo acompaña PRO, se refiere a un carácter de PROducto, PROfesional y de resaltar una ventaja o provecho en algún campo en particular. El proyecto de investigación que está materializado bajo la marca AtlasPro es el resultado del esfuerzo conjunto entre profesionales de diferentes especialidades para crear modelos anatómicos personalizados y simuladores de entrenamiento médico, material didáctico necesario para los procesos de enseñanza - aprendizaje en sus diferentes ámbitos y particularidades. Utilizando técnicas contemporáneas de fabricación, como escáner e impresión 3D y escultura orgánica digital, aportamos con éste proyecto a la formación cognitiva y ejecución de proyectos interdisciplinarios desde la visión y métodos del Diseño Industrial, contribuyendo así al desarrollo e implementación de una cultura de innovación en la comunidad universitaria. La Universidad El Bosque, gestora del proyecto, reconoce la importancia que tiene el desarrollo de procesos que fortalezcan la cultura de la innovación involucrando a toda la comunidad universitaria. Esta cultura se fortalece al ofrecer ambientes participativos que estimulen la creatividad, la generación de ideas, el análisis reflexivo, la crítica constructiva, el análisis de los referentes nacionales e internacionales, que permite la generación de productos, procesos, servicios, métodos y patentes que favorecen el crecimiento y mejoramiento continuo de la Universidad.

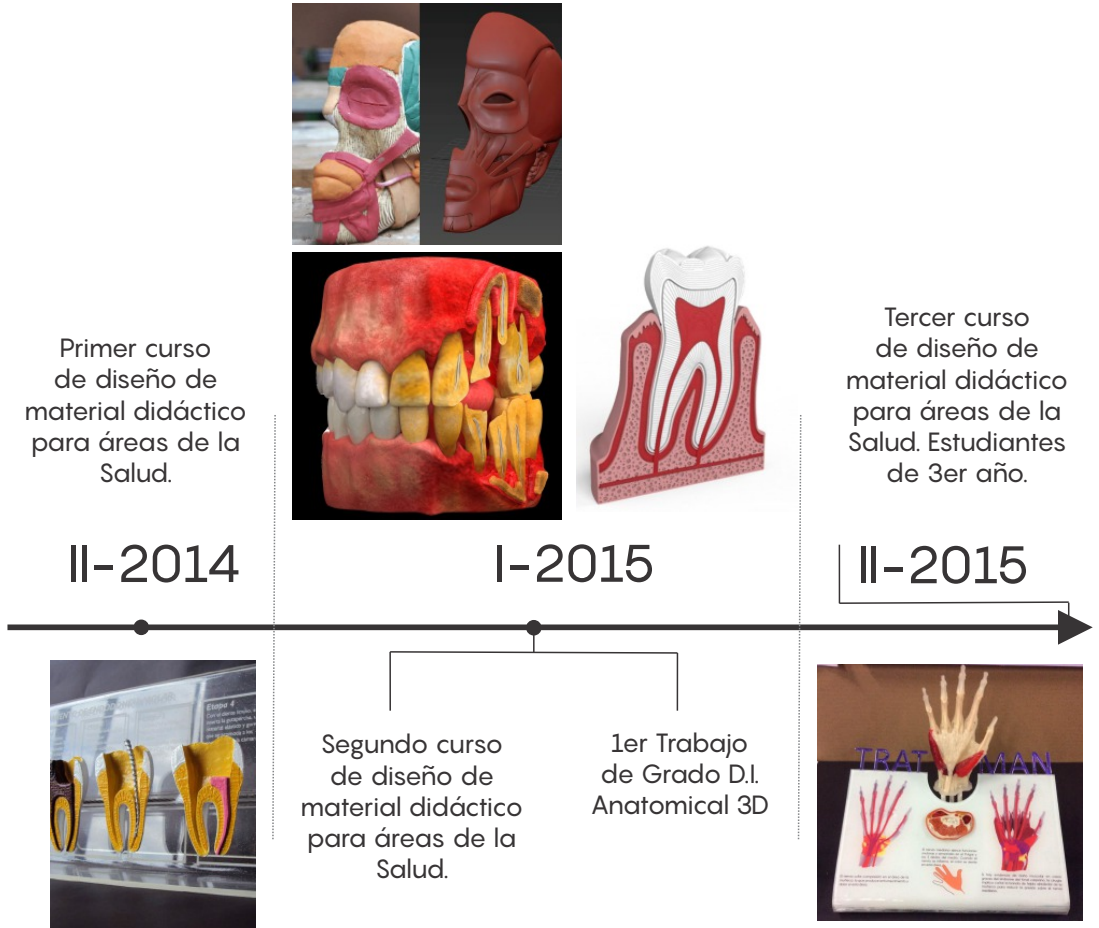
La principal característica diferencial del proyecto es la capacidad de respuesta para fabricar de forma personalizada modelos anatómicos y simuladores según las especificaciones particulares de cada una de las especialidades que así lo requieran. El uso de técnicas contemporáneas de escultura y modelado 3D, tecnologías de impresión 3D, fabricación de moldes y reproducciones con polímeros especializados y maquillaje abstraído de la industria de efectos especiales y de maquillaje que hacen posible realizar productos en pequeñas series a costos razonables, cambiando el paradigma de producción industrial, moldes costosos de inyección y altos volúmenes de producción para alcanzar un punto de equilibrio en una futura *Spinoff*. Ya se tiene dominio en técnicas de fabricación para obtener modelos anatómicos a partir de archivos de escáner médico que permiten reproducir por medio de impresión 3D, formas anatómicas de órganos con patologías, haciéndolo totalmente novedoso en su campo y abriendo un nuevo nicho de explotación en cuanto a modelos anatómicos se refiere.

La posición de la Universidad El Bosque frente al desarrollo del proyecto y productos derivados, y después de analizar la competencia, es que entiende que existe una gran ventaja comparativa con respecto a los competidores analizados, siendo la posibilidad de crear únicos o pequeños lotes de producto personalizado a gusto del cliente sin tener que recurrir a la fabricación industrial tradicional con moldes mecanizados, adicionalmente es una oportunidad que se presenta para ampliar su espectro de impacto frente a la sociedad. Igualmente al estar enfocados en el desarrollo de productos en áreas de la salud, se tiene el *know how* directo de las áreas implicadas dentro de la misma Universidad, siendo más especializado y fácil el proceso de desarrollo y con gran exactitud con la realidad tanto académica como clínica, siguiendo referentes como los proyectos realizado por la Universidad de Monash.

Figura 133: Inspiración Logotipo marca AtlasPro. Anatomía del hueso Atlas

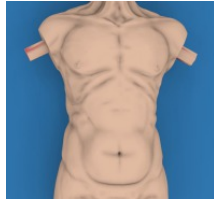






Más de 50 estudiantes de Diseño Industrial formados en técnicas de modelado y fabricación.

4 Trabajos  
de Grado D.I.  
Organ  
Modeumo  
Knee 3D  
BreakSkull



I-2016

3 Trabajos  
de Grado.  
Skin3D  
Simula  
Periodontitis

II-2016

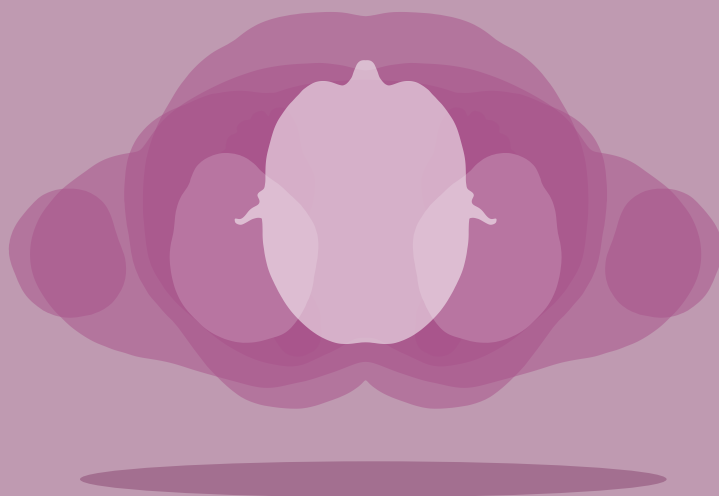


V Convocatoria  
de estímulos a  
la  
Excelencia  
Académica  
Premio mejor  
proyecto  
de Integración

Salto de  
modelos  
anatómicos a  
modelos de  
simulación y  
entrenamiento  
médico.



**AtlasPro**  
modelos anatómicos



# Anatom3D

 simulación

Figura 135: Marca Anatom3D, Universidad El Bosque. 2016



UNIVERSIDAD  
EL BOSQUE

LaFe  
HOSPITAL  
UNIVERSITARI



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

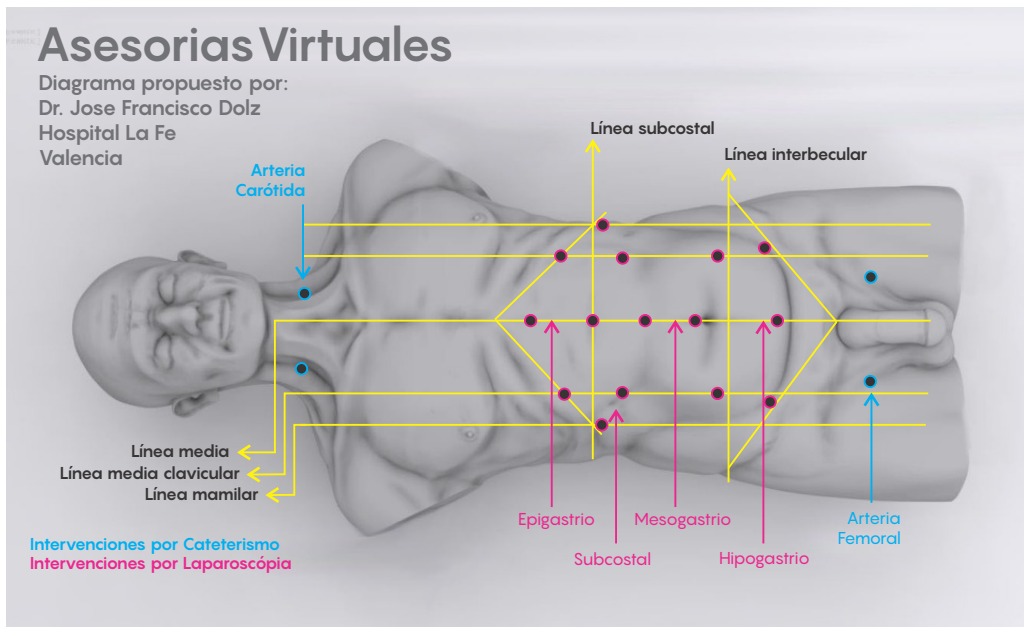


### 12.4.2. Proyecto Anato3D, simulador de entrenamiento médico por cateterismo y laparoscopia.

Este proyecto presenta el resultado de un trabajo coordinado entre la Universidad Politécnica de Valencia, el Hospital La Fe de Valencia y la Universidad El Bosque de Bogotá para fabricar un simulador de entrenamiento médico para mejorar las habilidades de cirujanos en la práctica de una intervención quirúrgica por medio de la técnica de cateterismo y posteriormente modificado para aumentar su espectro de uso con intervenciones quirúrgicas por laparoscopia. Fue financiado por la Convocatoria Interna de Investigaciones 2015 de la Universidad El Bosque, en la categoría de Investigación General - Creación. Esta investigación - creación se realizó desde el punto de vista del diseño como profesión y todos los factores relacionados con el hacer y el trabajo coordinado con especialistas en áreas de la salud, validando la fabricación del fantoma (CUN, 2016) y su materialización en términos de enseñanza y simulación clínica. Se seleccionó la operación de aneurisma cerebral por cateterismo como proyecto bandera, dada su complejidad para ejemplificar las posibilidades del simulador como herramientas de entrenamiento.

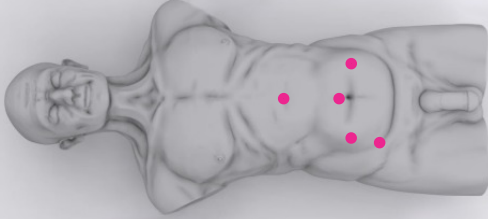
El principal objetivo del desarrollo del simulador, fue crear una plataforma para posicionar espacialmente los órganos o sistemas personalizados, obtenidos de cada paciente en el punto aproximado XYZ dentro del cuerpo humano en la mesa de cirugía, usando como modelo de medición un hombre de aproximadamente cincuenta años, para que los médicos cirujanos se aproximen al simulador con una postura adecuada y así desarrollar confianza y memoria muscular (Rodríguez-Díez, M. C., et.al. 2013), en las prácticas de simulación en un ambiente más realista, aportando en alguna medida a los esfuerzos que investigadores de todo el mundo que están realizando modelos personalizados de planificación y entrenamiento médico a partir de tecnologías de procesamiento de imágenes médicas e impresión 3D.

Figura 136: Diagrama técnico de incisiones para intervenciones por laparoscopia y cateterismo, Universidad El Bosque. Dr. José Francisco Dolz

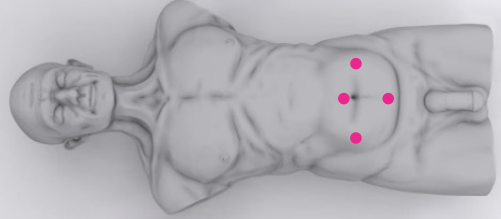


Rango de operaciones comunes que se pueden simular con el fantoma.

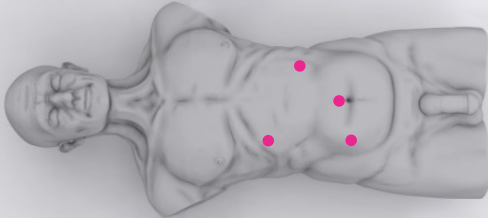
Cirugía Colorectal



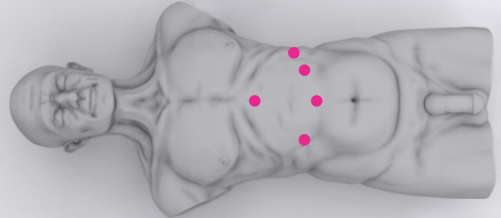
Cirugía Apéndice



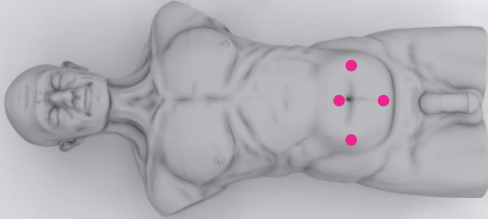
Cirugía Vesícula Biliar (Posición Francesa)



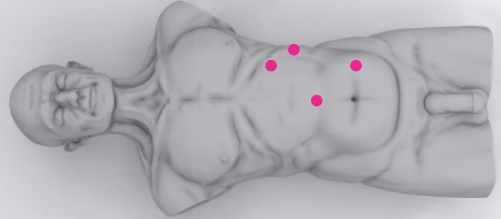
Cirugía Gástrica



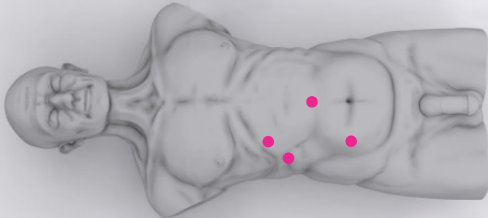
Cirugía Ginecológica



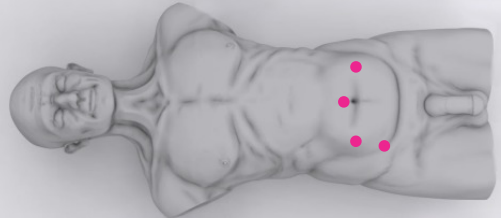
Cirugía Renal Izquierda



Cirugía Renal Derecha



Cirugía Urológica



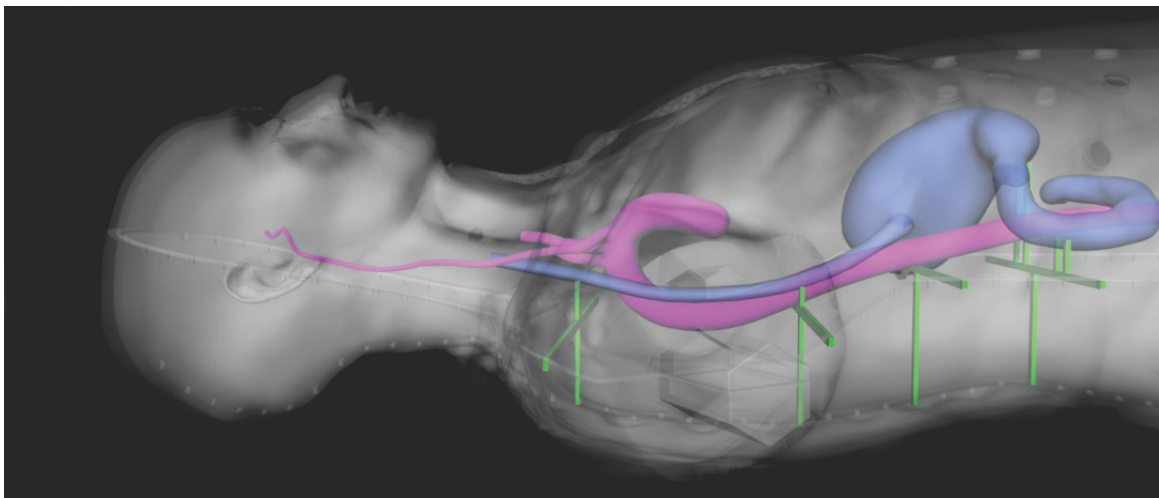
Intervenciones por Laparoscopia

Figura 137: Diagrama de posibles incisiones para intervenciones por laparoscopia y cateterismo, Universidad El Bosque. Dr. José Francisco Dolz

Actualmente en el mercado se encuentra una gama amplia de simuladores que no responden en su totalidad y de forma efectiva en la formación de estudiantes en términos de realidad emocional, (Solares, G., et.al. 2004). Al ser modelos con una baja empatía humana con los estudiantes, un bajo nivel de detalle anatómico en relación a la morfología, texturas y sensaciones de los pacientes reales (Reid-Searl, K., et.al. 2012). "La gran dificultad de la enseñanza de la medicina radica en que el aprendizaje no debe ir sólo dirigido a la adquisición de capacidades intelectuales o conocimientos, sino que también adquiere especial importancia el desarrollo de capacidades psicomotoras o habilidades prácticas y de condiciones afectivas o actitudes". (Solares, G., et.al. 2004) Para el desarrollo del fantoma, se implementaron algunas técnicas y materiales especializados traídos de la industria de efectos especiales.

Este proyecto no pretende debatir la utilidad, las técnicas o ningún aspecto referente a la cirugía como procedimiento médico - quirúrgico, fue desarrollado desde el punto de vista de entrenamiento desde el oficio del Diseñador Industrial y el aprovechamiento de tecnologías de fabricación aplicadas en el mundo médico. Durante varios años gracias a los avances en la toma de imágenes médicas, ha evolucionado la forma en que médicos y cirujanos pueden visualizar y planificar intervenciones a partir de recursos inicialmente bidimensionales como las radiografías, posteriormente tridimensionales manipulando un modelo 3D virtual en una computadora y actualmente materializando en tres dimensiones partes del cuerpo humano por medio de la impresión 3D. Este avance en términos de planificación de cirugías y entendimiento del cuerpo humano, ha permitido personalizar en tres dimensiones físicas guías quirúrgicas, órganos personalizados de pacientes reales para estudio y simuladores de entrenamiento y planificación quirúrgica. (Hongtao, et.al. 2016). "Sólo tienes la oportunidad de tallar un injerto obtenido de una costilla de un paciente, así que tienes que hacerlo perfectamente la primera vez, se necesitan años de práctica para aprender las habilidades técnicas para hacerlo. Esta fue una experiencia muy realista y lo que es genial es que puedes seguir imprimiendo docenas de estos modelos a la vez para que puedas practicar una y otra vez " dice el Dr. Cher Zhao, residente de la Universidad de Michigan Medical School. (3D printing helps surgeons sharpen their craft. 2017).

Figura 138: Render de estructuras internas, proyecto Anatom3D / 2015



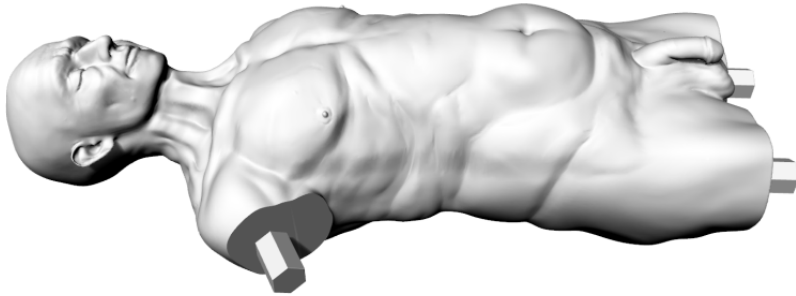


Trabajo de campo - Hospital Universitari i Politècnic La Fe, área de radiología y laboratorio de simulación y seguridad del paciente. 2015 - 2016.



### Componentes del fantoma:

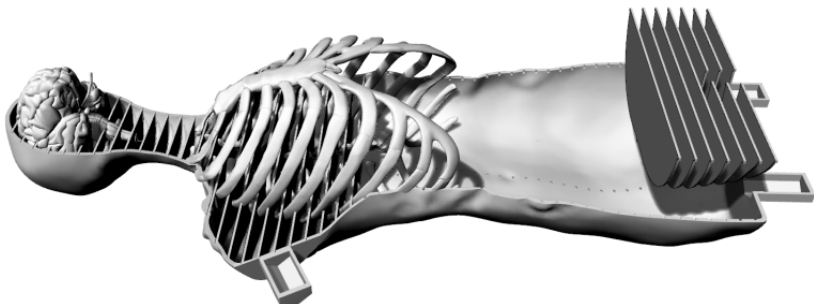
El modelado 3D, se desarrolló a partir de una figura humana de baja resolución de uso libre del repositorio BodyParts3D/Anatomography, el cual fue editado como mallas poligonales y proceso de escultura digital hasta lograr el diseño final externo que respondiera a la morfología de un paciente de avanzada edad con gesto de sedación y detalles anatómicos realistas. El fantoma se compone de 3 partes básicas: La figura externa, la estructura interna de soporte y los componentes al interior del fantoma hueco.



Modelado 3D Estructura Externa



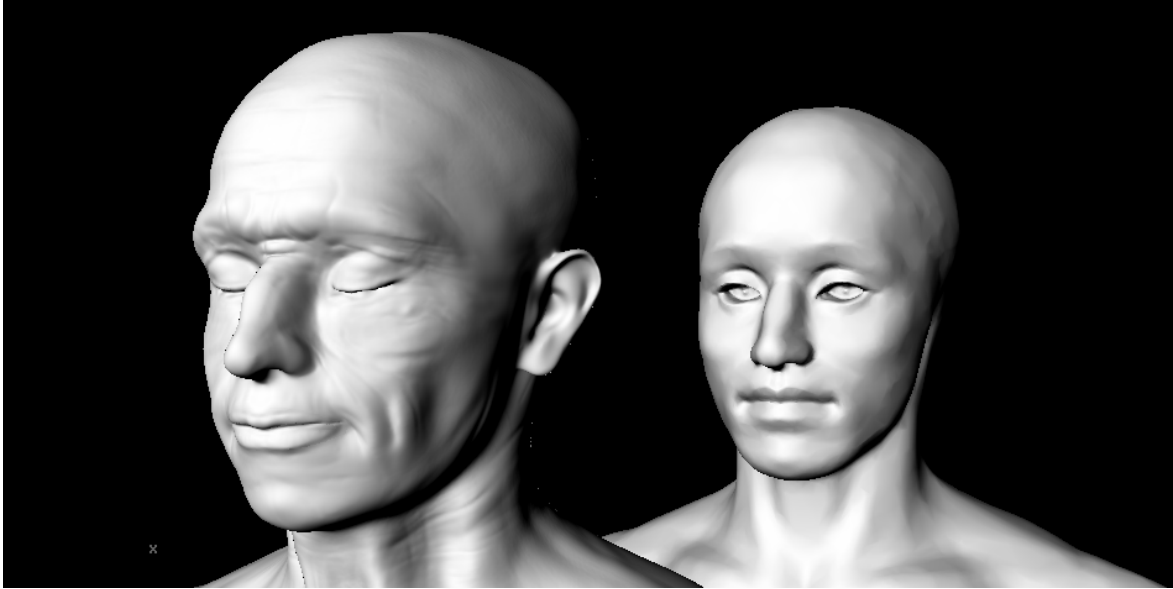
Modelado 3D Estructura Interna



Modelado 3D Componentes internos

## Modelado escultórico.

Figura 142: Modelado escultórico, proyecto Anatom3D/2016



*Modelo editado con MudBox, siguiendo los requerimientos de los Doctores del Hospital La Fé. (Lo más real posible, gesto de sedación, ojos cerrados, morfología completa del rostro).*

← *Modelo base de la biblioteca web.  
<http://lifesciencedb.jp/bp3d/>*



### Componentes del fantoma:

El proceso de modelado 3D, tardó alrededor de 800 horas de trabajo, desde el inicio de la fase conceptual, el trabajo por componentes y las diferentes correcciones que fueron realizadas en paralelo con los especialistas en áreas de la salud y técnicos en el desarrollo de moldes e impresión aditiva. El modelo virtual fue desarrollado integrando diferentes programas de modelado 3D, MudBox, 3DStudioMax y MeshMixer fueron utilizados para generar las formas plásticas y escultóricas del proyecto y Rhinoceros fue utilizado para realizar los empalmes y configuraciones mecánicas dada la necesidad de precisión dimensional para realizar encajes y uniones.

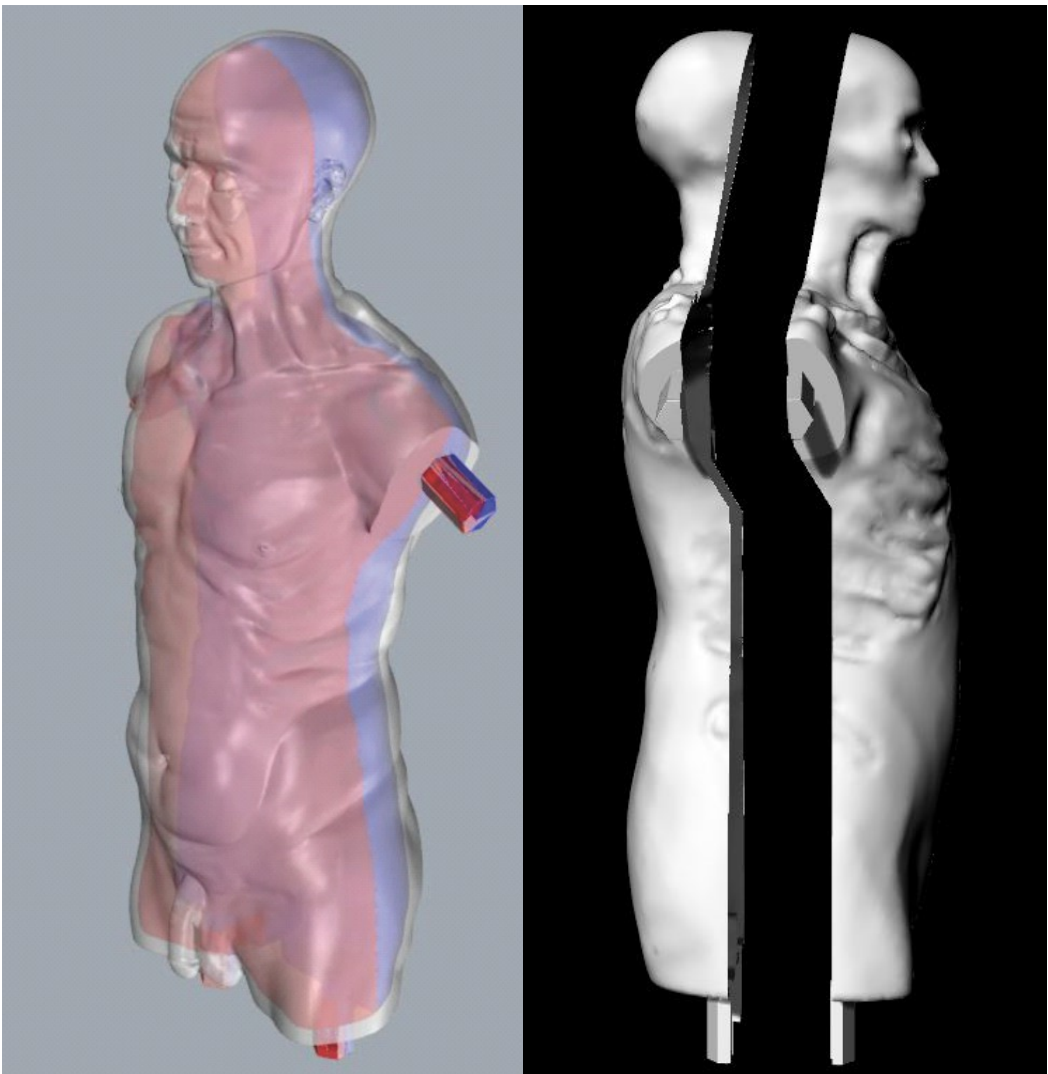


Figura 143: Modelado escultórico, proyecto Anatom3D / 2016

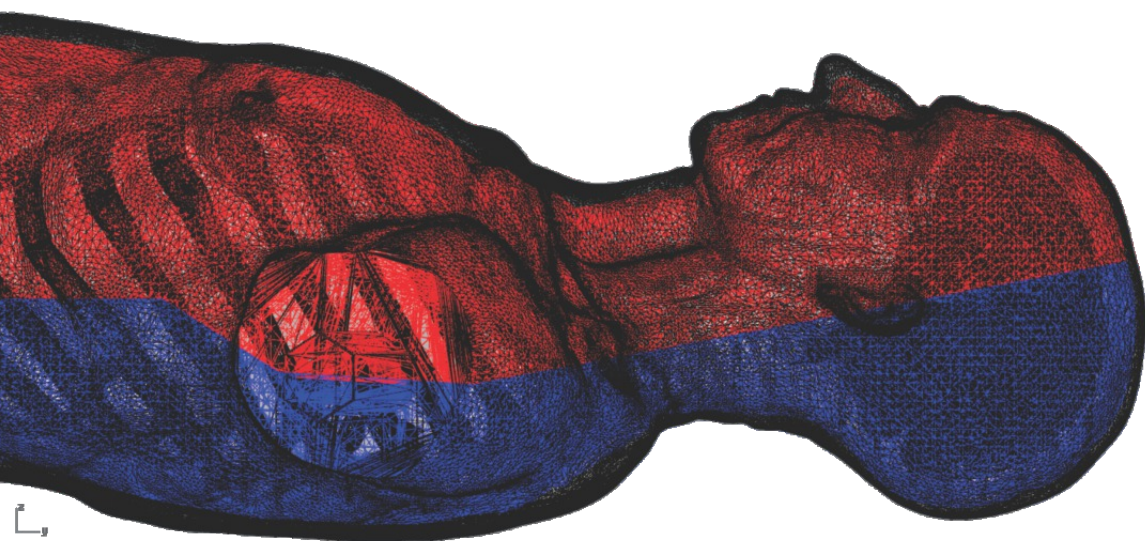


### Componentes del fantoma:

La estructura interna de soporte, fue diseñada para simular las protuberancias más significativas del cuerpo humano, con el fin de dar algunas guías de posicionamiento y realismo al momento de realizar prácticas de simulación. Un ejemplo de estas protuberancias se encuentran en los pómulos, costillas, clavícula, nariz, globos oculares, entre otros. Este posicionamiento resultó ser un desafío importante desde el punto de vista de fabricación, al tener que ser muy cuidadosos en el posicionamiento de la estructura interna para poder simular la piel externa y que quedara perfectamente centrada dentro del molde, antes de realizar el vaciado con la silicona. Por otra parte, las perforaciones están ubicadas para simular las diferentes opciones más comunes para operaciones por laparoscopia y cateterismo. Gracias a la tecnología de impresión 3D y la precisión del modelado 3D, así como los parámetros técnicos para el diseño del molde, se logró una precisión muy satisfactoria con los recursos empleados, siendo la más adecuada en relación costo/beneficio y comprobando que sí es posible fabricar fantasmas funcionales y personalizados a costos más razonables que los presentes en el mercado.



Figura 144: Modelado escultórico, proyecto Anatom3D / 2016



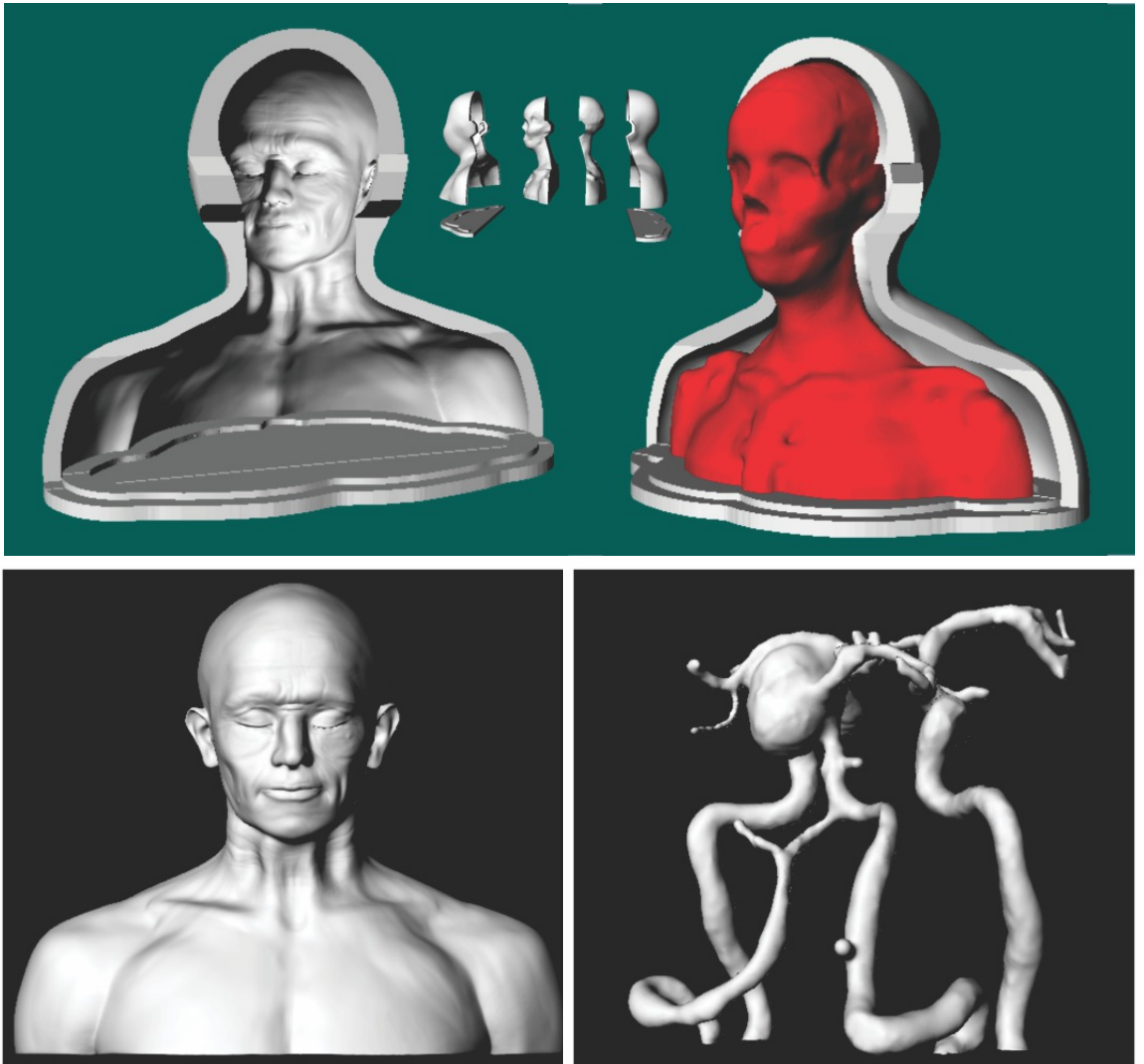


Figura 145: Componentes, proyecto Anatom3D / 2016

#### Componente Fantoma:

- Edición y diseño de la anatomía exterior.
- Diseño de la estructura interna y conexiones.
- Búsqueda de materiales de fabricación para simular tejidos.
- Diseño y fabricación digital de modelo a escala.

#### Componente Personalizado Aneurisma:

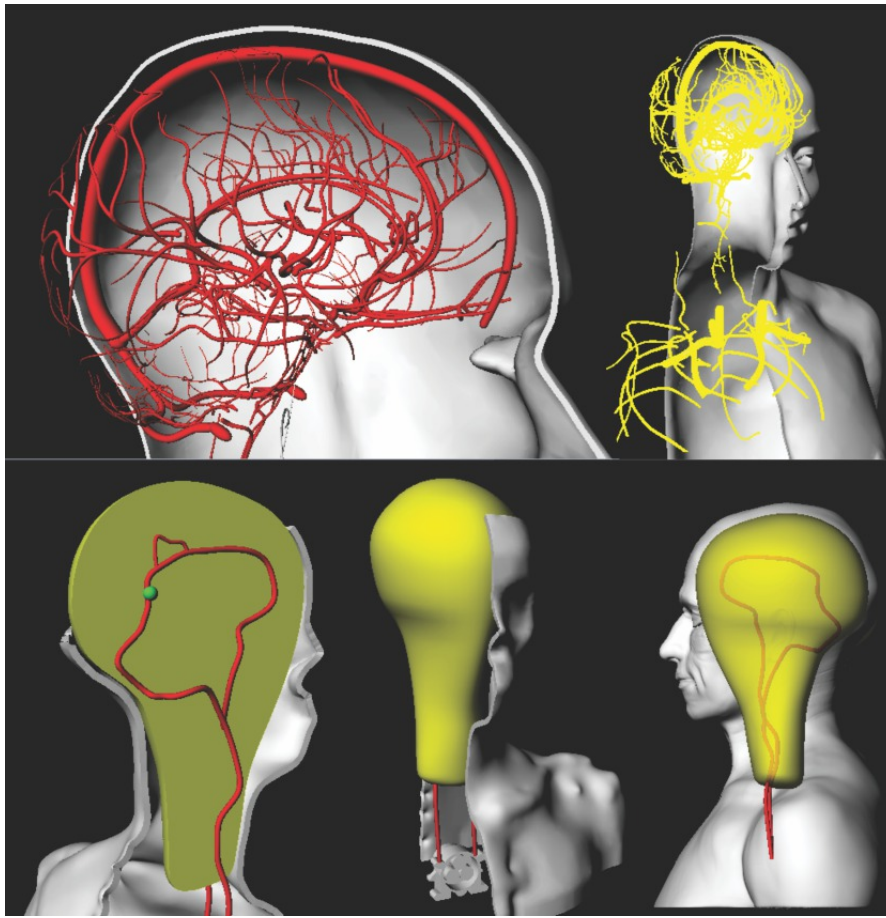
- Conversión .DICOM a .STL.
- Preparación para impresión 3D.
- Desarrollo de técnicas de fabricación vacía (negativa).
- Ubicación en el espacio XYZ.
- Trabajo con materiales para simular texturas.



### Componentes del fantoma:

Se propusieron diferentes conceptos de cómo realizar las simulaciones de operaciones de aneurisma cerebral por cateterismo, con el fin de validar las ventajas y desventajas de las propuestas. Mediante el uso de software libre con fines de investigación, se realizaron diferentes pruebas de concepto, al editar TAC's de pacientes reales en formato .DICOM, para su conversión a formatos de impresión por Estereolitografía .STL, y así comenzar un proceso de comprobación de ideas para la personalización del simulador de este tipo de operación. Este proceso en práctica, sería realizado con el apoyo de la institución médica que adquiera el simulador y suministre las imágenes médicas necesarias y los parámetros de simulación que desee realizar de forma personalizada para cada paciente, estos simuladores permitirán determinar el recorrido de la sonda o catéter en una planificación pre-operatoria, beneficiando a los pacientes al contar con una herramienta adicional de planificación, menos tiempo de intervención y mayor seguridad del equipo médico, al saber con algo de mayor certeza, sobre lo que puede encontrarse en la mesa de operación y así a partir de un modelo impreso personalizado en 3D, validar diferentes aspectos clínicos previos a la intervención. De igual forma, se plantea que estos modelos personalizados con patologías específicas se conviertan posteriormente en una biblioteca de práctica para el desarrollo de habilidades de cirujanos más jóvenes que puedan aprender a partir de modelos de patologías reales, sin el riesgo de poner la seguridad de un paciente real en juego.

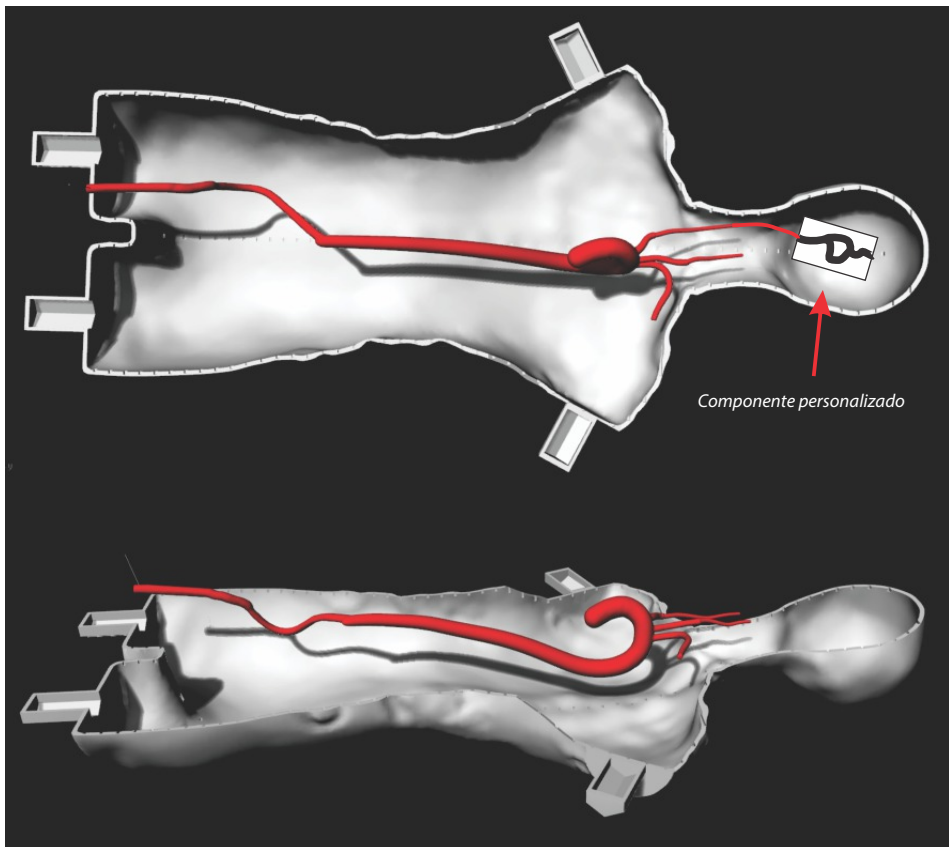
Figura 146: Conceptos del sistema vascular del fantoma / 2016



### Desarrollos conceptuales:

Para las operaciones de aneurisma cerebral, el cirujano debe conocer la anatomía vascular del paciente para realizar los diferentes procedimientos quirúrgicos en la mesa de operación. Para hacer ésto debe realizar unos estudios pre-operatorios donde a partir de diferentes imágenes médicas, puede realizar una planificación específica de los movimientos, instrumentos y técnicas a utilizar. Para mejorar la confianza del cirujano, del paciente y de todos los usuarios relacionados, se planteó y desarrolló un modelo concepto de simulador, este simulador se abordó desde dos puntos de vista, el primero el desarrollo anatómico externo que le diera al cirujano una retroalimentación sensorial y simbólica de un potencial paciente real, y por otra parte, el componente personalizado de la anatomía específica del paciente. El fantoma multipropósito permite adaptar los diferentes órganos impresos en 3D para diferentes prácticas de desarrollo de habilidades con catéter y pinzas de laparoscopia.

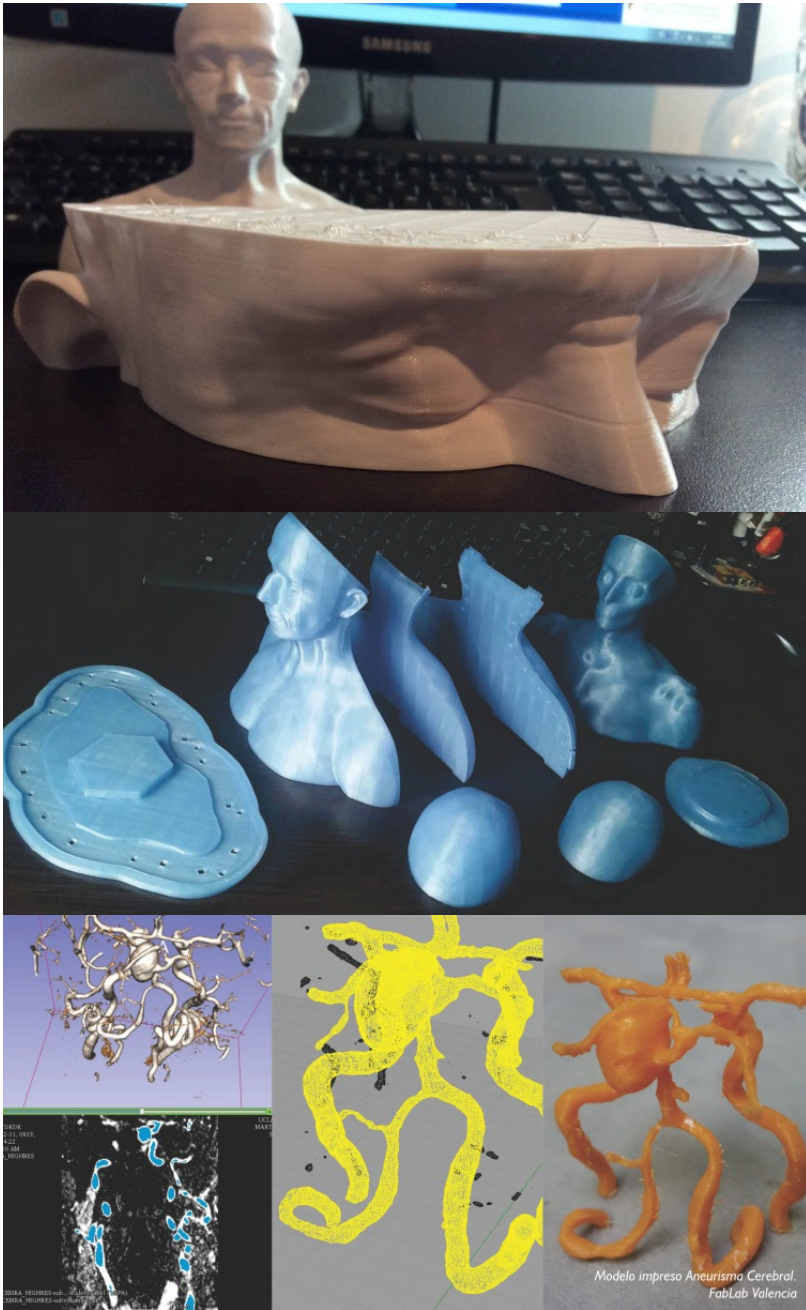
Figura 147: Render de estructuras internas, proyecto Anatom3D / 2016



### Desarrollos conceptuales. Proceso de creación:

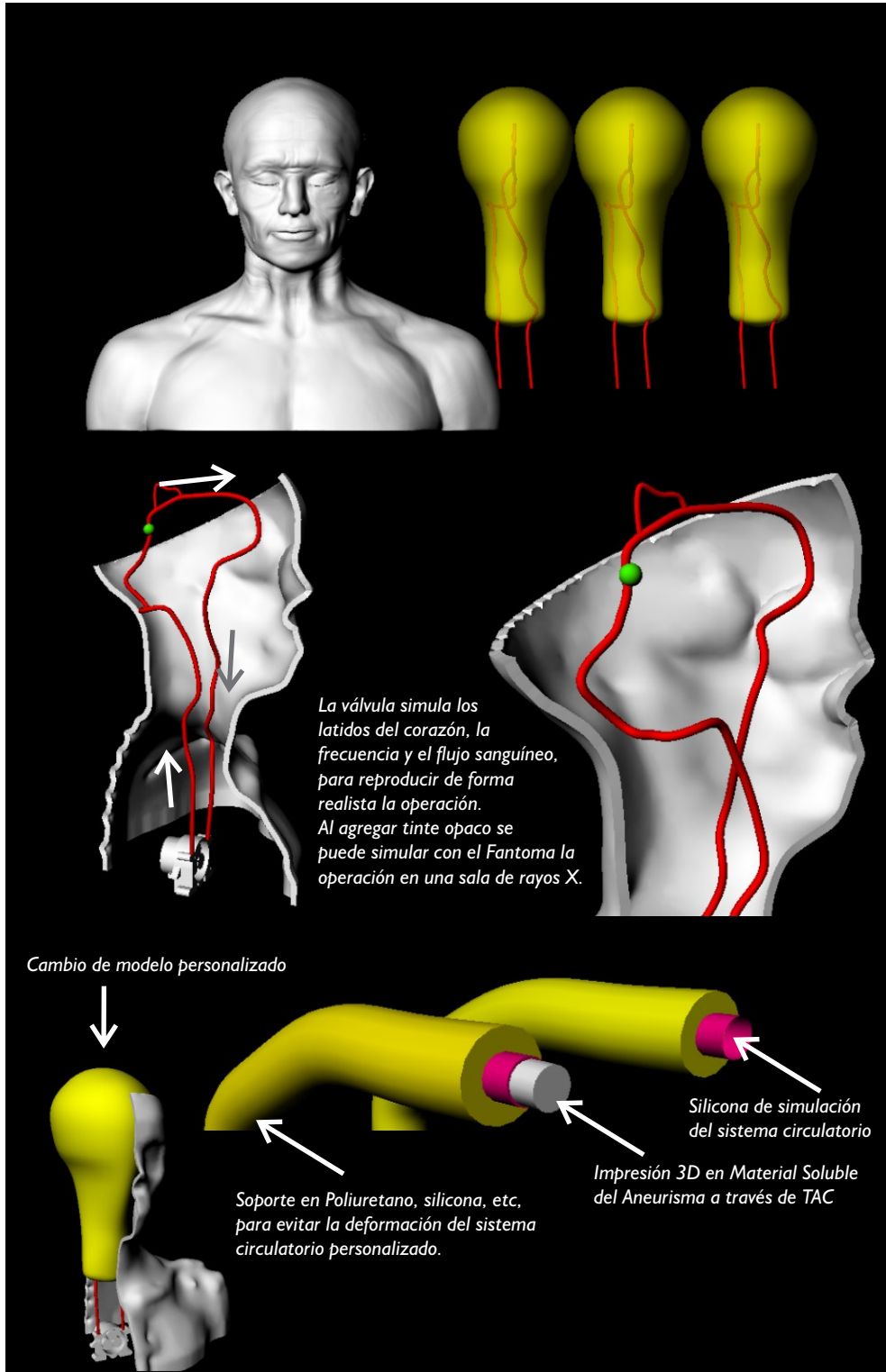
Durante el proceso de desarrollo, se realizaron varios tipos de prototipos rápidos de secciones del proyecto en diferentes escalas para validar algunos parámetros de producción y de usabilidad, con médicos especialistas y personal relacionado con la ejecución del proyecto. Se simularon escenarios de producción del molde en escala 1:5, los cuales proporcionaron la información necesaria para modificar el diseño, reduciendo los costos y optimizando los recursos asignados.

Figura 148: Prototipos a escala, proyecto Anatom3D / 2016



## Desarrollos conceptuales. Proceso de creación:

Figura 149: Conceptos sistema vascular, proyecto Anatom3D / 2016



### Componentes del fantoma:

Durante la estancia doctoral del profesor Ávila en el FabLab Valencia de la Universidad Politécnica de Valencia en el 2017, se diseñaron diferentes conceptos de estructuras con el fin de validar la pertinencia de los diseños previos, y proponer diferentes opciones con el fin de reducir los costos y ampliar el espectro de potenciales usuarios y clientes. Se diseñó una estructura que pudiera ser fresada con una máquina de control numérico de 3 ejes, en cualquier material laminar tradicional utilizado para estos procesos. Adicionalmente se realizó un modelo del sistema vascular utilizando diferentes técnicas de modelado, impresión y reproducción por moldes con siliconas especializadas. Dada la complejidad de la estructura anatómica del sistema vascular, se diseñó un sistema de soporte bajo la lógica y tecnología de corte láser laminar, que permitió posicionar el sistema vascular de forma correcta en las coordenadas espaciales de forma muy similar a la que se encuentra realmente en el cuerpo humano.

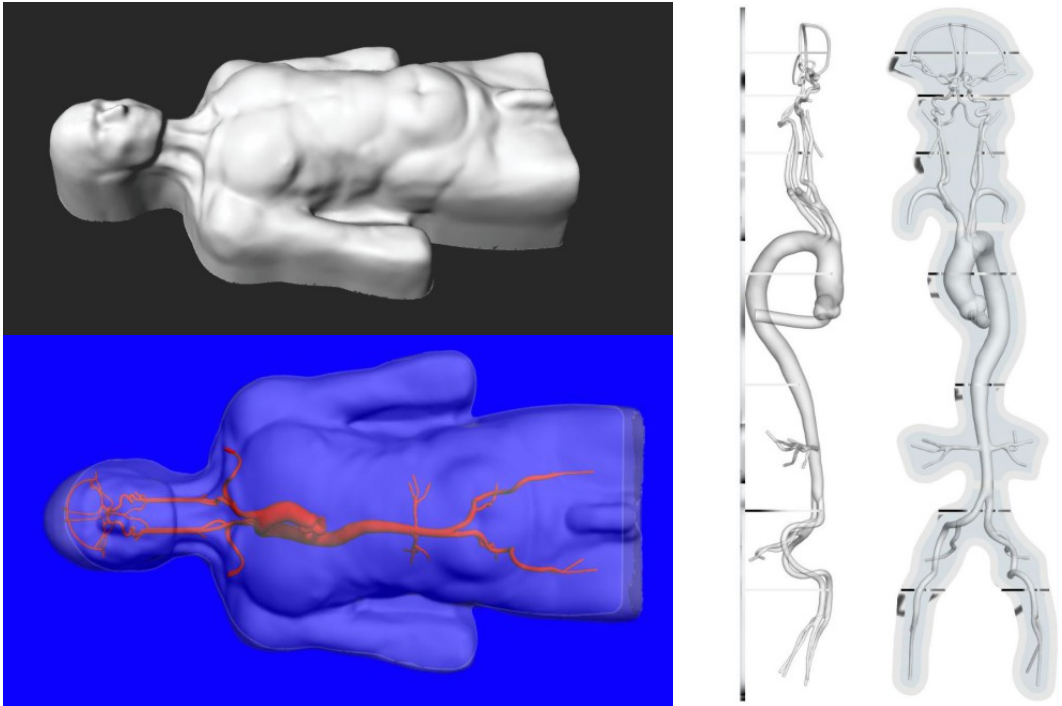


Figura 150: Conceptos de fantoma y sistema vascular, proyecto Anatom3D / 2016



## Desarrollos conceptuales. Proceso de creación:

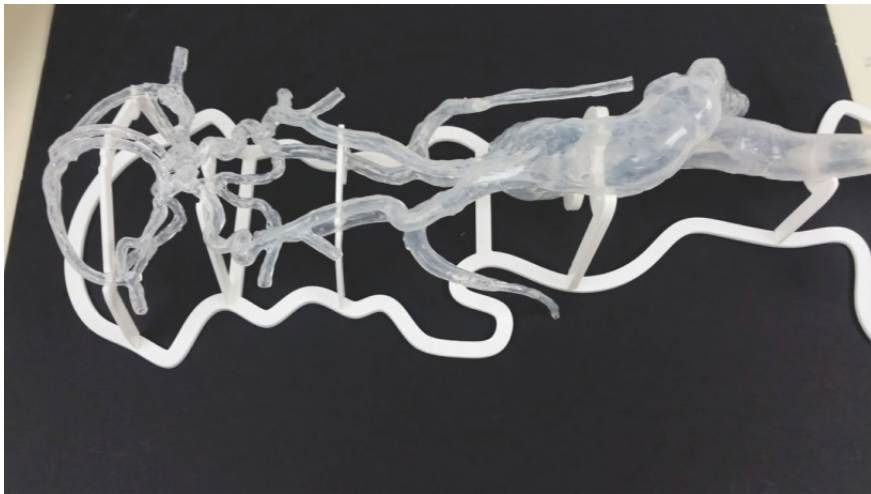
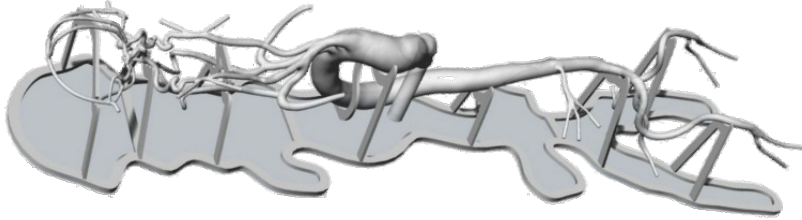
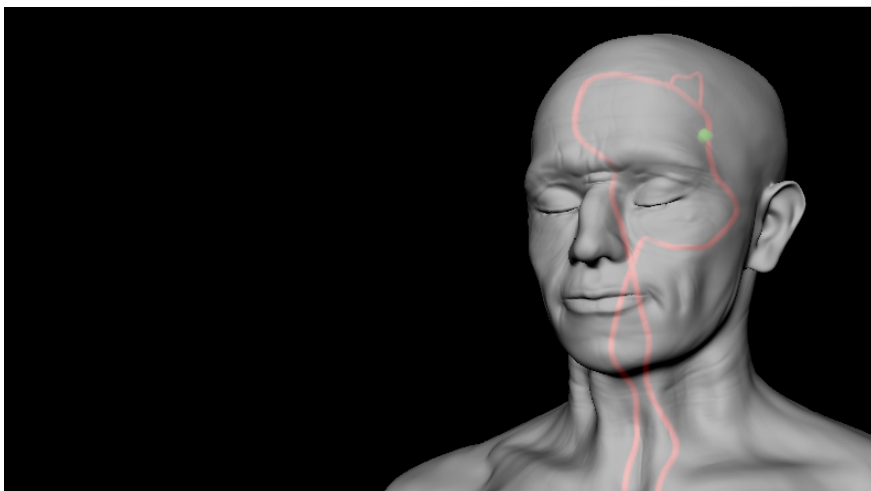
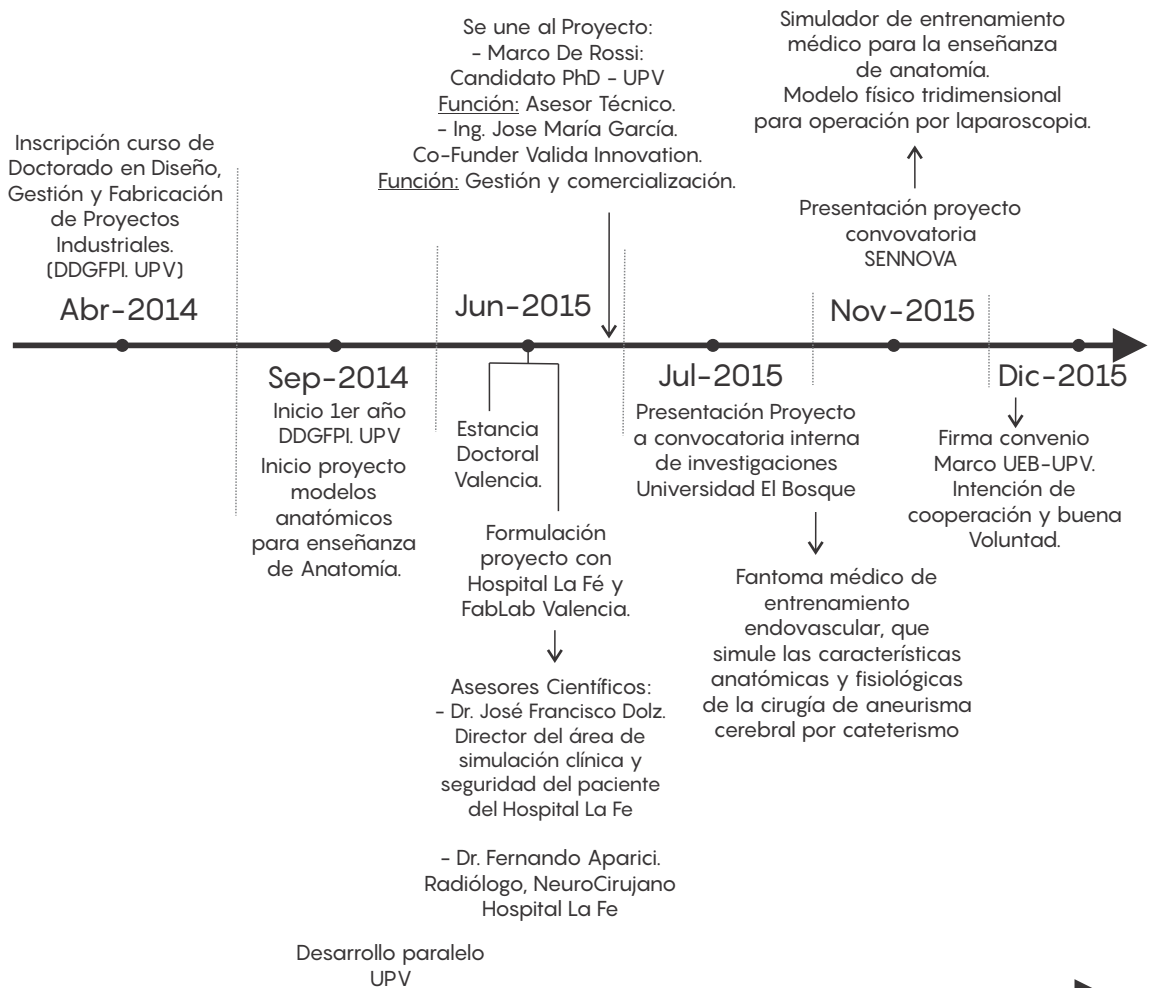


Figura 151: Conceptos de fantoma y sistema vascular, proyecto Anatom3D / 2016





## Línea del tiempo de ejecución del proyecto.



Experimentación y presentación a convocatorias para subvenciones: Han trabajado en otros proyectos con Neuro, Ortopedia, Cardio y Veterinarios, basados en la misma lógica de proyecto. (Sin financiación externa, desarrollado con recursos propios de experimentación) Han ganado una subvención por 25 mil Euros para desarrollar válvulas cardíacas en Enero de 2017.

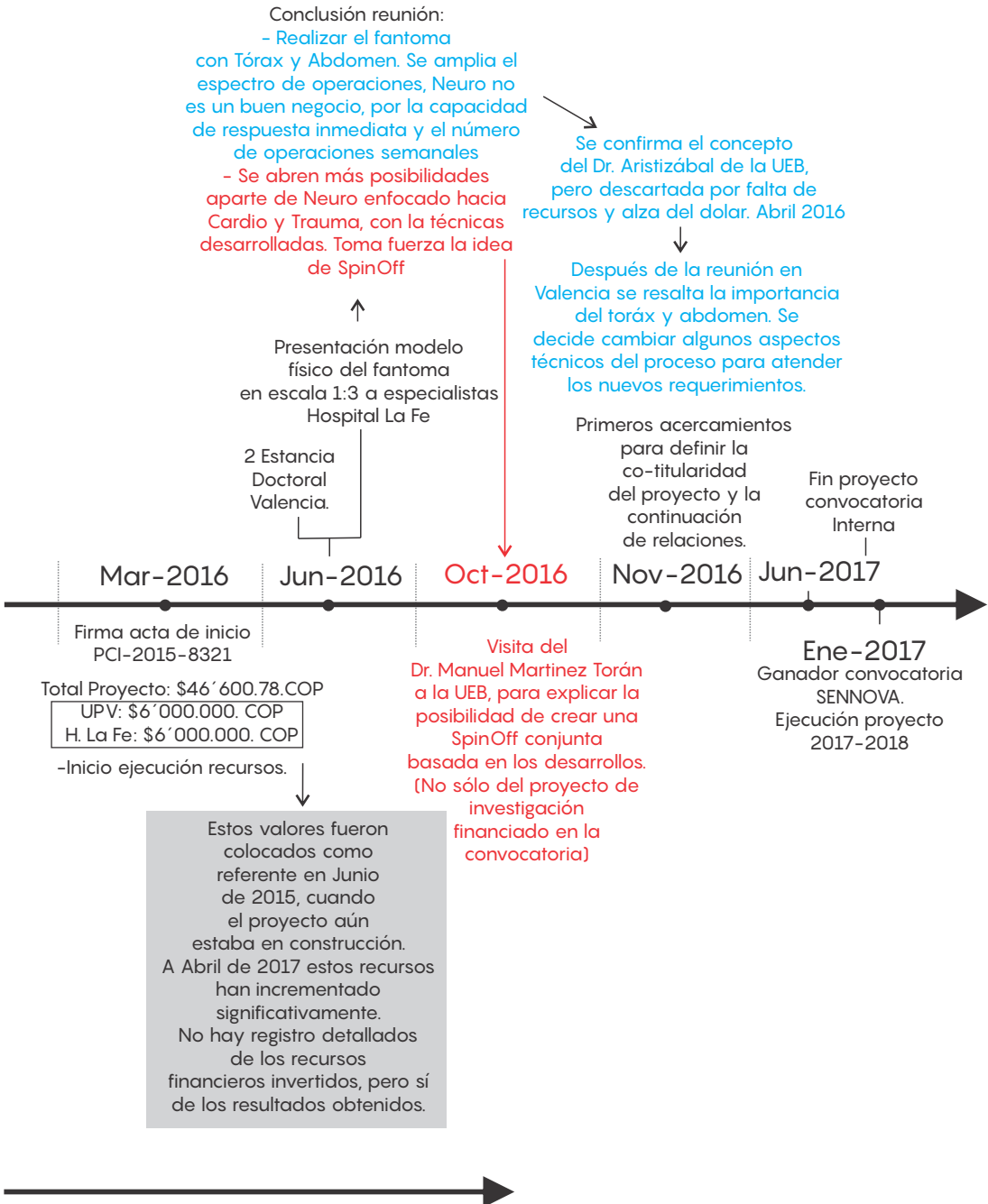


Figura 152: Línea del tiempo, proyecto Anatom3D / 2016

### 12.4.3. Proyecto Napoleon. EIT Health.

En 2016 se presentó el proyecto NAPOLEON, (persoNAlized 3D-heart Printing mODEls for pLanning valvE interventiONs) a la convocatoria EIT Health (European Institute of Innovation & Technology) (EIT Health Spain awards the best innovation and entrepreneurship projects. 2017), en colaboración entre La Universidad Politécnica de Valencia, el Hospital La Fe, y la Universidad El Bosque, aportando al proyecto desde el punto de vista de Advisor i+d, aprovechando el conocimiento en la edición de mallas poligonales para fabricación por impresión aditiva. El proyecto fue premiado en la categoría de "Prueba de concepto (PoC +)" que financia proyectos e ideas comerciales que están en etapas previas a la creación de la empresa y proyectos que participan en programas de aceleración en salud. El objetivo del proyecto era desarrollar un método de fabricación para crear modelos físicos de visualización y planificación quirúrgica de casos reales de pacientes con condiciones cardíacas específicas. El objetivo del proyecto era determinar si la impresión 3D es una herramienta confiable para realizar modelos personalizados para simulaciones y preparativos antes de intervenir un paciente.

El método de trabajo consistió en 1) Capturar diferentes tipos de imagen médica de pacientes reales, 2) Segmentar con software libre especializado la sección específica del corazón humano a intervenir. En el proceso de investigación y experimentación se utilizó el software 3D Slicer, software de procesamiento de imágenes médicas, que permitió obtener modelos virtuales en 3 dimensiones a partir de ecografías 3D y CT Scan. 3) Convertir el modelo virtual en mallas poligonales editables en tres dimensiones, utilizando software como Rhinoceros, 4) Optimizar para impresión 3D con el software de uso libre Meshmixer de Autodesk, 5) Imprimir en 3D con materiales rígidos y solubles, utilizando diferentes tecnologías y técnicas de impresión aditiva, 6) Reproducir con moldes y siliconas que simulan las propiedades del órgano cardiaco y realizar simulaciones de evaluación para determinar antes de operar al paciente, la pertinencia de las técnicas, prótesis y herramientas antes de realizar la intervención. Este proyecto fue liderado por el Dr. Manuel Martínez Torán, director de la tesis doctoral, cabeza y responsable del proyecto frente al ente de financiación, el doctorando UPV Marco De Rossi Estrada, como líder de desarrollo tecnológico (CTO), el personal técnico y logístico de la empresa Valida Innovation y los evaluadores médicos del Hospital La Fe de Valencia en cabeza del Dr. José Anastasio Montero Argudo, la Dra. Pilar Sepúlveda Sanchís, el Dr. Begoña Igual Muñoz, el Dr. Fernando Aparici Robles, y el Dr. José Luis Díez Gil. Al finalizar la experiencia se concluyó que el método presentado sí proporciona resultados útiles para la planeación de cirugías de corazón que podrían mejorar el éxito en las intervenciones y mejorar la selección de la prótesis a utilizar.

Figura 153: Evento de premiación EIT Health - Spain /2016



#### 12.4.4. Diagnóstico y planificación de tumor en húmero, caso real para La Fe (Valencia).

En 2016 durante la estancia doctoral del profesor Ávila en el FabLab Valencia, se desarrolló un ejercicio de fabricación de un modelo anatómico para diagnóstico a partir de imágenes médicas de tipo TAC (Tomografía Axial Computarizada) para el Dr. Fernando Aparici, coordinador de la sección de neurorradiología del Hospital Universitario y Politécnico La Fe de Valencia. Este ejercicio se desarrolló con el objetivo de realizar un modelo de estudio pre-operatorio de la cabeza de un hueso húmero para diagnosticar un paciente con cáncer. El objetivo era validar qué tanta afectación tenía la estructura ósea a partir del modelo impreso en 3D de la estructura anatómica, para de esta forma, analizar y planificar la mejor técnica antes de realizar la intervención en la mesa de operaciones. El modelo fue desarrollado en un plazo de 48 horas de trabajo continuo en el FabLab Valencia, con ayuda del software libre de segmentación de imágenes médica Invesallius, una impresora 3D FFF y filamento de material PLA. Se decidió elegir este polímero para que el modelo pudiese ser esterilizado y llevado de forma segura al quirófano ya que el PLA es un material biodegradable y entre sus propiedades permite el proceso de esterilización. El modelo fue segmentado utilizando los parámetros de hueso sólido del software, que localiza, diferencia y aísla según las densidades predeterminadas dentro del programa, dónde hay tejido óseo rígido y blando. Posteriormente se realizó un proceso de limpieza y optimización de la malla poligonal, para que pudiese ser impresa de forma rápida. Uno de los mayores inconvenientes, fue determinar las dimensiones precisas del paciente real, visto que dependiendo de las características y configuración del radiólogo al tomar la imagen médica, esta información puede estar o no cargada o alterada en el archivo .DICOM, como se ha mencionado en otros apartes de esta investigación, de igual forma este modelo buscaba dar algunas pistas para validar el tejido intermedio entre el óseo y el cancerígeno, visto que la transición depende de la densidad específica de cada estructura y de la sensibilidad del software para segmentarlas. Durante este proceso fue fundamental el acompañamiento y comunicación constante del profesional médico y los diseñadores que intervinieron en el proceso, para validar en tiempo real las necesidades y especificaciones precisas del modelo anatómico que sería útil para la intervención. Esta experiencia fue la primera de varios proyectos que fueron realizados posteriormente en otras intervenciones desde el FabLab Valencia, tales como trasplante de cadera, modelos personalizados para neurocirugía, cardiología y veterinaria.

Figura 154: Proceso de segmentación de imágenes - FabLab Valencia 2016.



#### 12.4.5. Simulador SENNOVA 2017.

Continuando con el desarrollo de la investigación en simuladores de entrenamiento médico, en 2016 el proyecto presentado fue seleccionado como ganador en la convocatoria de SENNOVA (Sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación de Colombia), con la propuesta “Simulador para entrenamiento de cirugías por laparoscopia del tórax humano, como herramienta de formación, construido a partir de tecnologías de diseño y fabricación digital”. El proyecto fue desarrollado con el apoyo del centro metalmecánico del Tecnoparque nodo Bogotá del Sena en alianza con la Universidad El Bosque de Bogotá. Fue desarrollado con el objetivo de brindar una herramienta de entrenamiento para que los médicos cirujanos en formación pudieran desarrollar habilidades de coordinación y comprensión de la tridimensionalidad específica del tórax humano para realizar intervenciones de cirugías por técnica de laparoscopia. Entre los objetivos específicos estaba determinar las características técnicas y tecnológicas necesarias para fabricar modelos de simulación y organizar los recursos necesarios para el desarrollo de un proyecto como éstos, permitiendo integrar un ente gubernamental y una entidad privada en un ejercicio de trabajo conjunto. Se diseñaron las interfaces y la experiencia de aprendizaje entorno al simulador como complemento a los proyectos precedentes. Durante el proceso de desarrollo del proyecto se contó con la ayuda técnica y metodológica de un equipo multidisciplinar que incluía ingenieros y tecnólogos en formación. Desde un punto de vista técnico y como justificación del proyecto, las cirugías de tipo mínimamente invasivas (laparoscópicas) proporcionan un tratamiento quirúrgico importante, como respuesta de tratamiento a un gran número de enfermedades y patologías con muchas ventajas para el paciente tales como incisiones menores a 1 cm con mejores efectos cosméticos, tiempos de hospitalización reducidos y rápido regreso a su vida cotidiana, generando menores tiempos de incapacidad. Desde un punto de vista formativo, los estudiantes con mejores programas y equipos de entrenamiento, pueden ejecutar operaciones con un grado mayor de precisión y menor riesgo de complicaciones, impactando de forma directa todo el sistema económico entorno a una operación quirúrgica.

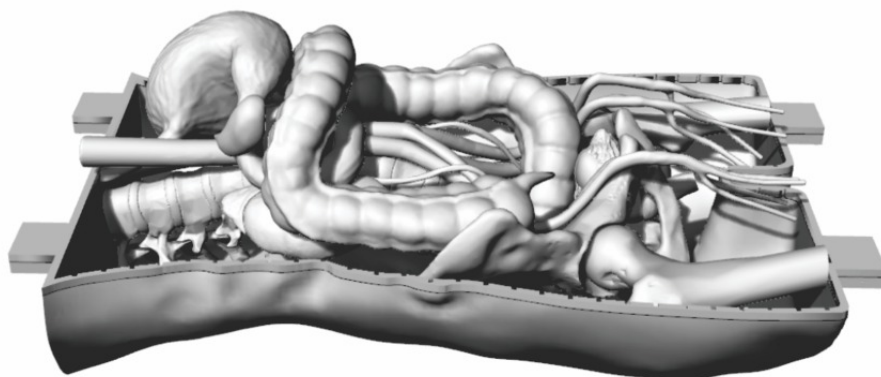
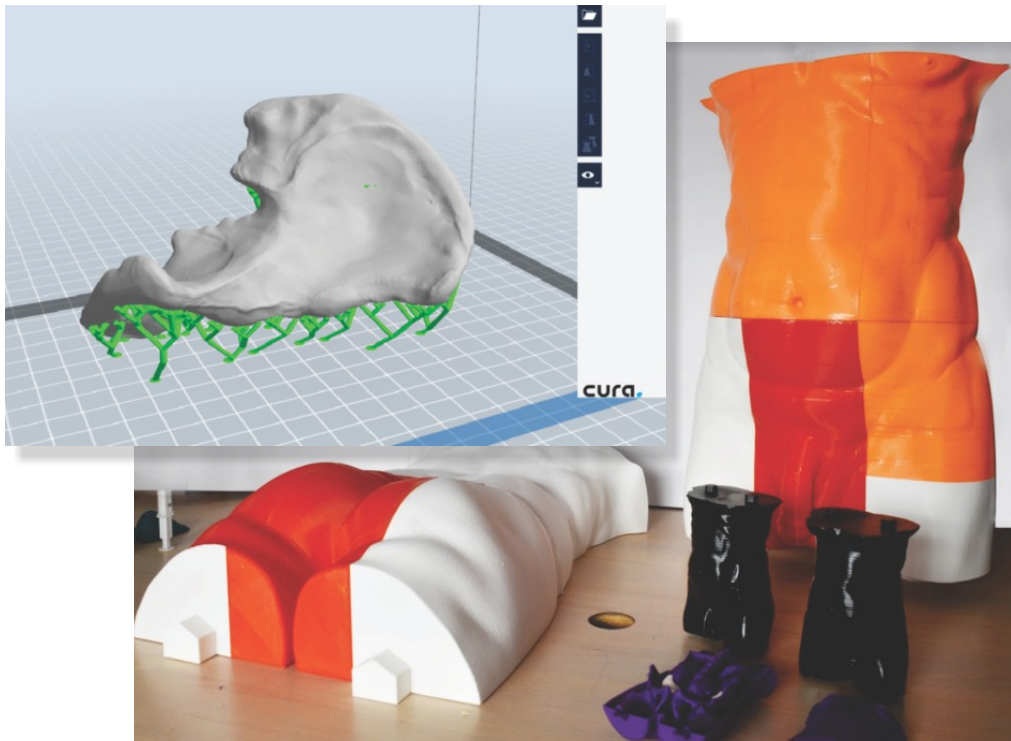


Figura 155: Modelado 3D, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017

### Proceso de construcción:

Como parte del proceso de construcción del fantoma, se desarrollaron diferentes modelos de comprobación en escala 1:5 y escala 1:1, con el fin de validar las diferentes técnicas de construcción que servirían para fabricar el modelo final. Se utilizó una impresora Wasp 2040, con filamento rígido de PLA y el software Cura 15.04.2 para controlar el proceso. Se seleccionó este tipo de impresora FFF dada su configuración tipo delta, para evitar al máximo la vibración y porque permite unas mejores condiciones de trabajo como velocidad y resolución en impresión 3D de altura. El modelado 3D fue segmentado con Rhinoceros, utilizando las herramientas de corte de mallas poligonales, y diseñando guías de encaje para su posterior ensamble. En la imagen inferior se observa los modelos impresos en partes seccionadas; los modelos en escala 1:5, en la parte inferior derecha, fueron construidos para comprobar los parámetros técnicos de la impresión y validar si todas las partes modeladas se ajustaban al diseño original, este modelo a escala permitió validar los procesos a un costo menor. Posteriormente, se comenzó el proceso de impresión del modelo en escala 1:1. Esta impresión debió ser realizada de forma seccionada visto que el volumen máximo de impresión estaba limitado. En la imagen inferior, en la parte superior derecha se puede observar alguna de las secciones en color naranja, blanco y rojo de los diferentes componentes impresos. Este proceso fue llevado a cabo con mucha precisión para evitar factores de contracción, desplazamiento y tolerancias, con el fin de poder fabricar modelos grandes y ensamblarlos posteriormente sin que se notaran mucho las uniones. Las partes posteriormente fueron pegadas entre sí con ayuda de guías previamente diseñadas y pegante de metacrilato instantáneo. En la imagen inferior, en la parte superior izquierda se muestra una parte de la estructura de la cadera posicionada en el software Cura. Las estructuras de soporte tipo árbol de color verde fueron creadas con el mismo software.

Figura 156: Impresión 3D, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017





Los parámetros de impresión fueron determinados a partir de experimentación de prueba y error, donde se encontró que según las condiciones del espacio, ventilación, temperatura y calibración, la impresión 3D puede variar sustancialmente la calidad final. A continuación se presentan los parámetros generales de impresión que fueron utilizados para la creación del modelo del fantoma en el software de impresión Cura.

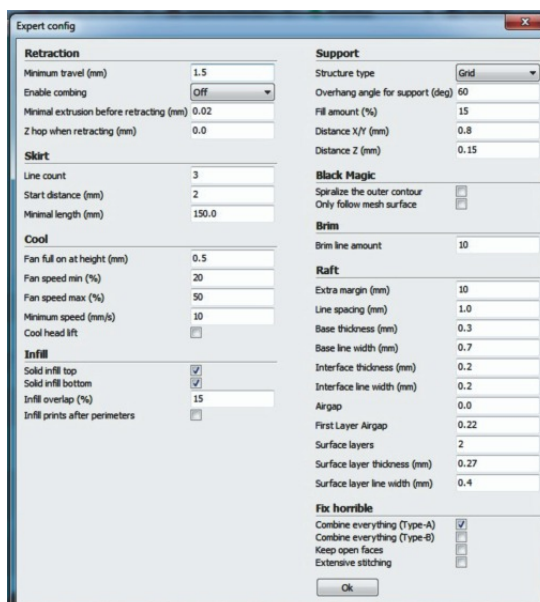
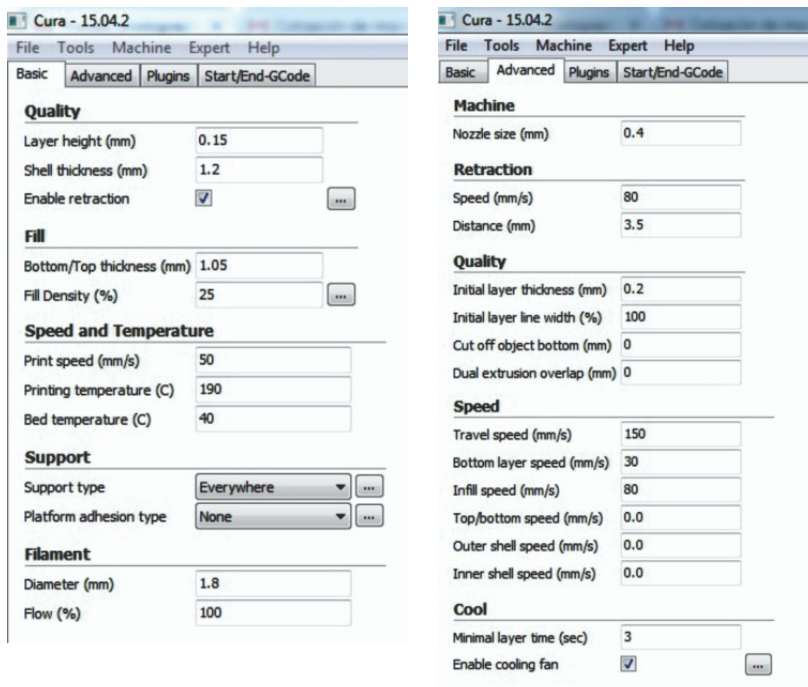


Figura 157: Captura de pantalla, parámetros de impresión 3D. Software Cura.

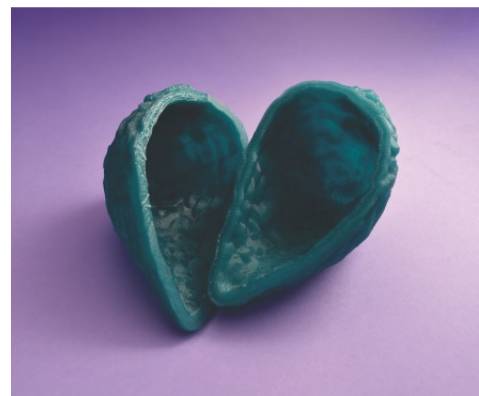


Figura 158: Modelos impresos en 3D,  
Componentes del fantoma. 2017

## Características técnicas del material empleado:

Para la fabricación del molde y el vaciado se utilizaron diferentes siliconas con características y propiedades específicas con el objetivo de simular los tejidos del cuerpo, equilibrando realidad física, durabilidad y resistencia al uso continuo.

## Silicona para molde

*Data At-A-Glance*

<b>Specific Gravity</b>	1.14 g/cc
<b>Specific Volume</b>	23.5 cu. in./lb.
<b>Pot Life</b>	20 minutes
<b>Cure Time</b>	6 hours
<b>Color</b>	Orange
<b>Shore Hardness</b>	25 A
<b>Tensile Strength</b>	515 psi
<b>Elongation @ Break</b>	690 %
<b>Die B Tear Strength</b>	102 pli
<b>Shrinkage</b>	<.001 in. / in.
<b>Mix Ratio By Volume</b>	1A:1B
<b>Mix Ratio By Weight</b>	1A:1B
<b>Mixed Viscosity</b>	Brushable

## Silicona para reproducción y simulación de piel

*Data At-A-Glance*

<b>Specific Gravity</b>	1.08 g/cc
<b>Specific Volume</b>	25.6 cu. in./lb.
<b>Pot Life</b>	25 minutes
<b>Cure Time</b>	4 hours
<b>Shore Hardness</b>	20 A
<b>Tensile Strength</b>	550 psi
<b>100% Modulus</b>	49 psi
<b>Elongation @ Break</b>	620 %
<b>Die B Tear Strength</b>	120 pli
<b>Shrinkage</b>	<.001 in. / in.
<b>Mix Ratio By Volume</b>	1A:1B
<b>Mix Ratio By Weight</b>	1A:1B
<b>Color</b>	Translucent
<b>Useful Temperature (min)</b>	-65 °F
<b>Useful Temperature (max)</b>	450 °F
<b>Mixed Viscosity</b>	20,000 cps

Figura 159: Captura de pantalla, características técnicas de los materiales. Smooth-on.com

Se diseñó este sistema de insertos tipo macho, para permitir la creación de cavidades entre el sistema de soporte y la piel artificial del fantoma

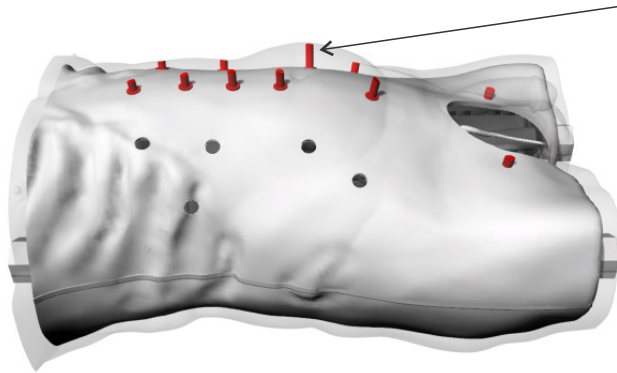
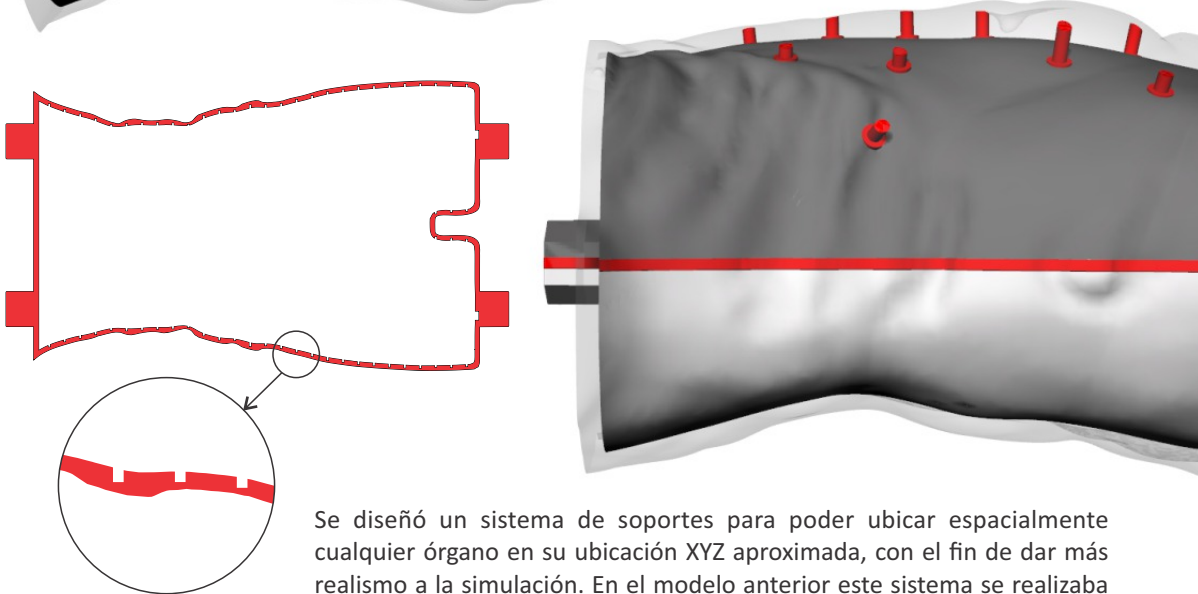
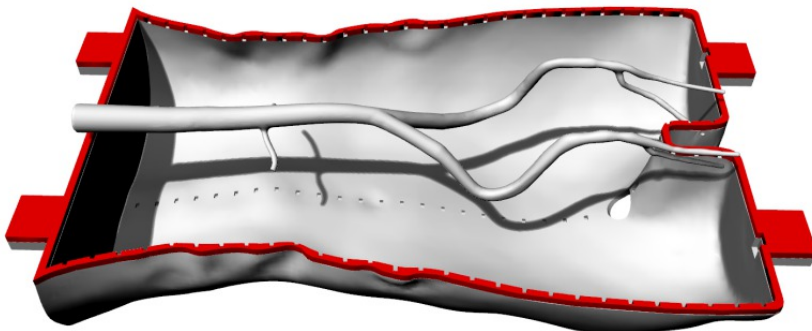


Figura 160: Modelado de detalle, fantoma de entrenamiento por laparoscopia 2016.



Se diseñó un sistema de soportes para poder ubicar espacialmente cualquier órgano en su ubicación XYZ aproximada, con el fin de dar más realismo a la simulación. En el modelo anterior este sistema se realizaba directamente impreso en 3D, pero para la nueva versión se decidió cortarlo en láser en acrílico de 5mm (estructura roja). Este cambio, permitió que la junta entre ambas partes internas quedara completamente plana y mejorara la factura y presentación final.





El proceso de maquillaje y texturizado se dio en primera medida aplicando un tinte color piel a la silicona traslúcida, que entre sus propiedades permite imitar la transparencia y brillo de la piel real, posteriormente con aerógrafo y pinturas a base de siliconas de platino especiales para este tipo de procedimientos, se logró un acabado realista, y efectos de color y irregularidades en la piel como lunares, manchas, entre otros. Por otra parte, el proceso de moldeo utilizado fue una técnica tradicional de molde y contra-molde con vertederos y respiraderos en la parte inferior de las piernas del fantoma.

Figura 161: Fotografía de detalle, fantoma de entrenamiento por laparoscopia.



Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso estudio: Universidad El Bosque.



Figura 162: Equipo de trabajo, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017

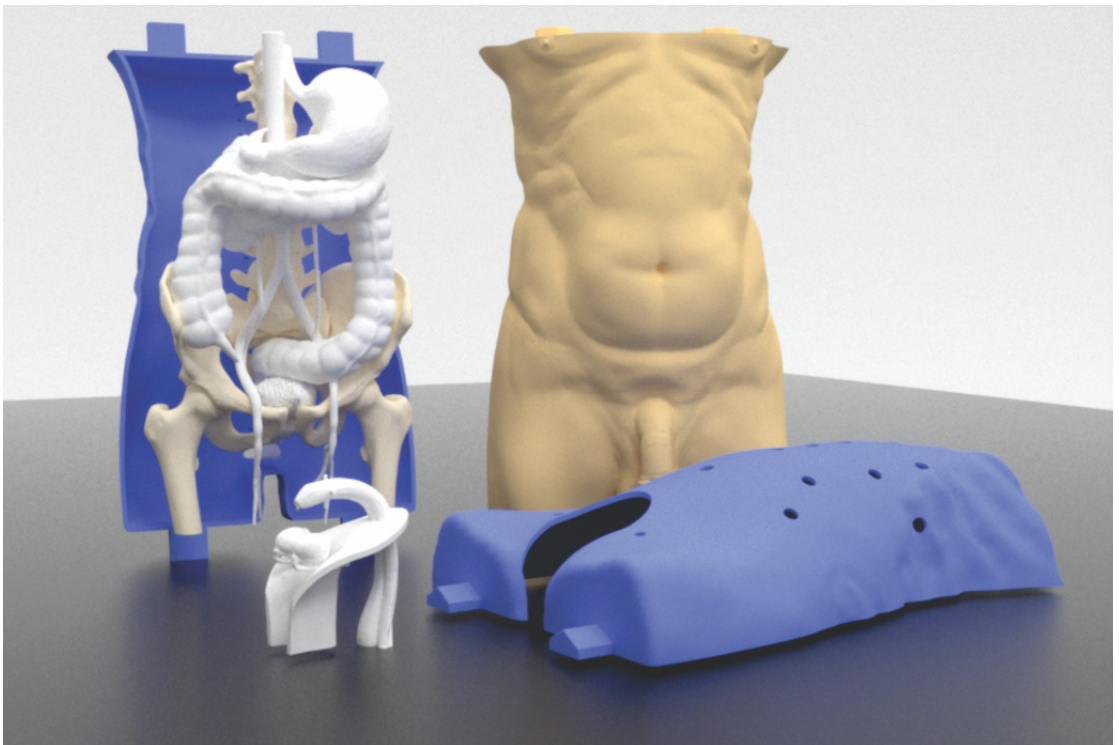


Figura 163: Modelado 3D, simulador de entrenamiento de cirugías por laparoscopia / 2017



#### 12.4.6. Proyectos de fin de carrera de Diseño Industrial de la UEV, transferencia a futuros profesionales.

Como parte del proyecto de doctorado de implementación de tecnologías en diseño y fabricación digital en la Universidad El Bosque de Bogotá, se creó en el año 2015 una línea de investigación de tecnologías de diseño y fabricación aplicadas para los trabajos de final de carrera de los estudiantes de Diseño Industrial, dirigida por el profesor Ávila, obteniendo algunos resultados interesantes que demuestran la pertinencia de este tipo de proyectos, para perfilar profesionales de Diseño enfocados a la integración de proyectos a partir de base tecnológica.

##### 12.4.6.1. Ana-Tommy.

El proyecto Ana-Tommy, realizado en 2015, por el Diseñador Industrial Andrés Felipe Fuentes bajo la temática de “Análisis exploratorio del modelado 3D, escultura y pintura digital para la fabricación de productos” fue uno de los proyectos que dio inicio a la exploración de cómo la escultura digital y la impresión 3D profesional, podría ayudar a la elaboración de modelos anatómicos complejos. El Objetivo principal del proyecto fue explorar los software más populares en el momento, como ZBrush, MeshMixer y MudBox para la creación de modelos orgánicos, texturizados, con alta complejidad formal.

En el proceso de investigación, se buscó encontrar las diferencias tanto positivas como negativas del modelado tradicional en masas como la arcilla, y por otro lado, el modelado y escultura digital, esto con el fin, de comprender las bases de la técnica modelado escultórico, sus alcances y la factibilidad de generar productos.

El resultado fue un set de juguetes didácticos de un niño y una niña, que representan los diferentes sistemas del cuerpo humano; los productos van acompañados por un material infográfico el cual hace parte del empaque y complementa la información de la figura.

Figura 164: Proyecto de trabajo de grado Ana-Tommy / Estudiante dirigido: Felipe Fuentes / Universidad El Bosque / 2015



#### 12.4.6.2. Organ.

El proyecto Organ fue realizado en 2015, por la Diseñadora Industrial Katherine Varela, bajo la temática de diseño, desarrollo y fabricación de un set de corazones tangibles de la anatomía interna y externa del corazón humano para contribuir al material didáctico del anfiteatro de la Universidad El Bosque. Es un proyecto basado en el aporte de recursos y herramientas tridimensionales como apoyo educativo, para beneficio de la enseñanza y el aprendizaje a partir del diseño digital y la fabricación 3D. El objetivo de desarrollar modelos anatómicos fue brindar herramientas que estimulan la capacidad de recordación, reemplazando muchos de los sistemas tradicionales de aprendizaje, que no cuentan con la precisión de estas nuevas tecnologías. Este proyecto fue desarrollado en conjunto con la facultad de Medicina de la UEB para contribuir con el material didáctico del anfiteatro que pretende apoyar las clases prácticas y teóricas de la Anatomía del corazón. Se fabricó un set de corazones tangibles de la anatomía interna y externa del corazón humano, donde cada una de sus piezas se especializa en diferentes temas de enseñanza acompañado de elementos iconográficos que refuerzan la información esencial de las clases teóricas.

Figura 165: Proyecto de trabajo de grado Organ / Estudiante dirigido: Katherine Varela / Universidad El Bosque / 2015



### 12.4.6.3. Simula3D.

El proyecto Simula3D fue realizado en 2016, por el Diseñador Industrial Leonel Hernández, bajo la temática de diseño de simuladores de entrenamiento médico, y como estudiante de apoyo al proyecto de Investigación Anato3D. Este proyecto se desarrolló con el objetivo de mejorar la experiencia de aprendizaje y el desarrollo de habilidades en estudiantes residentes de cirugía general que realizan sus prácticas con simuladores de cirugía. Se diseñó y desarrolló un prototipo para simular el procedimiento de colecistectomía laparoscópica (extracción de vesícula) ya que es un caso de estudio común y se realiza de manera frecuente en hospitales.

Durante la primera etapa del proyecto se realizó recopilación, análisis de información, y un primer acercamiento a los actores involucrados en el proceso de simulación. En la segunda fase, se realizaron visitas al laboratorio de cirugía experimental de la UEB, con el fin de obtener información de primera mano con estudiantes y docentes de cirugía general para conocer el proceso de enseñanza y aprendizaje con simuladores.

Figura 166: Proyecto de trabajo de grado Simula/Estudiante dirigido: Leonel Hernández / Universidad El Bosque / 2016





#### 12.4.6.4. Skin.

El proyecto Skin fue realizado en 2016, por la Diseñadora Industrial Charmian Rodríguez, bajo la temática de técnicas de reproducción, maquillaje y efectos especiales aplicados a la enseñanza en áreas de la salud.

La primera etapa del proyecto se basó en la investigación e identificación del usuario, enfocado en las facultades de medicina del país, y consultas relacionadas en el área de Dermatología, proponiendo brindar más herramientas que reforzaran el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes recordar y diferenciar las lesiones elementales en la piel por medio de modelos simulados con técnicas de maquillaje y efectos especiales.

SKIN es la primera enciclopedia didáctica, en tercera dimensión que imita la textura y color de las lesiones de la piel. Este proceso fue supervisado por diversos médicos dermatólogos e histólogos, residentes y estudiantes de medicina de la Universidad El Bosque y la Clínica Simón Bolívar de Bogotá.

Figura 167: Proyecto de trabajo de grado Skin / Estudiante dirigido: Charmian Rodríguez / Universidad El Bosque / 2016.



### 12.4.6.5 AtlasPro I+D.

El Proyecto AtlasPro I+D realizado por la estudiante Alejandra Zoque en el año 2017, buscó integrar tecnologías de proyección con *video mapping* con modelos estáticos de órganos simulados en tres dimensiones. Creando modelos interactivos con cortes, texturas y animaciones proyectadas en movimiento, dando lugar a una nueva experiencia de entender la anatomía desde un punto de vista fisiológico y morfológico.

Estas exploraciones generan un amplio campo de trabajo para experimentar nuevas formas de entender la educación y ampliar el espectro de recursos en las instituciones educativas. Utilizando tecnologías ya desarrolladas más allá del ámbito publicitario, comercial y del arte.

Durante el proceso de investigación, la primera fase consistió en la exploración virtual de cómo se realiza y los programas usados para implementar la técnica de *mapping*, con el fin de comprender cómo funciona sobre objetos pequeños, sus alcances y viabilidad de implementación. En la segunda fase se abordó un caso estudio, en donde se exploró la animación científica y tratando de encontrar el punto de equilibrio entre lo experiencial, lo pedagógico, lo artístico y de entretenimiento.

Se realizaron una serie de ensayos sobre objetos físicos utilizando como prueba de concepto la evolución del Alzheimer sobre las diferentes estructuras anatómicas del cerebro humano.

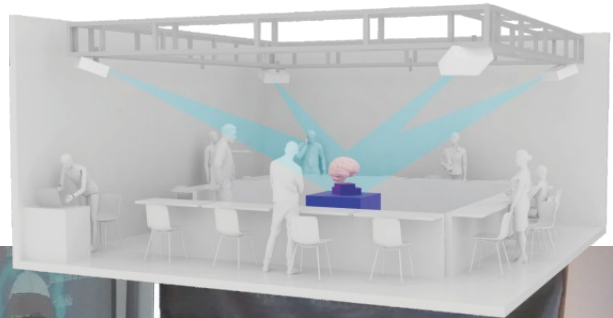


Figura 168: Proyecto de trabajo de grado AtlasPro I+D / Estudiante dirigida: Alejandra Zoque.  
Exposición - Salón Académico de Diseño UEB - 2017-2



#### 12.4.6.6. Modelos didácticos para periodoncia.

Para la asignatura de Periodoncia II, se desarrollaron diferentes propuestas de modelos didácticos para la práctica odontológica de Periodoncia. Este curso es dictado a estudiantes de quinto semestre de la Facultad de Odontología de la Universidad El Bosque, donde se explica y se aclaran de forma práctica conceptos teóricos adquiridos en la asignatura de Periodoncia I. En donde rotan aproximadamente 76 estudiantes por semestre. Durante estas prácticas los estudiantes realizan mediciones y prácticas puntuales sobre modelos anatómicos con el fin de evaluar si los futuros odontólogos son aptos para realizar un sondaje en un paciente real y así llegar a un adecuado diagnóstico y posterior tratamiento. Estos modelos anatómicos son de gran importancia para los estudiantes para que puedan adquirir destrezas prácticas en el uso de herramientas como la *sonda Carolina*. Los proyectos Didactic Jaw y Prasso realizados entre 2016 y 2017, fueron realizados por estudiantes de trabajo de grado de Diseño Industrial con el objetivo de reemplazar el material didáctico utilizado en la actualidad en la UEB, que presenta un deterioro natural por su tiempo de uso aproximado de 10 años. El objetivo de esos proyectos fue construir un set didáctico para la enseñanza de periodoncia que permitiera a los estudiantes de Odontología simular la medición del nivel de inserción y los índices periodontales, en el cual se simulara tanto los aspectos físicos como morfológicos de una manera más realista, integrando factores de simulación, comunicación y de ergonomía. Estos proyectos buscaron solucionar los problemas de medición y exactitud en los procesos de aprendizaje, fabricando nuevos modelos, con características específicas formuladas por los docentes de la UEB, intentando disminuir la inadecuada medición de los niveles de inserción, calibración y medición de índices periodontales, que pueden llevar a la subjetividad y falta de claridad en los conceptos adquiridos, llevando a diagnósticos errados.

Figura 169: Proyecto de trabajo de grado Didactic Jaw/  
Estudiante dirigida: Camila Palomino / Universidad El Bosque / 2017.



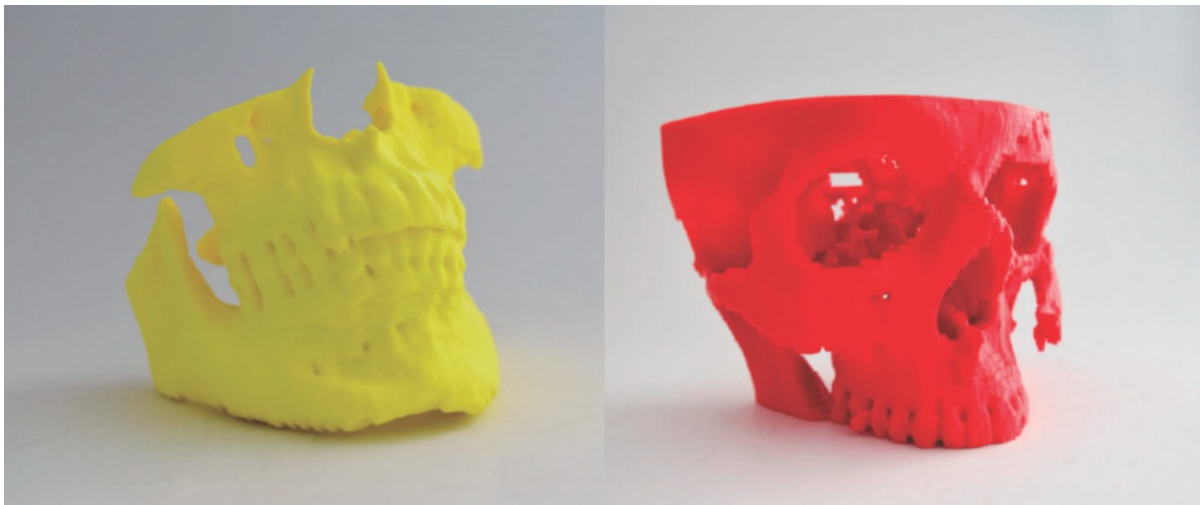


#### 12.4.6.7. MORFI - Modelos Anatómicos Personalizados.

MORFI es un proyecto desarrollado por la estudiante de Diseño Industrial Daniela Pinilla en el año 2018, para la creación de modelos anatómicos a partir de imágenes médicas de pacientes reales, materializadas con técnicas de fabricación aditiva. Estos modelos son pertinentes en las áreas de la salud para planeación pre-operatoria, en juntas médicas, visualización para pacientes, material didáctico de enseñanza, entre otras aplicaciones.

Este proyecto busca validar diferentes técnicas relacionadas con la impresión 3D, evidenciando la pertinencia que un Diseñador Industrial puede tener para trabajar en áreas afines al diseño y que existen nichos en el mercado local que no han sido del todo explorados como las áreas de la salud. Se tiene como escenario de experimentación la Universidad El Bosque enfocada a la salud y la calidad de vida. Se analizaron con softwares médicos de código abierto para segmentación, diferentes imágenes médicas de tres pacientes con casos específicos que necesitaban una intervención quirúrgica, para tener un mejor entendimiento de la zona a intervenir y luego convertirlo en un formato compatible con software de modificación de mallas poligonales, esto permitió dejar lista la réplica del modelo anatómico impresa en 3d, se evidenciaron ventajas como disminución de tiempos, costos y un factor muy importante que es la confianza tanto para el cirujano como para el paciente y su potencial implementación en la Universidad y Clínica El Bosque.

Figura 170: Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D. Proyecto de trabajo de grado MORFI / Estudiante dirigida: Daniela Pinilla.



#### 12.4.6.8. Interplay AtlasPro.

Interplay - AtlasPro es un proyecto desarrollado por la estudiante Maria Camila Acuña en 2018 como proyecto de trabajo de grado de la carrera de Diseño Industrial, este proyecto busca utilizar la animación 3D como herramienta de visualización para negocios y uso en nuevas plataformas digitales. AtlasPro es el resultado del trabajo conjunto de diferentes profesionales que buscan integrar tecnologías de manufactura digital en el desarrollo de material didáctico para enseñanza de anatomía, InterPlay es la división de AtlasPro, que integra tecnologías de visualización digital, y le permiten al público interesado adquirir conocimientos mediante la interacción con nuevos medios, como la realidad virtual y la realidad aumentada.

Como prueba de concepto se realizó una animación tridimensional de la articulación temporomandibular para ser presentada en diferentes medios didácticos, y así validar las herramientas de transferencia que se pretenden implementar en las clases de anatomía de la Universidad. Entre las herramientas validadas está la Animación 4D (Interacción 3D + tiempo), realidad virtual y realidad aumentada, que dio buenas perspectivas y comentarios en la comunidad académica de las áreas de la salud al interior de la Universidad.

Figura 171: Proyecto Interplay, Imágenes de muestra / Estudiante dirigida: Maria Camila Acuña / Universidad El Bosque / 2018.

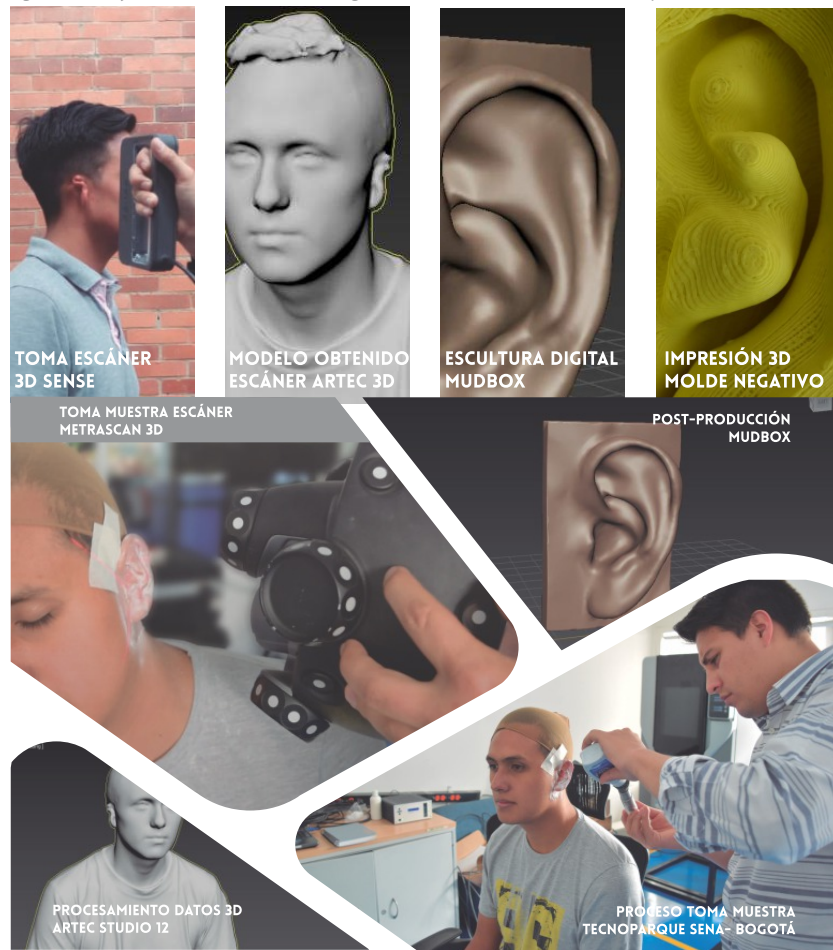


#### 12.4.6.9. Pro-Scan - Prótesis estéticas.

Pro-Scan - Prótesis Estéticas, es un proyecto desarrollado por el estudiante Edison Murcia en 2018, como proyecto de trabajo de grado de la carrera de Diseño Industrial. Es un proyecto que busca desarrollar prótesis cosméticas para personas que no cuentan con alguna de sus extremidades por alguna patología, accidente o enfermedad, brindándoles una solución estética de bajo costo, mediante la exploración de tecnologías de fabricación digital presentes en el contexto nacional (Colombia) que resulten eficientes en cuanto a costos, materiales y tiempos de producción.

Para este proyecto se tomó como caso estudio, el oído de un sujeto real, el cual presenta la patología de Microtia grado tres unilateral. La Microtia es una malformación congénita de la oreja o pabellón auricular (Oído externo) donde está poco desarrollado. Los métodos quirúrgicos existentes aún son un tanto manuales y su nivel de exactitud no es tan bueno. La impresión 3D y las tecnologías de fabricación digital permiten un campo de exploración desde la técnica, la tecnología y los materiales para lograr una solución estética para aquellas personas que padecen estas patologías.

Figura 172: Proyecto Pro-Scan / Estudiante dirigido: Edison Murcia / Universidad El Bosque / 2018.



#### 12.4.6.10. *Lecciones aprendidas en los trabajos académicos.*

Los proyectos de final de carrera de D.I. en la UEB están formulados de tal forma que el estudiante realice su proyecto académico con una intensidad horaria de 4 horas presenciales y 4 horas de trabajo fuera de clase por semana, en dos semestres académicos (a 1 año), con el acompañamiento de un docente experto en un ámbito específico de conocimiento, con un máximo de seis estudiantes por cada profesor. Este espacio de trabajo obligatorio para obtener el título profesional, se convierte en un escenario ideal de investigación, visto que se cuenta con el tiempo, el recurso humano y un proceso de acompañamiento casi personalizado para desarrollar proyectos con un grado de profundidad importante, lo que le da a los estudiantes la oportunidad de afianzar un conocimiento específico, explorar nuevas opciones emergentes del mercado y terminar con un desarrollo que le permita conseguir su primer empleo, presentarse a un postgrado o comenzar un emprendimiento. Por otra parte, ayuda al docente líder de cada línea a tener recursos temporales y humanos para construir una investigación y desarrollar su perfil profesional y académico.

La línea de trabajo de grado en “tecnologías aplicadas” de la carrera de D.I., fue inaugurada en Febrero de 2014 con la premisa de crear un espacio de experimentación a partir de tecnologías emergentes aplicadas en el desarrollo de proyectos de Diseño Industrial, tecnologías como la fabricación aditiva, la realidad aumentada, la realidad virtual, el diseño paramétrico, el modelado escultórico, entre otras temáticas. Este escenario de desarrollo de proyectos, nació como una estrategia para alimentar la investigación doctoral y validar las metodologías planteadas en este documento. Uno de los principales objetivos de este nuevo espacio, fue enriquecer el repertorio de espacios tradicionales e inherentes al oficio tradicional del Diseñador Industrial, como mobiliario, transporte, artesanía, gestión, entre otros. Tecnologías aplicadas como espacio de experimentación para estudiantes de último año de D.I. de la UEB, buscó de forma paralela cambiar el paradigma de iniciar la formulación de un proyecto a partir de detectar un problema, sino comenzar a partir de la experimentación y dominio de un escenario tecnológico, una plataforma de trabajo instalada, una aplicación técnica o tecnológica, entendiendo estos escenarios como una catapulta de trabajo para buscar opciones de aplicación, siendo las áreas de la salud y calidad de vida, un escenario importante de experimentación dada la naturaleza de la Universidad.

Esta línea de investigación, algo más de cuatro años después, se convirtió en una de las más importantes de la carrera al demostrar la versatilidad del Diseñador Industrial en escenarios poco explorados. Para el primer semestre de 2019, ya se han presentado más de 21 proyectos de trabajo de grado reconocidos por su calidad en áreas de la salud, y de los cuales se ha hecho alusión en este documento a algunos de ellos de forma resumida por su nivel de aporte a la investigación, siendo los ejes de integración transversales a destacar para su dirección: el énfasis en el dominio de las herramientas usadas (medios), la experimentación y validación, el trabajo con profesionales de otras áreas del conocimiento y la formulación coherente de objetivos y alcances para este tipo de proyectos académicos de pregrado.



# 13. FUENTES DE FINANCIACIÓN



### 13. Fuentes de financiación.

A continuación se presentan algunas alternativas que por su carácter y pliego de peticiones se consideran pertinentes para apoyar el proyecto de investigación en mediano y largo plazo. Las alternativas sugieren tanto iniciativas públicas y privadas que dependiendo los recursos y objetivos gerenciales de la Universidad deben ser evaluados con mayor detenimiento, de carácter individual.

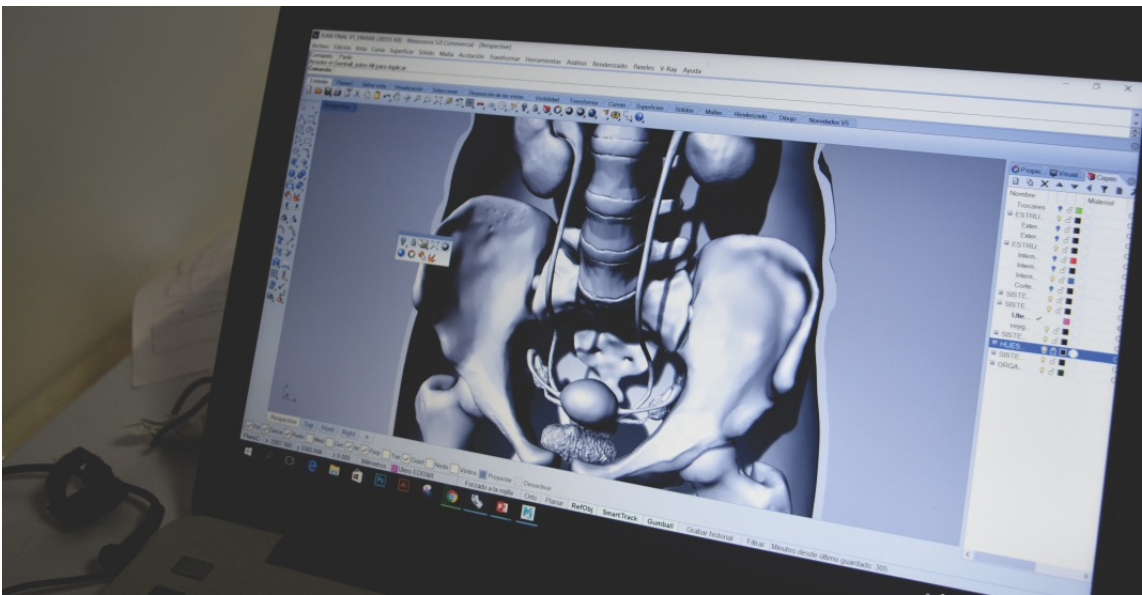
#### 13.1. SENNOVA.

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA. El SENA, es el Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia, lidera programas que buscan fomentar la cultura del emprendimiento, identificar oportunidades e ideas de negocios, orientar a los innovadores hacia las fuentes de financiación existentes en el mercado y generar valor diferencial para generar microempresas. SENNOVA, su sistema de investigación, tiene el propósito de fortalecer los estándares de calidad y pertinencia, en las áreas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, de la formación profesional impartida en el SENA. Anualmente cuenta con recursos financieros y una red de inversión en infraestructura y equipos importante, para el apoyo de proyectos a fondo perdido.

A través de esta estrategia, la Institución reúne las diferentes líneas, programas y proyectos de cultura e innovación que tiene dentro de su estructura, entre ellas Tecnoacademias, Tecnoparques, investigación aplicada, investigación en formación profesional, programas de fomento a la innovación empresarial y extensionismo tecnológico. (SENNOVA, 2016).

El proyecto de modelos anatómicos AtlasPro fue realizado en coordinación con el Tecnoparque nodo Bogotá y el proyecto de simuladores fue realizado con recursos de la convocatoria de SENNOVA 2016.

Figura 173: Actividad de aprendizaje de modelado escultórico / Universidad El Bosque / Tecnoparque SENA. 2017



Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso estudio: Universidad El Bosque.

Número	Título	Descripción	Total de recursos	Fecha de apertura
765	Convocatoria para proyectos de Ciencia Tecnología e innovación sobre ambientes de aprendizaje con uso de TIC.	Fomentar la generación de conocimiento a través de proyectos de CTel que atiendan las problemáticas alrededor de la congruación, desarrollo y evaluación de ambientes de aprendizaje con uso de TIC en educación preescolar, básica, media o superior.	\$492.928.671	Viernes, Julio 15, 2016
745	Convocatoria para proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación y su contribución a los retos de país -2016	Fomentar la generación de conocimiento a través de proyectos de CTel que afronten retos de país, que deriven en productos con potencial de transferencia de resultados a diferentes grupos de interés.	\$34.064.785.410	Lunes, Marzo 7, 2016
744	Convocatoria para proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud - 2016	Generar estrategias que promuevan acciones dirigidas a mitigar el riesgo de ocurrencia y reducción de la carga de la enfermedad, a través de la nanciación de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación de alto impacto.	\$16.000.000.000	Lunes, Marzo 7, 2016
769	Convocatoria para obtener deducciones tributarias por inversiones en I+D+i para el año 2017	Estimular la inversión privada en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTel) mediante el registro y calicación de los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e Innovación, cuya inversión o donación será realizada durante el año 2017, y asignar los respectivos cupos de deducciones.	El cupo para la vigencia 2017 se denirá en la sesión del CNBT de diciembre de 2016	Miércoles, Septiembre 21, 2016
749	Convocatoria para el registro de los proyectos de las Empresas Altamente Innovadoras de Colombia	Convocatoria para que las Empresas Altamente Innovadoras reconocidas por Colciencias registren los proyectos calicados automáticamente, cuya inversión será realizada durante el año 2016, tal como lo estipula el CONPES 3834 de 2015.	Se asignará un cupo individual por empresa altamente innovadora de \$5.000.000.000, el cupo global dependerá de la cantidad de empresas postulantes y lo que dena el CNBT	Lunes, Abril 4, 2016
747	Convocatoria para obtener deducciones tributarias por inversiones en I+D+i para el año 2016	Estimular la inversión privada en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTel) por medio del registro y calicación de los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e Innovación, cuya inversión o donación será realizada durante el año 2016, y asignar los respectivos cupos de	Cupo global de \$500.000.000.000 y cupo individual por empresa de \$75.000.000.000 para la vigencia scal 2016	Lunes, Marzo 28, 2016
746	Convocatoria Apps.co Descubrimiento de negocios	Potencializar la creación de negocios TIC en etapa temprana a través de servicios de acompañamiento y entrenamiento a equipos emprendedores, siguiendo la metodología de descubrimiento de clientes, propuesta de valor y modelo de negocios, en el marco de la iniciativa de emprendimiento	Los emprendedores no reciben recursos sino el acompañamiento de entidades aliadas en la etapa de descubrimiento de negocios	Lunes, Marzo 28, 2016
	Sistemas de Innovación	La estrategia de Sistemas de Innovación busca apoyar a las empresas en el desarrollo de los componentes clave que impulsan la creación y/o consolidación de sistemas básicos de innovación que les permiten generar innovaciones de manera permanente y sistemática.	\$4.620.000.000	Cuarto trimestre 2016
	Alianzas para la Innovación	Empresas de 51 ciudades y municipios representadas en ocho regiones del país podrán presentarse a las convocatorias que se realizarán a través de las Cámaras de Comercio para iniciar procesos de innovación a través de eventos de mentalidad y cultura, formación en temas de innovación.	\$4.072.900.000	Cuarto trimestre 2016
	Brigadas de patentes y Fondos de fomento a la protección de invenciones	A través de la Brigada de Patentes se buscan identificar proyectos cuyos resultados tengan potencial de protección mediante patente, en actores claves como instituciones de educación superior, centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico, empresas e inventores independientes.	\$2.800.000.000	Cuarto trimestre 2016

Tabla 2: Tabla de convocatorias de financiación de Colciencias 2016 - Colombia.

## 13.2. Colciencias.

El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) es la entidad encargada de promover las políticas públicas para fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia. Es el principal organismo de la administración pública colombiana encargado de formular, orientar, dirigir, coordinar, ejecutar e implementar la política del Estado en los ámbitos mencionados. Anualmente Colciencias abre convocatorias de financiación referentes a desarrollo en ciencia y tecnología, investigación e innovación. El proyecto fue presentado al tener una base de desarrollo ya construida, un grupo de investigación consolidado y el talento humano necesario para continuar con la investigación de alto nivel. Colciencias crea incentivos para personas e instituciones que fomenten el desarrollo en ciencia y tecnología que estimulen la capacidad innovadora del sector productivo.

Para contextualizar las oportunidades en el 2016 realizaron dos convocatorias en innovación , tecnología , enseñanza y la salud:

- En Julio de 2016 se abrió una convocatoria para proyectos de Ciencia, tecnología e innovación sobre ambientes de aprendizaje, los recursos asignados fueron de \$492.928.671 COP, unos 150 mil Euros.
- En Marzo de 2017 igualmente fue la apertura de la convocatoria para proyectos de Ciencia, Tecnología e innovación en Salud; donde podían participar Instituciones de Educación Superior y centros de investigación. El presupuesto de inversión de la convocatoria fue de \$16.000.000.000 COP, unos 4'705.882 Euros. En la Tabla 2, se presentan algunas convocatorias del año 2016 que demuestran la pertinencia del proyecto y su participación en próximas convocatorias.

Figura 174: Actividad de brainstorming - modelos anatómicos / Universidad El Bosque / 2015





### 13.3. Ministerio de Educación Nacional.

El Ministerio de Educación Nacional desde el área de innovación tecnológica ha formulado un plan estratégico para contribuir con los procesos de enseñanza y de mejoramiento en la calidad de la educación en los cuales el proyecto puede estar inscrito, avalado y presentando desde la Universidad El Bosque.

Los programas donde se evaluará su presentación en los próximos años son:

Colombia Científica: Es una estrategia que busca promover la investigación en las instituciones de educación superior, con el fin de impulsar el desarrollo económico y social del país. La estrategia incluye un paquete de becas para maestrías y doctorados en el exterior, así como un fondo para la financiación de proyectos investigativos que estén avalados por instituciones de educación superior.

*"Uno de los retos más importantes que tiene el país en materia educativa, investigativa y de desarrollo es lograr una mayor articulación entre las diferentes entidades del orden nacional de manera que todos los esfuerzos conduzcan a un mismo objetivo; lograr una Colombia mejor educada y cada vez más innovadora", expresó el Ministro de Educación (e), Francisco Cardona. "Ecosistemas Científicos".*

A través de un riguroso proceso de selección de proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación se asignan recursos para la ejecución de proyectos de ciencia y tecnología que impulsen el desarrollo de las regiones y respondan de forma pertinente a las necesidades del sector productivo colombiano. (MinEducación, 2017)

Figura 175: Pitch Challenge, Proyecto doctoral. III Encuentro de estudiantes de doctorado. UPV - 2016



# **14. PROPUESTA DE CONTINUIDAD INVESTIGATIVA**



## 14.1. Escenarios futuros.

Es claro que la impresión 3D y todos los desarrollos paralelos han dado un impulso para que diseñadores, ingenieros y entusiastas de todo el mundo comiencen a aportar ya sea desde la técnica, la metodología, el desarrollo de materiales y demás campos de acción imaginables a la industria médica. En esta instancia la planificación de procedimientos quirúrgicos y su enseñanza se presentan como una oportunidad y un escenario de investigación con un amplio espectro de aportación. De igual forma estos avances se tomarán un espacio de tiempo significativo para que sea implementado en la gran mayoría de hospitales y centros de enseñanza a nivel mundial, siendo el principal impedimento el acceso a la tecnología y el acceso a personal capacitado para que pueda asimilar y dominar estas tecnologías que todavía se pueden llamar emergentes, así tengan más de 30 años de desarrollo. Otro de los grandes impedimentos para popularizar estos avances es el campo legislativo y de certificación científica y comercial al tratarse de un campo muy delicado en temas normativos, como es la salud y las industrias asociadas.

Seguramente Stratasys, 3D Systems, Materialise, EOS y otras grandes empresas no serán las únicas que ofrecerán la tecnología de impresión de punta, como ya se ha analizado previamente y tal como aconteció con la impresión FDM. Estas empresas no serán las únicas compañías que aborden el tema de impresión aditiva y su relación con la salud. Estas compañías emplean ingenieros y diseñadores que son capaces de trabajar con profesionales médicos para crear piezas personalizadas impresas en 3D para ensayos de cirugía, educación, implantación e investigación, aunque con la limitación de ser aún desarrollos costosos que no se lo pueden permitir todos los centros educativos y de salud a nivel mundial. Un ejemplo de lo que puede ocurrir con estos mercados es lo que sucede con FormLabs y su impresora Form2, que ha incursionado fuertemente en el campo Odontológico a costos razonables y con la filosofía de tecnología de escritorio y DIY. La estrategia de estas grandes compañías ha sido tener un universo de socios en la industria médica de vanguardia, que les ha permitido ser una vitrina para el mundo de sus desarrollos, un modelo, que puede ser implementado por la Universidad El Bosque, en una escala manejable y acorde a las necesidades particulares de desarrollo.

Según Stratasys en su blog médico (Healthcare |2017), afirma que la industria médica está a la vanguardia de la adopción de la impresión 3D, aunque ya está en una etapa culmine de novedad mediática en el ciclo de evolución de cualquier nueva tecnología aplicada, acuñando el término de *“Trough of Disillusionment”* que expresa la idea de desilusión cuando es anunciado un nuevo avance que ya tiene varios años de implementación en otros centros de investigación de vanguardia a nivel mundial. Es por eso, que gestionar nuevas expectativas y ver más allá de los escenarios actuales es una buena estrategia para lograr impactar, siendo los avances realmente prácticos y realistas lo que se estima sea la próxima gran ola de innovación en la industria médica relacionada con fabricación digital.

### 14.1.1. Bioimpresión / Diseñador de órganos.

La era digital y los enormes avances de la tecnología cambian generación tras generación las expectativas y la prospectiva laboral de los futuros profesionales, se estima que en el mercado laboral de hoy, no existen aún los empleos en donde trabajarán los nacidos entre la primera y segunda década del siglo XXI. Estas dinámicas son influenciadas por una realidad ineludible: las tecnologías de comunicación, la robótica y la informática digital son las áreas de mayor crecimiento y, por ende, las que más demandas laborales tendrán. En el campo del diseño, esta tendencia no está muy alejada de lo que ocurre en los grandes referentes académicos y de investigación a nivel mundial, surgiendo un concepto revolucionario como lo es el “diseñador o ingeniero de órganos”, un concepto acuñado a partir de los desarrollos de especialistas en bioimpresión 3D (Serrano, R. 2015), que pueden cambiar por completo el mundo de la salud, ya que serán capaces de fabricar estructuras complejas como huesos, cartílagos y órganos internos, apalancados de nuevos materiales y tecnologías aún por desarrollar (Murphy, S. V., & Atala, A. 2014). Estas creaciones y conceptos ya son una realidad en un campo de experimentación médica y de trasplantes. Las aplicaciones de la impresión 3D son infinitas y, sin duda, las soluciones que se plantean en el sector sanitario son algunas de las más revolucionarias e interesan en todo el mundo. Aunque la bioimpresión aún es un ámbito emergente y donde se especula mucho, ya se emplea para fabricar tejidos como piel, cartílagos, huesos y vasos sanguíneos. Esta técnica permite crear capa a capa estructuras biológicas para experimentaciones médicas o trasplantes, o para el desarrollo de estructuras como andamios (scaffolds) en materiales biocompatibles donde es posible cultivar células con una forma predeterminada. Además de mejorar la calidad de vida de millones de personas, todo ésto también genera nuevas oportunidades de negocio, así como diferentes opciones de empleo (Valverde, I. 2016).

El perfil de este futuro diseñador de órganos comienza a tener un énfasis más marcado hacia las ciencias de la salud, que hacia las artes o la ingeniería, estimando que sea un perfil imprescindible y como una especialización más presente en el ecosistema hospitalario y de educación médica. La bioimpresión pondría solución a las listas de espera de trasplantes de órganos, ya que estos nuevos expertos crearían órganos específicos para cada paciente, el reto será fabricar estructuras con las células del propio paciente, algo que además minimizaría el riesgo de rechazo. Se estima que generará un negocio global superior a los 6.000 millones de dólares anuales en 2025 según la consultora IDTechEX. (Ltd, I. 2017). También plantea nuevas cuestiones éticas y habrá que responder a preguntas como quién será el responsable de la calidad de los órganos; cómo se controlará que no se creen estructuras con células mejoradas; o quién tendrá acceso a esta tecnología. Organovo (Organovo - Bioprinting functional human tissue. 2018). fue la primera empresa especializada en este sector y en 2013 alcanzó uno de sus mayores hitos: imprimir hígados en 3D que sirvieron para probar nuevos fármacos. Otra de las referencias en este sector es el peruano Anthony Atala que, junto con su equipo, consiguió implantar siete vejigas artificiales y en 2011 imprimió un riñón. (Murphy, S. V., & Atala, A. 2014).

### 14.1.2. Servicios para la industria Médica. BioMimics™- Stratasys.

Como toda tecnología de punta desarrollada y lanzada al mercado, tarda varios años en el proceso de popularización e integración en diferentes mercados que necesariamente no son de pioneros en algún campo del conocimiento, este es el caso de tecnologías de impresión 3D como la de tipo PolyJet y sus desarrollos relacionados. GrabCAD Voxel Print (Software), que complementa la tecnología PolyJet (Hardware) presenta un nuevo nivel de control sobre los parámetros de fabricación (GrabCAD Software | Stratasys, 2017). Los materiales y la ubicación de los materiales en los objetos construidos con impresoras de multimaterial e inyección de material permite crear múltiples aplicaciones prácticas que en este momento aún son difíciles de imaginar, están en proceso de desarrollo y están limitadas por el acceso a la tecnologías y los costos asociados. Esta tecnología de impresión multi-material es capaz de fusionar fotopolímeros y tintas de tal manera que se crea una amplia gama de colores y materiales. La última máquina PolyJet, la J750, puede imprimir hasta 360,000 colores de hasta seis materiales diferentes a la vez, incluyendo niveles variables de traslucidez, rigidez y flexibilidad, vóxel (píxel 3D) por vóxel y capa por capa. El software de control, el GrabCAD Voxel Print pone en escena el futuro y el presente más actual de desarrollo en los próximos años, siendo un prometedor sistema de control de todas las variables y combinaciones de materiales y colores en el nivel del vóxel, abriendo un escenario de trabajo interesante con la posibilidad de fabricar microestructuras y texturas complejas de un objeto impreso en 3D, cambiando las propiedades físicas generales y la posibilidades de simulación.

La impresión médica en 3D será un campo de amplio crecimiento al utilizar y potencializar proyectos como el de BioMimics. (Biomimetic Anatomical Models | Stratasys. 2017). Es un nuevo servicio piloto que permite a los profesionales médicos y las empresas imprimir en 3D modelos extremadamente detallados y realistas para aplicaciones de capacitación, desarrollo y pruebas de dispositivos médicos de forma tercerizada. Con las nuevas estrategias de expansión, Stratasys Direct Manufacturing, la división de la compañía encargada de prestar servicios, permite que estos modelos anatómicos incluyan tejidos óseos y cardíacos impresos en materiales biocompatibles, así como estructuras vasculares. Lo que hace que estos modelos sean tan únicos es la capacidad de la tecnología de GrabCAD Voxel Print para diseñar microestructuras que reflejen los tejidos que componen el cuerpo humano y la capacidad de las impresoras actuales y las que se esperan en un futuro cercano para reproducir esas estructuras en una amplia gama de materiales y combinaciones. Estas microestructuras variables y sus materiales de fotopolímeros se denominan BioMimics Building Blocks (BBBs) (Biomimetic Anatomical Models | Stratasys. 2017). Si bien es posible variar la estructura interior en cierta medida al momento de programar los archivos de impresión 3D, imprimiendo celosías y hexágonos para aumentar la flexibilidad y reducir el material, Stratasys ha trabajado con expertos médicos para crear patrones interiores que reflejan las microestructuras del tejido humano, algo que se relaciona con otras tecnologías y formas de crear como el diseño generativo 3D (Krish, S. 2011).

El cuerpo humano está formado por una serie de arquitecturas microscópicas que se estructuran para crear los cuerpos, la tendencia en impresión médica en la que están trabajando desarrolladores de todo el mundo está enfocada al desarrollo de microestructuras que construyan una macroestructura que replique la forma y función de una parte del cuerpo humano en ambos escenarios, el micro y el macro. Para ejemplificar estos escenarios futuros, StratasyS utilizó la tercera vértebra lumbar (L3) como ejemplo. Usando una combinación de diferentes materiales y diferentes microestructuras, se replicó una L3 realista imprimiendo una estructura externa usando una BBB cortical llena de hueso esponjoso BBB. Si se está colocando un tornillo pedicular en una espina dorsal, en realidad no coloca el tornillo en un bloque sólido de material. Con estas nuevas tecnologías como BioMimics, es posible replicar la estructura formal y funcional de la vida real en un modelo anatómico, diferenciando estructuras, espesores, condiciones genéticas y demás parámetros que pueden diferenciar por ejemplo un hueso de un anciano a un joven o de un deportista de alto rendimiento a una persona sedentaria. (Biomimetic Anatomical Models | StratasyS, 2017).

Con estos avances y su popularización global en los próximos años, será posible mejorar el realismo y la validez clínica de los modelos, lo que permitirá a los cirujanos desarrollar nuevas técnicas quirúrgicas fuera de las mesas de operación y desarrollar habilidades que se traducirán en mejores prácticas en todo nivel. Se espera que ayude a los diseñadores e ingenieros que trabajan en el campo de la salud para crear más y mejores dispositivos de apoyo en la prácticas médicas y quirúrgicas. Se estima que las capacidades de BioMimics que StratasyS está desarrollando permiten un nivel de realismo biomecánico y sofisticación clínica previamente no disponible en otros modelos anatómicos ya mencionados en capítulos anteriores. Finalmente, queda claro que ya no es suficiente hablar de personalización en la atención clínica específicamente en modelos anatómicos y de simulación quirúrgica, desde este momento se debe comenzar a trabajar y pensar en el concepto de personalización total, en la que los clientes pueden tener modelos anatómicos completamente fabricados con la información macro y micro anatómica de cada paciente.



Figura 176: Modelo anatómico StratasyS BIOMIMICS™ - Impreso con tecnología PolyJet, Preciso, Realista y Funcional. [www.stratasyS.com/medical/biomimics](http://www.stratasyS.com/medical/biomimics)

### 14.1.3. Medicina 4.0.

El concepto de medicina 4.0 está relacionada con la llamada cuarta revolución industrial, enfatizando y acentuando la idea de una creciente digitalización y coordinación cooperativa en todas las unidades productivas en diferentes campos de la economía mundial, en otras palabras, la “digitalización de la medicina” (Gubán, M., & Kovács, G. 2017). Las nuevas y crecientes tecnologías digitales tienen indiscutiblemente el potencial de mejorar la atención médica para los pacientes y la calidad del sistema de salud en general, resultado de una digitalización de procesos, comunicación y operaciones coordinadas en todo el sistema de salud capaces de dar una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos. Entre las bases tecnológicas en las que se apoya esta orientación está el Internet de las cosas, los sistemas ciberfísicos, la personalización, la cultura *maker*, las plataformas en la nube, la fabricación digital, entre otras.

A nivel mundial el sistema de salud sigue siendo un mercado algo difícil para implementar todas las ventajas que presenta la tecnología moderna, al tener una relación muy estrecha entre los beneficios que se pueden obtener y la capacidad de financiación del sistema de salud al que se esté adscrito. Esta relación entre opciones innovadoras ofertadas y capacidad de implementación, por lo general representa un detrimento para los pacientes, y todos los participantes en la atención médica. De igual forma, cada vez más el comportamiento de los pacientes está cambiando. La gente quiere y puede estar mejor informada y asume un rol más importante en la responsabilidad de su propia salud, la gestión online de citas médicas y consulta, la asistencia remota y demás avances relacionados. La dinámica dentro del mercado de salud privada también muestra un amplio espectro en la demanda de soluciones innovadoras, como los nanorobots dentro de nuestro organismo o el autodiagnóstico de enfermedades. Es por eso que otro desafío será desarrollar las condiciones legislativas y éticas de una manera que facilite la rápida implementación de los procesos de innovación y difusión de avances, siempre que sea posible, teniendo en cuenta los intereses de médicos, pacientes, hospitales, laboratorios farmacéuticos y proveedores en el proceso de digitalización e implementación de novedades en el campo médico. La impresión 3D como método de apoyo al proceso de diagnóstico, planeación quirúrgica, implantes artificiales entre otras aplicaciones serán cada vez más notorios, llevados de la mano del lanzamiento de nuevas tecnologías, reducción de costos, formación de capital humano que logre dominar estas técnicas (Vukicevic, M., PhD, et al. 2017). La personalización como concepto de tratamiento será fundamental en esta industria y permitirá cambiar el modo de pensar y tratar los pacientes. De igual forma el cambio generacional influenciado por la tecnología traerá una nueva ola de profesionales en áreas de la salud que permitirá la implementación de estas nuevas formas de aprender, pensar y tratar todos los factores de la cadena de la industria de la salud.

Uno de los avances con más futuro dentro de la impresión 3D es la posibilidad de realización de series cortas (para la realización de simuladores de formación) o personalizadas (reproducciones simuladas de órganos), que se empezaron a considerar en el campo de las prótesis para rodilla o cadera a finales de los noventa del siglo pasado, y que se están desarrollando a nivel de I+D a partir de la evolución de los sistemas de FA que permiten su construcción con todo tipo de detalle dimensional. Todos estos avances también están produciendo un importante hito en las investigaciones orientadas al desarrollo de los materiales biocompatibles. La tecnología de FA está siendo recientemente adoptada por la industria 4.0, y cuando se trata de aplicar éstas al sector médico (Medicina 4.0), aún se encuentra en una etapa de arranque e investigación, de lo que se viene a denominar biofabricación, tan útil para la medicina regenerativa.

El caso más interesante es el actual desarrollo alcanzado en implantes, realizado en titanio y fabricado por el sistema *Electron Beam Melting* (Arcam, tecnología Sueca) de los cuales se ha hablado en capítulos pasados, y que resulta de gran utilidad en intervenciones de craneoplastia, reemplazos de cadera y vértebras de la columna. Como ejemplo, para un implante aproximado de 180 x 130 x 5 mm, se emplea un tiempo de construcción menor en todos los casos de 12 h. y un compromiso de obtenerlo entre 48 horas y menos de dos semanas, lo que facilita en poco tiempo poder intervenir ante casos clínicos de gravedad. Esta técnica de fabricación, que se desarrolló inicialmente para obtener moldes directos metálicos, denominada EBM, se basa en un control de un haz de electrones dirigidos a derretir el metal, similar al de un cañón de TV clásica. Uno de los sistemas permite construir modelos en titanio biocompatible.

Aparte del EBM se tiene otro tipo de sistemas que se han experimentado en la construcción de prótesis, como el LENS (Laser Engineered Net Shaping), de Optomec. Es una técnica para la construcción directa en metal, en la que un láser funde el polvo proveniente de una tobera, con lo que se aplican gotas de metal sobre un sustrato. El resultado son piezas en metal, incluso en varios metales y se requiere una estructura de soportes, que pueden hacerse en otro metal de inferior punto de fusión. Junto al SLS de metal, tanto de las mencionadas Stratasys como 3D Systems, configuran el conjunto de divisiones médicas que trabajan en este campo médico. Un ejemplo de aplicación se puede ver en el tratamiento y cirugía de la columna vertebral, donde se está adoptando la impresión 3D para introducir nuevos productos revolucionarios que pueden promover el crecimiento óseo y mejorar así la fijación de implantes al hueso huésped. Pero como ya se ha hecho mención al principio, uno de los mayores progresos se encuentra en combinar estas técnicas con los avances en materiales biocompatibles, y así como se ha comentado el titanio, también se han alcanzado importantes éxitos con las resinas.



Este es el caso de prótesis para oído (pabellón auditivo) realizado en fabricación directa con un sistema de prototipado rápido basado en una resina que endurece a través de un haz de luz ultravioleta, conocido como Envision, con tecnología Envisiontech, empresa alemana que desarrolla tanto el sistema UV de fotopolimerización, como el material conocido comercialmente como E-Shell 600. Las piezas definitivas se obtienen en un material fotopolímero biocompatible clase 6, que pasa los análisis de citotoxicidad, irritación, sensibilidad, resistencia a la humedad y resistencia a las alteraciones temporales, según refiere la norma ISO 10993 (productos médicos).

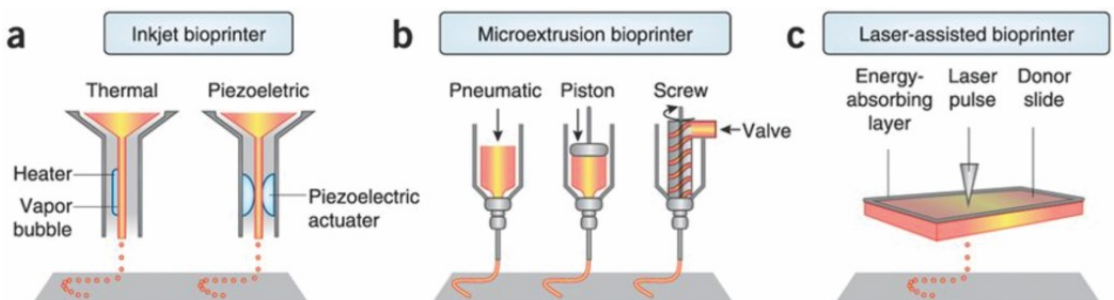
Esta empresa alemana ya fue la primera en comercializar también, hace diez años dentro de su división médica, un sistema de construcción tridimensional de tejido muscular sintético y biocompatible, que es una de las líneas de investigación que actualmente se plantean con mayor futuro. Con lo cual no es posible dejar de mencionar las posibilidades de estas tecnologías que ya se conocen como 3D Bioplotter o 3D Bioprinting, dentro de la ingeniería tisular. Estas se basan en tres líneas de desarrollo, centradas en la impresión de estructuras celulares y tejidos (Murphi, S.V. & Atala, A. 2014).

**Laser-Assisted Bioprinter:** Es un sistema basado en un láser que procesa un patrón celular 2D. La acción directa de láser (LDW) crea una burbuja y aparecen ondas de choque. Las ondas de choque empujan las células hacia las placas Petri.

**Inkjet Bioprinter:** A partir de los sistemas de impresión de Inkjet (similar a la inyección de tinta) usan células que se imprimen en forma de gotitas a través de cartuchos. Este método permite la impresión de cualquiera de las células individuales o agregados de células, dependiendo de los parámetros del proceso.

**Microextrusion Bioprinter:** La impresión basada en extrusión es otra técnica para imprimir las células vivas. Para decirlo de una forma reconocible para el lector, es "la extrusión de filamentos continuos hechos de biomateriales".

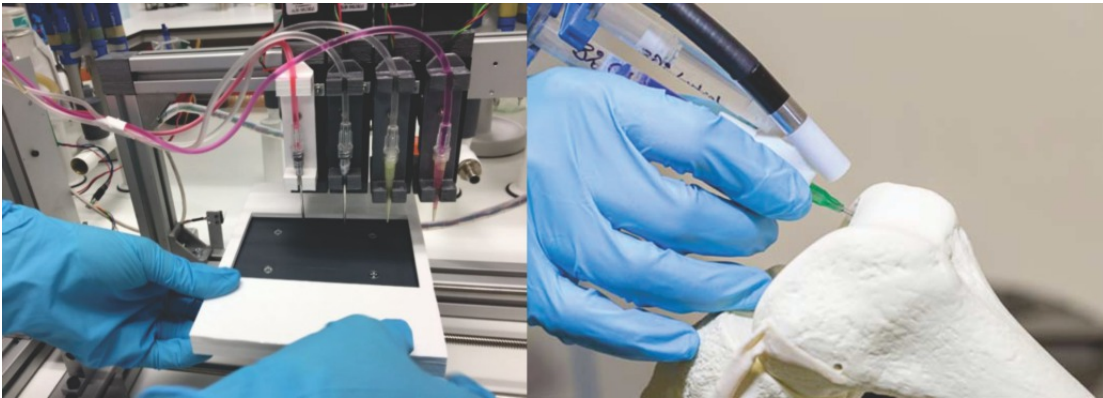
Figura 177: Tipos de sistemas empleados en bioimpresión 3D que se aplican a la medicina regenerativa para abordar la necesidad de tejidos y órganos adecuados para el trasplante. (Murphi, S.V. & Atala, A. 2014).



Precisamente, en el *Wake Forest Institute for Regenerative Medicine* dirigido por el Dr. Anthony Atala, se desarrollaron las primeras bioimpresiones ya hace unos años (1999), y sus investigaciones se centran en la impresión de *scaffolds* para el cultivo de células preformadas antes de un implante. En este mismo centro de investigación, James Yoo ha dirigido distintos trabajos alrededor de la impresión de piel injertada que se puede aplicar sobre las quemaduras (Cheng, X., Yoo, J.J., Hale, R.G. 2014), los pacientes de cáncer de piel y otros tipos de afecciones y enfermedades que afectan a la epidermis. Son varios grupos los que investigan ya sobre la bioimpresión de la piel desarrollando tecnología (Faulkner-Jones, A.J. et. 2015), y ya se está trabajando en la comercialización de la biocreación de tejido para heridas y recuperación de quemaduras (Organovo), con su uso para test cosmético (que está promoviendo L'Oreal), y la venta de los primeros bioplotters. En la Universidad de Princeton utilizan la bioimpresión uniendo células y nanopartículas. Fueron de los primeros en reproducir una oreja 'biónica' y están utilizando su desarrollo para producir audífonos a medida (Mannoor, M.S. et.al. 2013).

Por otro lado, el grupo de investigación en Cirugía Reconstructiva y Medicina Regenerativa (Instituto de Ciencias de la Vida) de la Universidad de Swansea (UK) está imprimiendo huesos que se recuperan bien en el organismo y están estudiando aplicarlo en cirugías de columna (Tarassoli, S.P. et.al, 2018). En este sentido, el *Australian Research Council Centre of Excellence for Electromaterials Science (ACES)* de la Universidad de Wollongong, combina los principios de la impresión 3D con la investigación de células madre para conseguir reemplazar de manera más rápida los huesos que puedan faltar o estén dañados, utilizando la extrusión de un biopolímero que se aplica con lo que denominan como 'Biopen' (Onofrillo, C. et.al. 2018). Entre todos los desarrollos se destaca una bioimpresora desarrollada por el *Institute of Biological Chemistry, Biophysics and Bioengineering*, de la Universidad Heriot-Watt (Edinburgh), y en España, el primer proyecto de bioimpresión ha sido fruto de la colaboración entre el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) de la Universidad Carlos III de Madrid, el Hospital General Universitario Gregorio Marañón y BioDan Group. Han desarrollado con éxito impresión de tejido para hígado, y el año pasado han conseguido inversiones de 24.7 millones de dólares.

Figura 178: De izquierda a derecha: Sistema de impresión 3D basado en biotintas, desarrollado en la Universidad Carlos III de Madrid. Fuente: EFE/NGG // Sistema BioPen utiliza una mezcla de las células madre del paciente y un hidrogel protector. Desarrollado en el Hospital St. Vincent en Melbourne por la Universidad de Wollongong, Australia. (Onofrillo, C. et.al. 2018)



#### 14.1.4. HoloLens.

Microsoft HoloLens, es un producto similar a un tipo de gafas inteligentes de realidad aumentada desarrolladas y fabricadas por Microsoft (Microsoft – HoloLens. 2017). Se ha comprobado que la capacitación basada en simulación acelera el dominio de nuevas habilidades y procedimientos sin riesgo para los pacientes. CAE Healthcare junto con Microsoft HoloLens ha presentado algunos desarrollos para el aprendizaje de anatomía desde un punto de vista revolucionario, siendo CAE VimedixAR el primer simulador de entrenamiento de ultrasonido integrado con HoloLens (CAEhealthcare, 2017), al integrar la anatomía 3D y la fisiología modelada del paciente en un entorno de aprendizaje de realidad mixta, es decir, combinando escenarios virtuales con escenarios reales. Dentro de este marco, es posible imaginar un futuro donde se puedan crear soluciones de capacitación dinámicas que permitan a los estudiantes clínicos y profesionales de áreas de la salud, explorar, comprender, investigar, y realizar intervenciones quirúrgicas visualizando la anatomía, fisiología y patologías de forma integral, lo cual permite a los estudiantes de medicina interactuar con hologramas 3D de estructuras humanas internas y adquirir competencia en anatomía. Por otra parte, VimedixAR ofrece una experiencia de entrenamiento basada en simulación sin precedentes, que permite a los estudiantes interactuar y moverse libremente dentro de un entorno de entrenamiento clínico que se complementa con hologramas. Por primera vez, los estudiantes pueden examinar la anatomía 3D dentro del cuerpo del fantoma. Estos proyectos vislumbran un escenario de trabajo donde no solamente Diseñadores Industriales pueden aportar, sino que también abre un espectro de trabajo multidisciplinar donde diseñadores gráficos, de interacción, artistas digitales, programadores entre otros profesionales pueden aportar al desarrollo de más y mejores aplicaciones.

Figura 179: Microsoft HoloLens - CAE Healthcare / caehealthcare.com/hololens. 2017



### 14.1.5. Guantes PowerClaw

PowerClaw es un guante háptico único en su clase que le permite interactuar en mundos virtuales teniendo sensaciones muy cercanas a la realidad al alcance de la mano. Su promesa básica es “Ahora serás capaz de sentir lo que ves”. Su tecnología háptica va más allá de la vibración, contando con diferentes actuadores ubicados en la punta de los dedos con los cuales es posible experimentar sensaciones como frío, calor, contacto y rugosidad. De acuerdo con el director del emprendimiento, Alyed Tzompa Sosa, creador de la *startup* Vivoxie, dueña del producto con sede en la Ciudad de México, la ‘garra’ permitirá mejorar la experiencia que ofrece la VR para el entretenimiento pero, también, tendrá importantes aplicaciones en otras áreas, como la medicina o la manufactura.

Vivoxie comenzó en el 2009 como una empresa dedicada al desarrollo tecnológico. Un año más tarde, el equipo encontró un nicho de oportunidad muy importante en las interfaces hápticas y la Realidad Virtual, por lo que decidió desarrollar este guante, único en su clase y con perspectivas importantes en el mundo del entrenamiento en áreas de la salud, en un desarrollo paralelo a la denominada Medicina 4.0. La versión definitiva de PowerClaw fue presentada durante la Gamescom 2016 que se llevó a cabo en agosto en Colonia, Alemania y trabaja en la segunda generación que seguramente tendrá mejoras sustanciales en su interfaz, adaptabilidad y compatibilidad con diferentes dispositivos. (Vivoxie.com. 2018).

Figura 180: Imágenes de referencia, proyecto PoweClaw. // <https://vivoxie.com/es/powerclaw/index>



## 14.2. Maestría en diseño y tecnologías creativas, UEB.

Como proyecto derivado de la investigación doctoral, se plantea la apertura de la “Maestría en Diseño y Tecnologías Creativas” en la Universidad El Bosque que retome la importancia de la formulación de proyectos de base tecnológica, para profesionales de diferentes áreas del conocimiento que quieran iniciarse o mejorar sus conocimientos en diseño de interactivos y en herramientas de fabricación digital, así como emprendedores o estudiantes que desarrollen, o vayan a desarrollar, sus actividades en los ámbitos tecnológicos del diseño, la ingeniería, la arquitectura y las artes en general y todos los actores de las denominadas industrias creativas que quieran aprender o instruirse en formas de comunicación y de producción innovadoras.

Esta Maestría en Diseño y Tecnologías Creativas se plantea como un escenario de experimentación y de integración de profesionales, y se espera sea lanzada en el primer semestre de 2020, tomando como base y contando con el apoyo del Máster en Tecnologías Interactivas y Fabricación Digital de la Universidad Politécnica de Valencia (Postgrados en Desarrollo de Interactivos y Fabricación Digital. 2017). Esta nueva propuesta de Maestría representa un desafío al sistema laboral a través del cual la comunidad de diseñadores, ingenieros y creativos de todas las profesiones han conseguido hasta ahora sacar valor a su profesionalidad, denotando una oportunidad y una mayor demanda de profesionales de los denominados diseñadores digitales, que han comenzado a tomar importancia en áreas que tradicionalmente no eran exploradas a profundidad como las áreas de la salud. En los próximos años los modelos empresariales estarán basados en políticas de producción en contextos de innovación, así como en productos vinculados con las tecnologías digitales, producción local y servicios en la nube. Actualmente ya hay muchos proyectos de base tecnológica que mundialmente desempeñan papeles decisivos a la hora de descubrir nuevos nichos de mercado, diversificación de la economía, desarrollando nuevas tendencias de consumo y nuevas estéticas. En este contexto, surge la necesidad de promover marcos de aprendizaje universitarios que se dediquen a formar profesionales para el desarrollo de productos, servicios interactivos y digitales, reforzando el aspecto de la innovación y la competitividad, que garanticen a corto plazo el desarrollo de nuevas capacidades para nuevos empleos.

Entre los objetivos de la Maestría está dar respuesta a los retos y necesidades profesionales en el ámbito de las tecnologías de la comunicación y la fabricación digital desde una doble vertiente: desde el punto de vista técnico con el aprendizaje de herramientas de creación, y desde el punto de vista de la profesionalización, capacitando a los futuros estudiantes para que puedan dominar nuevas claves de negocio relacionadas con la innovación tecnológica, mejorando su competitividad en el mundo laboral, dentro del gran contexto de los nuevos modelos de negocio que rigen los mercados actuales y futuros.

Esta iniciativa de oferta académica, detona su importancia en las diferentes experiencias de trabajo desarrolladas en la implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital al interior de la Universidad El Bosque como proyecto doctoral, al evidenciar una panorámica actual de las necesidades y oportunidades que aparecen al integrar y gestionar las diferentes tecnologías utilizadas para el desarrollo de proyectos en áreas de la salud, convirtiéndose en una línea de investigación importante donde hay mucho que aportar en los próximos años desde la visión del diseño. Entre las líneas de investigación que se plantean para la Maestría están: 1).Electrónica y Robótica. 2). Interactivos. 3). Artes aplicadas. 4) Diseño y Salud, siendo ésta última de gran importancia para continuar subiendo el nivel y el número de proyectos donde los Diseñadores Industriales y creativos tengan un espacio para aportar en la industria de la salud.

El programa de Maestría se plantea con una duración de 2 años, repartidos en 8 ciclos académicos de 9 semanas cada uno, para un total de 48 Créditos Colombianos para obtener el título. Cabe recordar que en el sistema de educación de Colombia, 1 crédito académico equivale a 48 horas de trabajo (Mineducacion.gov.co. 2017). El programa se plantea en modalidad *B-Learning*, repartidos en 40 Créditos obligatorios + 8 Créditos electivos. La estructura y distribución por áreas temáticas ofertadas se plantea así:

- Programación y desarrollo Web. (6 Créditos comunes / 2 Créditos Electiva)
- Tecnologías Móviles (4 Créditos comunes / 2 Créditos Electiva)
- Diseño de comunicación e interactivos. (8 Créditos comunes / 4 Créditos Electiva)
- Procesos de fabricación digital (6 Créditos comunes / 6 Créditos Electiva)
- Electrónica y robótica creativa (6 Créditos comunes / 2 Créditos Electiva)
- Clases Magistrales y nuevos modelos de negocio (4 Créditos)
- Proyecto Final (6 Créditos)





Figura 181:

## MODELOS ANATÓMICOS COMERCIALES

Anfiteatro y museo de anatomía UEB

# 15. ESTRATÉGIA DE TRANSFERENCIA

## 15.1. Target. Segmentación del mercado objetivo.

Según el desarrollo del proyecto, se plantean dos modelos de negocio según los tipos de nichos de mercado a los cuales se puede direccionar el proyecto, una vez se hayan concluido los procesos de protección, registros y patentes:

\* B2C: Directamente a Universidades o centros de enseñanza en áreas de la salud que puedan adquirir los desarrollos tecnológicos para sus bibliotecas o laboratorios.

\* B2B: Buscar un proveedor con el cual se pueda negociar un porcentaje de la participación del negocio y ceder los derechos de explotación, fabricación y comercialización por un tiempo determinado, conservando los derechos intelectuales y manteniendo el espíritu investigativo y de desarrollo de las tecnologías.

### 15.1.1. Definición y segmentación del mercado B2C.

Abreviatura de la expresión Business-to-Consumer «Del negocio al consumidor». Se refiere a la estrategia que desarrollan las empresas comerciales para llegar directamente al cliente o consumidor final. (DANRIN. 2017).

*Clientes Potenciales :*

- Instituciones educativas que tengan alguna relación con áreas de la salud en cualquier nivel de formación: técnicos, tecnólogos, profesionales, especializaciones de Enfermería, Medicina, Odontología, Instrumentación Quirúrgica, entre otras.

- Colegios que busquen integrar herramientas tridimensionales didácticas en la educación de asignaturas como ciencias o en la dotación de sus laboratorios.

- Profesionales de la salud que busquen herramientas para ilustrar a pacientes sobre sus patologías / diagnósticos de enfermedades y así hacer más fácil y ágil la comunicación y comprensión.

- Centros interactivos como Museos de Ciencias que busquen herramientas didácticas para entusiasmar y despertar interés en niños y jóvenes por el estudio en áreas de la salud, tecnología y ciencias.

- Hospitales, clínicas, centros de investigación que busquen implementar tecnologías para realizar procedimientos personalizados en cirugías de alto riesgo.

- Mercados Locales, Regionales y Nacionales / Internacionales, de cada uno de los ítems mencionados.

Se decidió realizar una segmentación de análisis en la región de mayor influencia de la Universidad El Bosque por su localización geográfica y posibles relaciones existentes.

Región: Bogotá. Universidades: En áreas de conocimiento en Ciencias de la Salud.

- **Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá** (Directos: Enfermería, Fisioterapia, Medicina, Odontología, Terapia Ocupacional, Farmacia, Fonoaudiología y todos los posgrados relacionados. Potenciales: Biología, Zootecnia, Medicina Veterinaria). Cuentan con laboratorios de Patología Anatómica, Laboratorio de Prototipado Rápido. (www.unal.edu.co. 15 de 8 de 2016).

La Universidad Nacional en su plan de mejoramiento de laboratorios 2013-2015 “Apoyo al mejoramiento infraestructura tecnológica de los laboratorios UN” contó con un ítem denominado “Adquisición de equipos a la docencia” (Universidad Nacional de Colombia, 2016) para generar un sistema de laboratorios eficientes para la investigación a través de patrocinios de Colciencias, de lo cual se puede inferir la preocupación de universidades de primer nivel en adquirir elementos que apoyen la didáctica y nuevos paradigmas de educación en todas las áreas del conocimiento.

- **Universidad Militar Nueva Granada:** (Medicina, Curso de Premédico, Tecnología en Atención Prehospitalaria). Cuentan con un Laboratorio de anatomía, de Cirugía Experimental y uno de simulación. (Universidad Militar Nueva Granada, 2016)

- **Pontificia Universidad Javeriana:** (Enfermería, Medicina, Odontología y 42 postgrados relacionados con áreas de la Salud) (Universidad Javeriana, 2016). Departamento de Morfología. Centro de Simulación Clínica.(Universidad Javeriana b, 2016)

- **Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario:** (Fisioterapia, Fonoaudiología, Ingeniería Biomédica, Medicina, Terapia Ocupacional, Enfermería y más de 45 postgrados relacionados con áreas de la salud). Cuenta con laboratorios de Fisiología y Neurociencia, Anatomía (anfiteatro), laboratorio de modelos anatómicos, simulación clínica (Universidad El Rosario, 2016).

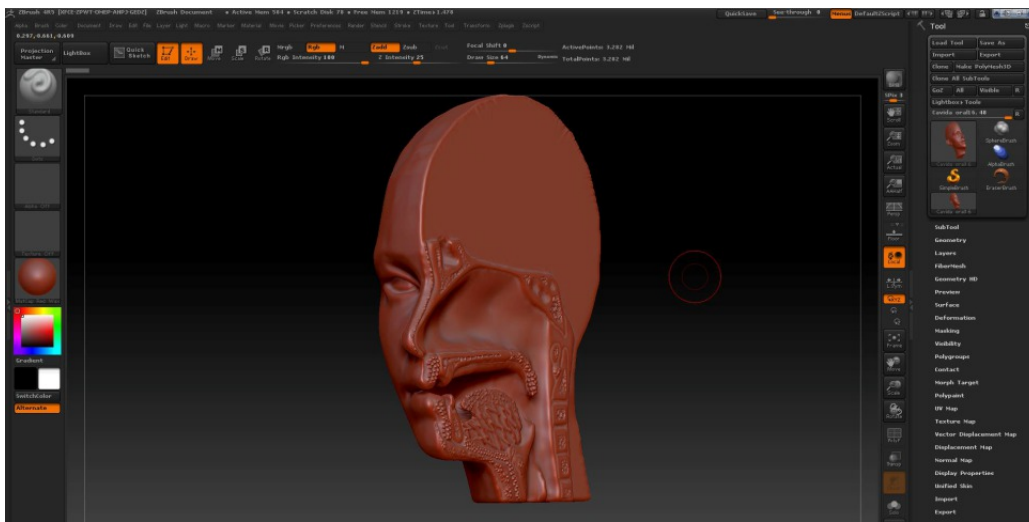
- **Universidad El Bosque:** (Enfermería, Medicina, Odontología, Instrumentación Quirúrgica, Optometría). Laboratorio de anatomía (Anfiteatro), laboratorio de simulación clínica).

- **Universidad Manuela Beltrán** (Terapia Ocupacional, Fonoaudiología, Terapia Respiratoria, Enfermería, Terapia cardiorespiratoria, Ingeniería Biomédica, Licenciatura en ciencias del deporte).

- **Universidad de la Salle:** (Optometría, Opcional: Medicina Veterinaria).

- **Universidad de los Andes:** (Medicina, Ingeniería Biomédica). Laboratorio de Anatomía. (Universidad de los Andes, 2016) Laboratorio de Investigación en Anatomía para la Educación.

Figura 182: Resultado actividad de aprendizaje de modelado escultórico / Universidad El Bosque / 2015



- **Universidad Cooperativa de Colombia:** (Terapia respiratoria, Fisioterapia, Odontología (por abrirse).
- **Universidad Antonio Nariño:** (Odontología, Optometría, Medicina, Enfermería, Ingeniería Biomédica) Laboratorio de simulación clínica y anfiteatro.
- **Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA:** (Medicina, Enfermería, Ciencias del Deporte).
- **Universidad de la Sabana:** (Enfermería, Fisioterapia, Medicina). Laboratorios de Simulación Clínica y Prácticas (Universidad de la Sabana, 2016), Laboratorio de Anatomopatología, Laboratorio de Histología.
- **Institución Universitaria Colegios de Colombia- UNICOC:** (Odontología)
- **Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud:** (Enfermería, Instrumentación Quirúrgica, Medicina).
- **Fundación Universitaria Juan N. Corpas:** (Medicina, Odontología, Enfermería, Curso Premédico). Laboratorio de simulación.
- **Fundación Universitaria San Martín:** (Odontología, Medicina, Optometría)
- **Fundación Universitaria del Área Andina:** (Instrumentación Quirúrgica, Terapia Respiratoria, Optometría, Enfermería).
- **Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación:** (Fonoaudiología, Fisioterapia, Terapia ocupacional).
- **Fundación Universitaria Sanitas:** (Enfermería, Medicina, Odontología).
- **Corporación Universitaria Iberoamericana:** (Fisioterapia, Fonoaudiología).
- **Universidad de Santander- UDES:** (Instrumentación Quirúrgica).
- **Universidad ECCI:** (Ingeniería Biomédica, Enfermería).
- **Fundación Universitaria CAFAM:** (Enfermería).

Figura 183: Laboratorio de Anatomopatología - Universidad Autónoma de Bucaramanga

Retomado de: <http://www.unab.edu.co/servicios/anatomopatologia>





### **15.1.2. Micro segmentación B2C.**

A partir del análisis de cada una de las instituciones de educación superior del área de influencia de la Universidad El Bosque, a nivel local se encontraron 24 centros de formación que tienen algún tipo de relación con enseñanza en educación en áreas de la salud, que ofertan aproximadamente 84 programas de Pregrado en Colombia, relacionados con la enseñanza de anatomía, entre los cuales se destacan Medicina, Enfermería, Odontología e Instrumentación Quirúrgica. Adicionalmente se ofertan muchos más programas de Postgrado que incluyen algún tipo de relación con prácticas o aprendizaje de Anatomía humana. En estas instituciones se encontraron laboratorios de anatomía, anfiteatros y de simulación en sus instalaciones, permitiendo inferir que un número importante de instituciones aún tienen el potencial y la necesidad de crear o dotar sus laboratorios con material didáctico para enseñanza de Anatomía, solamente en el mercado local en el segmento de educación universitaria, pero teniendo la posibilidad de contar con laboratorios de ciencias en educación media y primaria que fueron excluidos de este estudio, pero cuentan con el potencial y el perfil de poder ser clientes a futuro.

Teniendo en cuenta esta información es relevante considerar como clientes potenciales a todas aquellas instituciones que brinden este tipo de educación; teniendo como primeras pruebas piloto Universidades con programas de Odontología y Medicina en consecuencia a los desarrollos del proyecto de investigación hasta la fecha. Cabe aclarar que aunque el estudio de nicho se realiza en Bogotá, existen diferentes Universidades de renombre en otras regiones como la Universidad del Valle, Universidad de Santander, Universidad del Norte, Universidad de Antioquia, entre muchas otras que tendrían interés por el proyecto al contar con la infraestructura necesaria, y la temática para continuar con innumerables desarrollos, a partir de todas las especializaciones médicas donde pueden ser aplicadas las tecnologías de diseño y fabricación digital.

### **15.2. Análisis del entorno y situación actual.**

Actualmente el desarrollo de material didáctico y de simulación para salud es un espacio que no está cubierto por la industria nacional o regional, los elementos que se encuentran son en su gran mayoría importados de fabricantes Norteamericanos, Asiáticos y Europeos. Algunos modelos son fabricados por los mismos docentes, laboratoristas o estudiantes que buscan con técnicas que tienen a la mano, como el trabajo con plastilina, ceras y otros materiales de fácil transformación, recrear las estructuras anatómicas necesarias para sus laboratorios y cursos académicos. A continuación se analizarán los factores externos a la Universidad que podrían determinar el rendimiento o posición competitiva del proyecto y por tanto influir en la estrategia a seguir en el corto, mediano y largo plazo. Para ello el estudio se delimita diferenciando entre:



### **15.2.1. Entorno genérico o macroentorno: Análisis PEST.**

Se analizaron algunos factores en relación al entorno y situación del país. Año 2016 - 2017. El análisis PEST (BREE, P. 2017), identifica los factores del entorno general que van a afectar a las empresas. Este análisis se realiza antes de llevar a cabo el DAFO o FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), que presenta la empresa en el marco de la planificación estratégica.

### **15.2.2. Riesgo Político / Económico.**

El Mapa de riesgo político de Aon Risk Solutions (AON, 2017), para países emergentes explica el impacto de los riesgos políticos en la economía mundial. Colombia se encuentra en riesgo medio en términos de política doméstica debido a la inestabilidad política y la presencia de grupos armados en el país, sin embargo se redujo 103 puntos en un año gracias al acuerdo de paz firmado con la guerrilla.

Los diálogos de paz entre el gobierno y las FARC son de suma importancia tanto para la reducción de posibilidades de violencia política, como para la tranquilidad de inversores que quieren apostarle a la economía del país. En cuanto al riesgo de interrupción de la cadena de suministro, si se ve afectada en el país gracias a la baja calidad de infraestructura de transporte en carreteras y ferrovías. La perspectiva para la economía de mercados emergentes depende de la capacidad de los políticos para implementar las reformas para poder atraer inversión extranjera.

Económicamente se ha continuado con las salidas macroeconómicas con el objetivo de incrementar el crecimiento anual. Sin embargo, los resultados del segundo trimestre no superan los datos del primer trimestre del año obteniendo el menor crecimiento trimestral desde hace siete años desde el 2009.

La industria manufacturera tuvo un gran desempeño en el segundo trimestre de 2016, tuvo un crecimiento del PIB por sector económico del 6%. Por otro lado, el gobierno planea mejorar el crecimiento en la agricultura, la vivienda, infraestructura e innovación. Actualmente se están sufriendo alzas generalizadas de impuestos con la reforma tributaria 2016, en especial del IVA que se ha visto incrementado del 16 al 19%, que inevitablemente consiguen que se reduzca el poder adquisitivo de todos los Colombianos. Adicionalmente el Gobierno adicionará productos al cobro del IVA que actualmente no lo tienen y es posible que el próximo año sean más costosas las computadoras, las tablets y los libros. Este aumento del 5% en los libros implica que el precio al público de este producto aumentará un 14%. Todo esto pone en peligro la meta de inflación del 2017 afectando el consumo y la inversión, dejando la investigación e inversión en desarrollo con un margen de incertidumbre alto.

### 15.2.3. Riesgo Social.

Las Impresoras 3D, además de ser una revolución tecnológica, también son un cambio social en la humanidad mediada por la industria y el consumo. Como una de las tecnologías base del proyecto se analizó cómo puede cambiar algunos comportamientos en los segmentos de influencia directa como las áreas de la salud. El uso de la fabricación digital se distingue por ser una producción que va de la mano del cliente, es decir una forma emergente de co-creación, los clientes eligen los atributos que deben llevar sus productos como forma, color, material, cambiando la concepción de integración del cliente al negocio. (Berchon, M., & Luyt, B. 2016). Se le da a las personas el control de lo que pueden hacer a través de la colaboración colectiva. Adicionalmente ofrecen una descentralización tanto en la producción como en la distribución de la fabricación global. Esta nueva tecnología y la co-creación con el cliente, en este caso, los usuarios al entorno de las áreas de la salud, puede modificar el actual sistema de consumo, de diagnóstico, de aprendizaje, seguridad del paciente, cadenas de producción, montaje e incluso cambiando las normas de propiedad intelectual y patentes. Al tener la facilidad de impresión a demanda, no se necesitará tener una acumulación de *stock*, disminuyendo los costos de producción e inventario al igual que la disminución de costos en la mano de obra. Toda una revolución mediada por la materialización de ideas y sistemas totalmente personalizados. Estos cambios ayudarán a la creación de nuevos mercados, negocios y ruptura de paradigmas en el manejo y desarrollo de productos en torno al mercado y la industria de la salud.

### 15.2.4. Riesgo Tecnológico.

Los avances en tecnología han transformado la vida de las personas y se convierten en un transformador para llevar ideas innovadoras y útiles a la realidad. Cada año, instituciones privadas y gubernamentales evolucionan para potenciar las industrias de base tecnológica ya que aportan en un gran porcentaje al PIB. La importancia de la impresión 3D en Colombia ha crecido de manera exponencial debido al uso de ésta tecnología en campos como la arquitectura, el diseño industrial, la ingeniería y la medicina. Gracias a las impresoras 3D, los bienes de consumo pueden ser producidos a la medida de las necesidades de los clientes. *“En el informe anual del OCyT se presenta toda la información de inversión en Ciencia, Tecnología e innovación del país, la inversión específica en actividades de investigación y desarrollo tecnológico, la apuesta a nivel gubernamental por este tipo de actividades, la inversión del sector privado”* (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2016). La ejecución de los proyectos del FCT (Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación), para el 2016 abarcó un poco más del 12% de la inversión total en ACTI (Actividades de ciencia, tecnología e innovación) en el país, por lo que se perfila como una fuente de financiación muy importante a la cual se le realizó seguimiento para participar con el proyecto. Específicamente no se encuentra un riesgo tecnológico y se presenta como un factor importante de apalancamiento para contribuir y continuar con el desarrollo del proyecto, en vista que la Universidad tiene como política la continua actualización de equipos e inversión en tecnologías de punta.

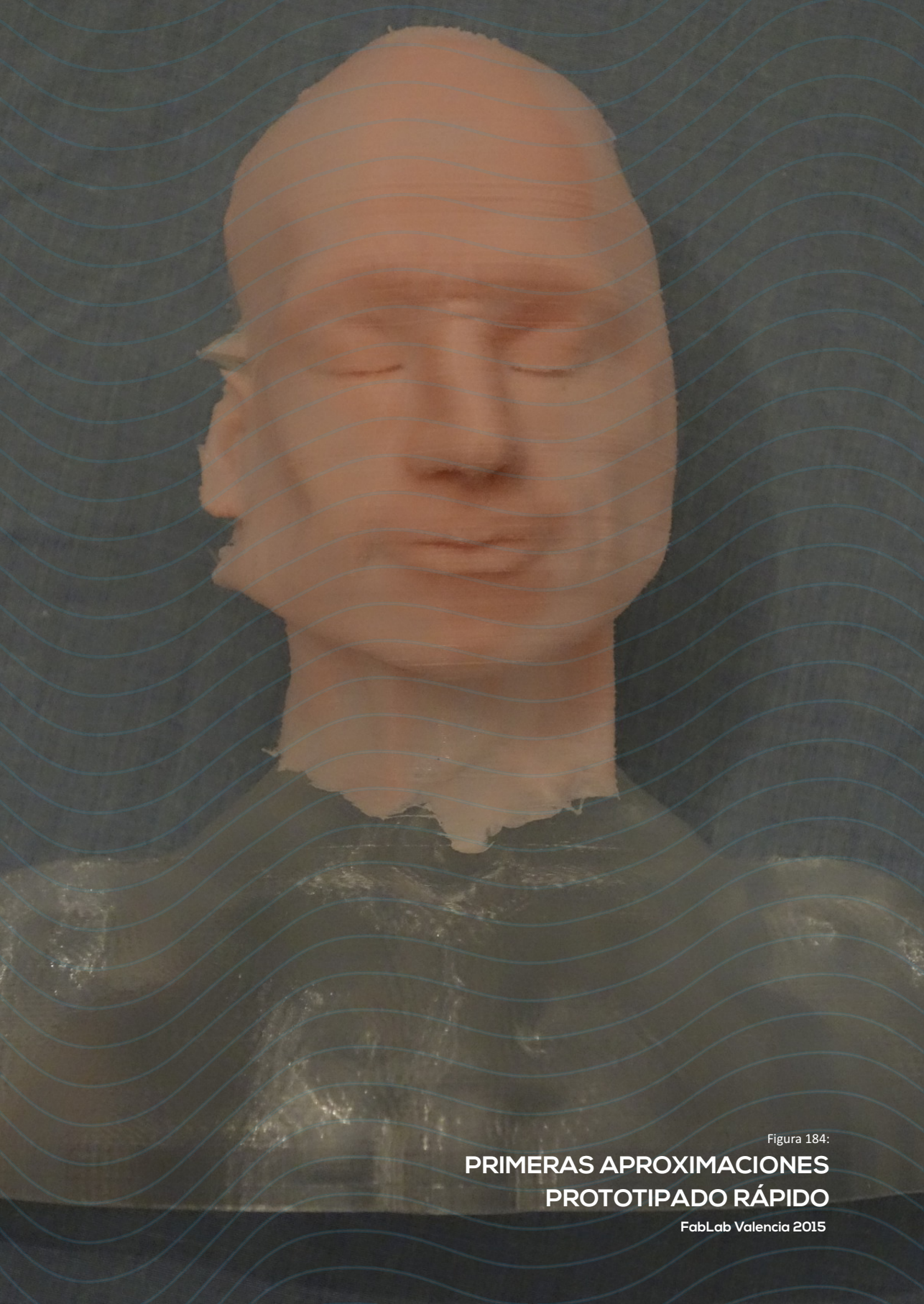


Figura 184:

**PRIMERAS APROXIMACIONES  
PROTOTIPADO RÁPIDO**

FabLab Valencia 2015

# **16. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TOMA DE DECISIONES**

## 16.1. Patentes y registros.

Se aplicó la herramienta para la detección preliminar de creaciones potencialmente patentables de Colciencias arrojando los siguientes resultados:

**HERRAMIENTA para la detección preliminar de CREACIONES POTENCIALMENTE PATENTABLES**

COLCIENCIAS | ruta | TODOS POR UN NUEVO PAÍS

Título del proyecto	Atlas PRO
Área Tecnológica	Otros
Organización	UEB
Grupo de Investigación o Unidad	Facultad de creación y comunicación - Diseño y comunicación plástica para el

**Problema técnico que resuelve**

La precisión en la representación de estructuras anatómicas para el desarrollo de material de apoyo para la enseñanza de anatomía. Adicionalmente el uso de tecnologías de fabricación que permite la generación de pequeñas series de productos personalizados o con características específicas a costos razonables.

**Creaciones con potencial de protección mediante patente en Colombia**

Título de la creación	Tipo de Creación	Valor de riesgo más alto	Riesgo en Otros Factores	Riesgo en Requisitos
-----------------------	------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------

**Otras creaciones identificadas en el proyecto**

Título de la creación	Tipo de Creación
Tomo de modelos anatómicos específicos	Objeto
Marca AtlasPRO	Signo distintivo
Caja-Tomo	Diseño industrial
Manual específico de cada modelo anatómico	Obra literaria/artística
Dibujos y gráficos de cada modelo anatómico	Obra literaria/artística

**Creaciones con potencial de ser protegidas en otras jurisdicciones**

Título de la creación	Tipo de Creación
Tomo de modelos anatómicos específicos	Objeto

**Recomendaciones Generales**

**Resumen detallado de las creaciones con potencial de protección mediante patente**

Figura 185: Captura de pantalla, herramienta para la detección preliminar de creaciones potencialmente patentables



**Recomendaciones – Novedad**

Nivel de Riesgo: Bajo

La divulgación de los detalles de la creación pueden afectar el posterior proceso de protección mediante patente, no obstante la divulgación se ha hecho de forma parcial de apartados que no son susceptibles a ser patentados por su bajo nivel de novedad, por tanto es prioritario iniciar el proceso de protección, recordando que se debe verificar el término del periodo de gracia en todos los territorios donde se desee iniciar un proceso de protección mediante patente, ya que este término cambia en algunas jurisdicciones.

**Recomendaciones – Caracterización**

Nivel de Riesgo: Alto

Esta creación presenta un riesgo alto para su potencial protección vía patente y podría ser negada su concesión. Se recomienda hacer nuevamente una revisión a profundidad de cada uno de los componentes de la creación, comparando en primer lugar la aplicación del objeto, sus materiales de fabricación y luego la forma y partes del mismo. En caso de persistir una alta similitud entre los componentes, es mejor explorar otras vías de protección de la propiedad intelectual. Se recomienda hacer ejercicios de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva en etapas tempranas de investigación y desarrollo de producto, esto con el fin de identificar oportunidades de nuevos productos con alta diferenciación en sus componentes. La Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia a través de sus examinadores, quitar tiene la potestad para determinar si la creación tiene novedad o no, y si puede ser concedida la solicitud de patente.

**Recomendaciones – Nivel Inventivo y aplicación Industrial**

Nivel de Riesgo: Bajo

Poder demostrar la ventaja que ofrecen los elementos diferenciadores de la creación, frente a los existentes, permite que el examinador comprenda porque su invención no solo es diferente sino mejor y un aporte al estado de la técnica, una buena demostración de la ventaja técnica ayuda a cumplir el requisito de nivel inventivo, necesario para concesión de una patente. En la evaluación de la creación, afirma que su creación permite obtener un resultado conocido reemplazando los elementos originales de una creación análoga ya conocida (equivalente), esto quiere decir que la creación no será patentable si un experto en la materia, reuniendo distintos datos conocidos, llega al mismo resultado. Posiblemente la creación no cumpla con una “Prueba objetiva de no obviedad”. Esta es una de las pruebas que se aplican para evaluar el proceso de solicitud de patente, cuando un evaluador no genere una calificación favorable al nivel inventivo de la creación. Sin embargo, es común que los examinadores consideren factores secundarios que ayuden a probar la altura inventiva cuando una creación resulta medianamente obvia. Afirmando que la creación puede ser utilizada o fabricada en algún tipo de industria, por lo tanto, existe un indicio de aplicación industrial, uno de los requisitos necesario para acceder a la potencial protección otorgada por una patente de invención.





Figura 186: Captura de pantalla, herramienta para la detección preliminar de creaciones potencialmente patentables

### 16.1.1. Titularidad de la investigación.

Como profesor de tiempo completo de la Universidad El Bosque (UEB) en Bogotá, y adicionalmente, firmado un contrato de patrocinio del doctorado en curso en la Universitat Politècnica de Valencia, la titularidad de la investigación le pertenece a la UEB, en un principio a través del grupo de investigación de la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación a la que se está adscrito como investigador. Actualmente no se han firmado contratos adicionales con la UEB, adicional al contrato como profesor e investigador de planta, al no tener algún avance significativo o patentable en la investigación que pueda desbordar las tareas por las que actualmente se tiene una remuneración como docente e investigador. Como estudiante de doctorado en la UPV, ésta Universidad hasta el momento no tiene derechos sobre los desarrollos de la investigación, sin embargo, según la evolución del proyecto, la UPV podría tener alguna participación, si algún profesor, el tutor del doctorado o departamento se involucra de forma directa al proyecto. Para los estudiantes de pregrado de Diseño Industrial de la UEB, según la legislación Colombiana, los trabajos de grado de su autoría pertenecen únicamente a ellos, a menos que se firme algún acta o contrato que estipule lo contrario. Como profesor universitario algunas temáticas del doctorado están involucradas en los trabajos de grado dirigidos, no enfocados a los resultados obtenidos, sino al proceso de desarrollo. Como titular de los derechos de la investigación, la Universidad El Bosque, tiene el derecho de divulgar los resultados de la investigación, siempre que no se perjudique el derecho a la patente (si la investigación lo amerita), segundo, tiene derecho a renunciar y a obtener el derecho de la patente de la investigación, pudiendo reservarse en este caso una licencia no exclusiva, intransmisible y gratuita de explotación, tercero tiene derecho a explotar económicamente los resultados, y cuarto tiene derecho a registrar los diseños industriales obtenidos en la investigación, salvo que en algún contrato se disponga otra cosa. Como profesor e investigador principal, se tiene el derecho moral a ser reconocido como autor, a obtener la titularidad de la patente (si se da el caso, que la Universidad ceda los derechos) o a participar en los beneficios que se deriven, si así se estipula en el contrato de trabajo con la Universidad.

La forma más apropiada de transferencia del proyecto de investigación es el modelo de "Capacidades transferibles" (*Conocimiento propietario o adquirido, útil y aplicable por la Universidad en la satisfacción de demandas sociales/económicas*) a través de la planeación y ejecución de actividades de I+D+i dentro de la misma Universidad UEB, tanto para estudiantes o profesores que deseen actualización en sus procesos de enseñanza y personal externo de otras universidades que se interesen en las temáticas de desarrollo de material didáctico físico con técnicas de diseño y fabricación digital enfocados a la enseñanza. Realizando ejercicios de experimentación y desarrollo de conocimientos aplicables por medio de diplomados, especializaciones, maestrías, etc. La ruta de transferencia de conocimiento es I+D+i contratada (Financiación privada por parte de la UEB), al centrarse en las capacidades transferibles adquiridas en la formación doctoral; al ser profesor contratado de planta para llevar a cabo la investigación, para lo cual, se ha realizado un plan de trabajo incluyendo, cronogramas, objetivos, tareas, plazos de entrega, contingencias, equipo, presupuesto donde se incluyen gastos de intercambios con otras instituciones y estancias doctorales.

Para el modelo de “Capacidades transferibles” se tienen en cuenta diferentes factores que permiten el óptimo desarrollo del modelo de transferencia de la investigación, entre los cuales se encuentran:

- Actividades de I+D: La investigación cuenta con toda la infraestructura académica de la Universidad El Bosque de Bogotá, desde lo particular, dentro de las clases de diseño de producto del tercer año de la carrera de Diseño Industrial y a futuro con la facilidad de crear cursos integrados con otras profesiones, seminarios, diplomados, cursos de extensión o como temáticas de trabajo de grado.

- Apoyo técnico: A través del Centro de Diseño y Comunicación adscrito a la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación, en la que se participa como docente de planta. Este centro se encuentra en proceso de evolución hacia un centro de investigación y desarrollo para ejecutar proyectos de diseño en general, hacia el interior y hacia el exterior de la UEB, funciones que actualmente cumple, pero que quiere consolidar desde un punto de vista administrativo. Cuenta con personal capacitado en áreas de administración, derecho y legislación, ingeniería, diseño gráfico e industrial.

- Servicio: La Universidad cuenta con diferentes laboratorios y mecanismos para facilitar a los investigadores el desarrollo de sus investigaciones en diferentes ramas del conocimiento de forma integral, y con diferentes puntos de vista que pueden ayudar a transferir pequeños procesos de desarrollo de la investigación, según sea la necesidad a cubrir. Adicionalmente el centro de diseño presta sus servicios de forma integral para llevar a buen término los proyectos de la comunidad Universitaria.

-Movilidad de personal: Totalmente factible, al ser una Universidad privada, cuenta con los recursos suficientes para realizar movilidad local, nacional o internacional para transferir los resultados de la investigación, estos procesos de movilidad ayudan a la Universidad a tener mejores *ranking* universitarios, visibilidad y posicionamiento en el mercado universitario Colombiano, asimismo ayuda a la formación de jóvenes investigadores y profesores.

Entre las ventajas del modelo propuesto, está la transferencia con el objetivo de formación de estudiantes, a través de cursos abiertos a la comunidad estudiantil que estén dispuestos a invertir en cursos especializados, se cuenta con el respaldo financiero y administrativo de la UEB, teniendo un claro receptor de los desarrollos de la investigación (estudiantes) y una clara contribución de las partes en la cadena de valorización, referida en la transferencia de las técnicas desarrolladas en los laboratorios de informática y los laboratorios de modelos y prototipos (FabLab) hacia la industria a través de los estudiantes de cursos de extensión, diplomados, especializaciones y demás modelos de transferencia de conocimiento. Otra de las ventajas del modelo de transferencia de capacidades a través de la Universidad es que ayuda a consolidar un modelo de cooperación interna UEB, inter-facultades, en donde se puedan realizar proyectos multi-disciplinarios, integrando conocimientos de diferentes especialistas, que a futuro, a través de estudiantes y egresados influyan en la consolidación de técnicas de diseño y fabricación digital la industria del país.

El modelo tiene la desventaja de no tener una relación directa con las empresas, que pueden explotar económicamente mejor los desarrollos de una investigación. Igualmente al ser un desarrollo metodológico en técnicas de fabricación que se desea transmitir a estudiantes, los posibles derechos patrimoniales derivados de una patente, generalmente se ven afectados por tener un modelo de divulgación directo a los estudiantes. Al ser la valorización de resultados un esfuerzo mayor en términos financieros, administrativos y logísticos, la UEB no tiene un interés particular en este momento y prefiere optar por el modelo de valorización de capacidades, que se adapta más a la infraestructura ya instalada de la Universidad. En la UEB se encuentra toda una plataforma en cabeza de las vicerrectorías académicas y administrativa que conforman y construyen un ambiente propositivo de emprendimiento, y asesoramiento para que grupos mixtos de la comunidad universitaria (Estudiantes, alumnos, empresarios, etc) propongan proyectos a los que se pueda dar acompañamiento y asesoramiento. (Planes de negocio, protección del conocimiento, estrategias y planes de explotación). Posteriormente se busca el equipo con las habilidades y características necesarias, que presten sus servicios a la comunidad como parte de las funciones de su contrato de trabajo, y que también, que a través de la gestión de docentes y estudiantes se integren las habilidades, y capacidades desarrolladas (I+D) en empresas que estén dispuestas a arriesgar en el desarrollo del proyecto de creación. También es importante rescatar en el desarrollo del plan de transferencia, las posibles licencias para el desarrollo de *spin-off*, ya se habrán pagado a través de las matrículas con las que los alumnos acceden al conocimiento en los cursos de la UEB y conocer cómo fabricarlas, una especie de licencia de *know how* de los procesos técnicos para desarrollar los modelos, posteriormente si hay avances meritorios o una invención, que no hayan sido contemplados, es posible que el modelo pueda cambiar, pero por el momento su planteamiento va en línea con los objetivos de la UEB.

Entre las preguntas que se deben hacer en un futuro cercano para poder transferir la investigación de manera adecuada están:

¿Los productos aportan un valor agregado en relación con los productos existentes en el mercado?.

¿Económicamente es viable y sustentable la producción de modelos anatómicos con fines educativos?.

¿Cómo se puede expandir el negocio, encontrar nuevas líneas y oportunidades?.

¿Cuál es su ciclo de vida?.

¿Cuál es la capacidad productiva real con impresoras 3D?.

¿Cómo se garantiza la fidelidad de los modelos anatómicos?.

¿Cuál es la mejor forma de promocionar la investigación?.

¿Cómo garantizar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados?.

*Modelo de Acuerdo de Confidencialidad desarrollado.  
Acuerdo de confidencialidad. Fase de preparación.*

## ACUERDO DE COOPERACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE PARTICIPANTES.

*"Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque de Bogotá."*

*Proyecto de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales -  
Universitat Politècnica de Valencia.*

Yo \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ en calidad profesional y trabajador de la Universidad El Bosque, manifiesto que:

Comprendo que el objeto del presente acuerdo es fijar los términos y condiciones bajo los cuales debo mantener confidencialidad de los datos e información, incluyendo información objeto de derecho de autor, patentes, técnicas, modelos, invenciones, procesos, algoritmos, ejecutables, programas, investigaciones, detalles de diseño, información financiera, lista de clientes, inversionistas, empleados, relaciones de negocios y contractuales, pronósticos de negocios, planes de mercadeo y cualquier información que me revele **LA UNIVERSIDAD** a través del docentes de la facultad de Diseño, Imagen y Comunicación, en relación con las actividades realizadas para investigaciones doctorales, y sobre la cual desarrollen sus proyectos académicos en calidad de Docentes de la Universidad El Bosque.

Entiendo que en mi calidad de colaborador, el proyecto académico en el cual he sido invitado a participar directa o indirectamente se encuentra enmarcado en el plan de estratégico de apoyo en la formación doctoral de docentes de la **UNIVERSIDAD EL BOSQUE**.

Comprendo que la **UNIVERSIDAD** facilita a Docentes, Investigadores, Estudiantes y Administrativos del programa de Diseño Industrial, sus instalaciones, tiempos y conocimientos para el desarrollo y ejecución del presente proyecto académico.

Entiendo que debido a la naturaleza del proyecto académico a desarrollar se hace necesario que como **PARTICIPANTE INVITADO** maneje información confidencial y/o información sujeta a derechos de propiedad intelectual, antes, durante y en la etapa posterior del proyecto académico.

Entiendo que cualquier información, facilitada o creada en el desarrollo del proyecto, será mantenida en estricta confidencialidad. La **INFORMACIÓN CONFIDENCIAL** no dejará de serlo cuando deba revelarse a cualquier entidad oficial, nacional o internacional, por orden válida de autoridad competente. La **INFORMACIÓN CONFIDENCIAL** no será accesible, copiada, reproducida, distribuida o transmitida por ningún medio conocido o por conocer, en todo o en una parte, sin el previo y escrito consentimiento de **LA UNIVERSIDAD**, por lo que

en calidad de **PARTICIPANTE INVITADO** me comprometo a realizar todas las acciones necesarias para evitar su filtración, divulgación, o difusión a terceros.

**EXCEPCIONES.** Comprendo que no habrá deber alguno de confidencialidad en los siguientes casos: a) Información que estuviera en mi conocimiento como **PARTICIPANTE INVITADO** y que la haya recibido legítimamente con anterioridad a la celebración de este **ACUERDO**, b) Cuando la información recibida sea de dominio público para su uso o publicación y, c) Información que por orden válida de autoridad competente deba revelarse en tal forma que pase al dominio público.

Comprendo que este **COMPROMISO** entrará en vigencia inmediatamente desde la fecha de inicio del proyecto académico y permanecerá vigente, por el término de duración del proyecto y tres (3) años más.

Comprendo que **LA UNIVERSIDAD**, facilita sus instalaciones y conocimiento resultado de los proyectos de investigación y desarrollo para la ejecución del presente proyecto académico para la obtención del título doctoral del profesor invitante, lo que me obliga a:

- Mantener **INFORMACIÓN CONFIDENCIAL** en secreto y no divulgarla.
- Usar **INFORMACIÓN CONFIDENCIAL** únicamente con el propósito de realizar el proyecto académico y de ninguna manera utilizaré esta información para llevar a cabo un proyecto o trabajo igual o similar so pena de las correspondientes acciones penales que sobre la materia se fundamenta la LEY.
- Me comprometo a no utilizar **INFORMACIÓN CONFIDENCIAL** de ninguna manera que pudiera causar perjuicio directo o indirecto a **LA UNIVERSIDAD**.
- Al ser un proyecto con fin de alcanzar un título doctoral patrocinado por **LA UNIVERSIDAD**, me comprometo a colaborar sin recibir remuneración adicional a menos que se considere necesario reconocer un aporte significativo a la investigación.

La realización de este proyecto determinará las siguientes condiciones de colaboración entre las facultades de Diseño, Imagen y Comunicación y Otras facultades, Departamentos o Grupos de investigación que sean **INVITADOS** al proyecto a través de su cuerpo docente:

1. El grupo de Diseño, Imagen y Comunicación dentro de los alcances del proyecto busca crear modelos físicos para autoabastecer las necesidades de material didáctico en diferentes escenarios de aprendizaje. Comenzando con una fase piloto en donde los modelos tendrán un carácter académico exploratorio.
2. Los modelos realizados en las aulas de clase son propiedad de los estudiantes, a menos que los recursos económicos para su producción sean provistos por **LA UNIVERSIDAD**.
3. La Facultades, Museos o Departamentos proporcionarán acceso e información para los estudiantes que requieran asesorías para diseñar y validar los modelos didácticos para la enseñanza de anatomía a través de los docentes y asignaturas que la Facultades crean pertinentes.
4. Los productos de investigación desarrollados dentro del marco del proyecto de grado de los estudiantes de la línea de investigación en Diseño y Fabricación Digital, pertenecerán al grupo y al investigador que haya tenido participación activa en el



- desarrollo del proyecto. Los proyectos podrán tener la figura de tutor invitado y serán reconocidos sus aportes en los documentos de trabajo de grado.
5. Este proyecto piloto hace parte de las experiencias exitosas presentadas por el comité de creación del nuevo Departamento de Simulación de **LA UNIVERSIDAD**, con el fin de dar soporte y facilitar el trabajo inter-facultades.
  6. El proyecto doctoral es de propiedad intelectual del profesor Juan Sebastian Avila Forero de la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación y hace parte de la línea de investigación en Diseño y Fabricación digital de la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación.
- NB** Pequeñas asesorías o charlas informales, no constituye participación activa del proyecto, la participación activa constituirá un aporte significativo en las fases que requiera el proyecto, incluyendo entrega de información depurada, protocolos de validación y comprobación, entre otros.
- NB** Los productos de investigación derivados del proyecto como artículos, material divulgativo, presentación en exposiciones o ponencias, corresponderá a los docentes o al grupo que los realice, en todos los casos deberá informar a las otras partes de ser necesario y deberán dar su autorización para la puesta en público del producto manteniendo los intereses de **LA UNIVERSIDAD** por encima de intereses particulares.
- OB** Los Beneficios económicos, en el caso en que el proyecto sea seleccionado como ganador, ligados a la presentación de la experiencia de trabajo interfacultades en la convocatoria interna de estímulos a la excelencia académica pertenecerán únicamente y se repartirá de forma equitativa entre los **Participantes activos** que hayan colaborado en cada una de las fases del proyecto, Teniendo como premisa el concepto de eje integrador del Diseño Industrial con otras especialidades.

Entiendo que el presente **COMPROMISO** no pretende crear ninguna relación contractual, ni obligación de ningún otro tipo, más allá de los deberes que debo cumplir en mi calidad de trabajador de **LA UNIVERSIDAD**.

Comprendo que el incumplimiento de mi deber de confidencialidad, puede ser constitutivo de responsabilidad legal en términos de la Ley, por lo cual podré ser objeto de acciones de carácter civil, penal, disciplinaria, fiscal, administrativa, según el caso.

## **GLOSARIO DE CONCEPTOS;**

### ***PARTICIPACIÓN ACTIVA:***

"Se refiere a una participación en la que el docente o investigador aporta elementos de su autoría que puedan ser considerados como protegibles dentro de la normativa colombiana de propiedad intelectual. Así, se espera que en dichos aportes se presenten, textos originales, datos o investigaciones plasmadas en documentos, diseños, planos, prototipos, trabajo dirigido a estudiantes, etc. No serán considerados aportes de participación activa ideas, comentarios o referencias a fuentes primarias o secundarias de información"

**ASESORÍAS O CHARLAS INFORMALES:**

Se refiere a charlas que validen algún concepto o idea de los estudiantes o docentes de la FaDIC, y no constituyen un aporte más allá de un concepto afirmativo o negativo, alguna guía bibliográfica, orientación general como gesto de interacción profesional entre miembros de la comunidad Universitaria.

**En constancia**, se firma el presente documento, en la ciudad de Bogotá D.C. a los \_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 2015.

**EL PROFESIONAL**

C.C.  
FACULTAD:  
TELÉFONO:



Figura 187:

## TÉCNICA DE MAPPING

Estudiantes de la línea de tecnologías aplicadas

Universidad El Bosque

2016

## 16.2. Atributos para elegir el proveedor / Alianzas para el proyecto.

- Ventajas solicitadas por el cliente: Al no ser una producción en serie, las ventas se realizan en base a un requisito específico, aprovechando las ventajas que brinda en términos de personalización, la fabricación digital, dependiendo del consumidor final del producto o el tipo de industria o el destino del producto en el proceso de producción de la mano con el cliente.
- Demográficas: Para la localización es necesario examinar cuál es la solución más conveniente, sea la concesión en licencia de una patente, o la cesión de derechos de la misma. En el caso específico del proyecto se considera que conceder una licencia de explotación de la patente, donde la transferencia de la propiedad no es definitiva, es la mejor manera de proteger los derechos de las patentes o registros. Se deben conceder los derechos de explotación a un tercero, que esté obligado por la normatividad local, a cumplir con un contrato donde se estipulan las obligaciones de cada parte, dando normativas donde el incumplimiento puede terminar con el contrato de la licencia y la restitución de los derechos de explotación al licitante.
- Obligaciones: Los criterios contractuales deben estar mediados por dos clases, unas metas a alcanzar antes de la entrada en el mercado y unos objetivos de venta después de la entrada en el mercado, semestrales o anuales.
- La estrategia de transferencia de los desarrollos al mercado, incluye que el titular de la licencia tenga la obligación de establecer los pasos requeridos antes de entrar al mercado, como por ejemplo realizar pruebas piloto de experimentación en el mercado. Si el titular de la licencia no reúne esas condiciones, el propietario de la patente puede rescindir el contrato de licencia y recuperar la patente. (WIPO 2017)
- Después de tener el primer ingreso del producto al mercado, se deben pautar unos objetivos de venta que deben alcanzarse, para que en este caso, la Universidad El Bosque pueda asegurarse de que el titular de la licencia se sienta comprometido con explotar la patente y obtener un retorno, ya sea financiero, publicitario o metodológico del proyecto. El incumplimiento de lo pactado y las ventas objetivo puede dar al cese del contrato y la patente vuelve a ser propiedad del dueño. (Oficina Española de Patentes y Marcas, 2017)
- La empresa que explote las licencias o patentes debería en la medida de lo posible, y excluyendo posibles nuevas *Spinoff*, tener políticas sociales y empresariales con normativa: ISO 9001, ISO 9001:2008.

La ISO 9001:2008 es la base del sistema de gestión de la calidad siendo una norma internacional que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios. Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación, de este modo se aseguran que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad (SGC). (Normas 9000, 2017)

Esta certificación es importante para garantizar una competencia en iguales términos con productos ofrecidos por otras marcas, por ejemplo en una licitación gubernamental donde estas características aportan puntos significativos en la evaluación de un proveedor, y más al tratarse de desarrollos que tienen relación con entrenamiento en áreas de la salud.

- Tamaño de la empresa, tipo de empresa, composición de los interesados o *Stakeholders*.
- Comportamiento: Proceso de compra, tipos de objetivo, personalización de producto.
- Precio y calidad de producto: Tecnología usada, características operacionales, asistencia.
- Canales de distribución.
- Características del vendedor: Carácter de negociación.
- Experticia.

### **16.3. Criterios de selección de proveedores / Alianza.**

Después de analizar los factores mencionados anteriormente, se recomienda tener en cuenta las siguientes recomendaciones metodológicas en el momento que se decida dar continuidad al proyecto de modelos anatómicos y simuladores de entrenamiento, antes de suscribir cualquier tipo de compromiso contractual. Igualmente se recomienda revisar si estos atributos son acordes al estado actual del proyecto y deben ser evaluados con detenimiento cada vez que se realice un avance en el *know how* del proyecto, asignando un porcentaje (%) de importancia para su valoración y realizando una tabla de ponderación como apoyo para la toma de decisiones. La empresa tiene una relevancia estratégica y se requiere que sea un aliado valioso.

#### **16.3.1 Perfil general del proveedor.**

Es reconocido en el mercado?, cuál es su trayectoria?, su experiencia?, cuál es la capacidad de respuesta? clientes? Tamaño en número de empleados/ventas anuales, y respaldo o músculo económico. Producción: Cantidades mínimas a producir que permite el proveedor por lote, este punto es un buen criterio para seleccionar un proveedor. Aquella compañía que esté dispuesta a fabricar la menor cantidad del producto visto que el tipo de negocio no se fundamenta en una producción en masa sino en la personalización.

Ubicación geográfica, si está afuera cómo se hace para la importación o tienen sede en Colombia? Tener en cuenta el *Lead Time* (tiempo de producción y entrega), logística de entrega. Producción local o internacional? Impuestos y gravámenes a los que se someterán los bienes. Qué tanto debe esperar el cliente para poder recibir su producto desde el momento que se hace la solicitud del pedido. Un proveedor dentro de la misma ciudad o área aún cuando ofrezca un precio superior por sus productos puede ser una mejor alternativa si eso permite acortar los plazos en las entregas, evitar demoras que generan retrasos en la producción así como tener una mayor flexibilidad en las entregas y en el número de unidades suministradas.

Cumplimiento en estándares de calidad: Certificaciones que respalden el proveedor en sus procesos, para garantizar el suministro de materias primas e insumos que cuenten con altos estándares y que estén respaldados por procesos adecuados y avalados por terceros, estas certificaciones ayudan a minimizar posibles riesgos que pueden surgir como sobrecostos hasta el punto de poner en peligro la marca y su *goodwill*. El *goodwill* es un activo fijo de la empresa, muestra el valor de su reputación, que puede afectar a su situación en el mercado. (Debitoor, 2017)

Situación económica: Determinará si a largo plazo se podrá tener abastecimiento constante de los insumos y la calidad de los mismos. Al realizar alianzas con proveedores externos para explotar los desarrollos de investigación, la Universidad puede concentrar sus recursos en actividades clave y en su experticia basada en la investigación e implementación de nuevas tendencias en manufactura, innovación y desarrollo, una clara ventaja sobre otros competidores, que no realicen alianzas estratégicas y afronten los procesos de investigación de manera cerrada.

La Universidad El Bosque no tiene la capacidad de producción instalada para satisfacer tiempos de entrega de productos relacionados con fabricación, al no contar con la infraestructura necesaria tanto de equipos como de talento contratado y especializado en el desarrollo de este tipo de productos. La relación con el proveedor de todos los procesos que no maneja, se vuelve un proceso colaborativo estratégico donde se comparte información de las transacciones, pronósticos de demanda, gestión compartida de los niveles de *stock* necesarios a corto y largo plazo, capacidad de producción, y enfoque de satisfacción de necesidades del mercado cambiante.

Los aliados estratégicos brindan el soporte de marca que en este momento la UEB no tiene para generar la producción de un producto industrial como los sets de la "Organoteca" AtlasPro, o los Simuladores de entrenamiento médico, necesita contar con un productor en serie (así sean series cortas) que cumpla con los requisitos de calidad mínimos, tiempos y procesos para poder comercializar.



### 16.3.2. Valor de la Investigación.

Antes de dar un valor de venta del proyecto, se debe considerar los procesos y desembolsos que generó la universidad, para proteger los productos (Patentes y registros) y así poder iniciar el proceso de explotación económica, basado en los costos de la patente, registros, abogados y el costo del KnowHow.

Teniendo este punto cubierto, se debe validar el proceso de valorización real del producto: producción, comercialización, márgenes de ganancia, etc., y poder crear una alianza estratégica para generar valor a largo plazo y construir una comunidad de clientes potenciales. Uno de los modelos que se plantea validar es el otorgamiento total de licencias de producción. La UEB cedería el derecho de uso y explotación, con el carácter exclusivo a las empresa aliada por un tiempo determinado. En el momento que llegue el vencimiento de este término, se puede renovar.

En el modelo anterior de aliados, se busca en primer lugar crear el reconocimiento del producto y un estudio de mercado para evaluar la viabilidad del licenciamiento con ganancia para ambas partes. Por el momento se recomienda para dar oportunidad de inmersión en el mercado, el licenciamiento a pérdida, sin prever ganancia económica de la inversión realizada a la fecha sobre el proyecto, más allá de la ganancia en posicionamiento académico y desarrollo intelectual. Por último se plantea crear algún mecanismo de veeduría al interior de la Universidad para garantizar que la empresa aliada vele por la buena producción de cada modelo en dado caso, se decida colocar el nombre de la Institución como respaldo al proyecto.

### 16.3.3. Antecedentes, referencias y clientes.

Es recomendable buscar referencias específicas, una vez se haya seleccionado el proveedor que explotará los desarrollos, indagando qué clientes ha tenido, cuáles son algunos de sus clientes actuales, son clientes grandes e importantes?, que credibilidad tiene en su gremio económico, que opinión tienen y qué reputación ha construido en los últimos años de operaciones. Trabajar con empresas serias que puedan garantizar cierta continuidad en el suministro y que tengan un alto grado de cumplimiento, respondiendo aún incluso en el evento que se puedan llegar a generar inconvenientes o pedidos urgentes no planeados. La respetabilidad y la trayectoria es un indicador del *goodwill* y de la confiabilidad de la compañía. A mayor experiencia tenga un proveedor en el mercado, mayor será la probabilidad que las cosas con él puedan salir bien y qué tan bien preparado esté para lidiar con ciertas coyunturas en comparación con una empresa nueva o que no tenga la suficiente experiencia. Es recomendable que los convenios se realicen a corto plazo con una proyección a largo plazo, esto para garantizar la posibilidad de cancelar compromisos de forma ágil y no comprometer uso de patentes, modelos de utilidad, que legalmente pueden ser retornados en caso de incumplimiento de una de las partes, pero siempre se recomienda no entrar en litigios jurídicos.

#### **16.3.4. Tecnología, infraestructura y logística de distribución.**

Es recomendable que los aliados del proyecto cuenten a su vez con una red de cooperación especializada para cada uno de los procesos trascendentales del proyecto, desligando a la universidad de procesos adicionales que no hacen parte de sus objetivos misionales. Es aconsejable realizar un contrato integral de explotación que integre todos los factores operacionales.

#### **16.3.5. Filosofía, misión, visión y principios de trabajo.**

Es importante dejar claro y fijar unos mínimos aceptables en términos de calidad de manufactura, cumplimiento de plazos, protección de la información, flexibilidad a nuevos requerimientos, grado de informalidad, jerarquías en la toma de decisiones, cadena de mando, protocolos de comunicación y relacionamiento.

#### **16.3.6. Servicio pos venta y garantías.**

Es fundamental para un negocio con proveeduría y maquilas, garantizar la seriedad de cada uno de los eslabones de la cadena productiva, siendo el servicio pos venta y garantías uno de los principales elementos para construir una marca duradera y con perspectiva de crecimiento empresarial, debe adicionalmente garantizar un mínimo de tiempo para la atención de consultas y un esquema y árbol de procesos y toma de decisiones para dar respaldo al producto en una eventual reclamación. De forma paralela al negocio se debe tener un esquema de capacitación que pueda dar el o hacia el proveedor en el manejo de los productos defectuosos y formular toda una política de devoluciones.

#### **16.3.7. Relación Precio-Calidad.**

Es importante determinar en qué segmento del mercado objetivo se quiere posicionar el proyecto, y cuál será la estrategia de lanzamiento, es decir, primero modelos anatómicos o simuladores?, cuáles? de qué tipo?, qué calidad y complejidad?. Se debe tener en cuenta la diferencia entre una materia prima y otra más costosa, un proceso productivo u otro con mayor o menor complejidad, para que no afecte realmente ni se note que en sus atributos fundamentales algo no está equilibrado, buscando que exista una buena relación calidad-precio, siempre y cuando se esté tratando de posicionar la marca en un segmento específico y ofrecer razones de preferencia más allá del precio. Al ser el proyecto de investigación un proyecto de alta especialización tecnológica, complejidad de procesos, con un portafolio futuro de productos bastante extenso, con competidores con mercados cautivos y con un know how más avanzado, es necesario determinar cuál es el diferenciador real del proyecto para poder competir en precio y calidad frente a los referentes del mercado analizados en este documento. Cabe aclarar que aún, según el punto de vista de ingeniería y administrativo, el proyecto se encuentra en una etapa de I+D y aún no se recomienda su explotación comercial a través de proveeduría. En el caso de crear una Spinoff, para explotar estos desarrollos, es importante que la Universidad realice un tipo de acompañamiento exhaustivo, para poder aprovechar los avances de la investigación y no se convierta en una dificultad por la falta de experiencia y la calidad de los competidores a los que se enfrentaría.

## 16.4. SWOT Análisis.

También conocido como análisis FODA o DOFA (Análisis DAFO. 2018), es una metodología adecuada para el estudio de la situación del proyecto, al analizar sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades). Proviene de las siglas en inglés SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats).

### 16.4.1. Debilidades.

- Tiempo de gestión y desarrollo dentro de la Universidad. La inversión en investigación y seguimiento es limitado, aunque está en aumento es difícil competir con empresas privadas que tienen como misión la creación y comercialización de productos.
- Hasta ahora se está desarrollando el *Know How* para fabricar los modelos anatómicos y simuladores. Aunque los avances han sido importantes, no se compara con el conocimiento y tecnologías usadas por grandes empresas dedicadas al desarrollo de material didáctico para enseñanza en áreas de la salud.
- Los materiales óptimos para fabricación son importados; no se producen a nivel local en Colombia.
- Los servicios de impresión 3D locales, son pocos, costosos y poco tecnificados. Aunque, año tras año aparecen más opciones con mejores ventajas competitivas.
- Las políticas de transferencia de la Universidad no están consolidadas y están aún en procesos de construcción.
- Son pocos los profesionales que conocen y podrían realizar todos los procesos de desarrollo, por tal motivo se necesita más talento humano capacitado.
- La inversión inicial de desarrollo es alta y no es un producto de consumo masivo, que permita un rápido retorno de la inversión.
- Incertidumbre en el objetivo real del desarrollo del proyecto, por falta de claridad en la visión de negocios de los especialistas en áreas de la salud que participan en el proyecto.
- La infraestructura de desarrollo de los prototipos es externa y no depende de los recursos de la Universidad.
- Los desarrollos actuales cuentan con un alto grado de procesamiento artesanal y no ha sido pensado para su fabricación en masa.
- La continuidad del proyecto se ve amenazada porque no hay financiación que garantice su desarrollo, y depende de convocatorias para la financiación de proyectos para darle seguimiento.
- No es claro un organigrama ni un proceso de flujo que se encargue de dar continuidad a este tipo de proyectos dentro de la Universidad. A raíz de los desarrollos logrados, ésta necesidad y procesos han comenzado a tomar importancia dentro de la política de innovación de la Universidad.

#### 16.4.2. Amenazas.

- Con la apertura de mercados y globalización, cada vez es más fácil adquirir los modelos de comercializadores.
- Son productos especializados con mercados cerrados.
- Los productos a comercializar tienen una larga vida útil, no existiendo una necesidad de compra o recompra.
- Al depender de materias primas importadas, existe un riesgo en la tasa de cambio de compra.
- Desconfianza de los posibles consumidores finales por la calidad y el respaldo de los productos al ser producción nacional en un producto altamente especializado.
- Se depende de proveedores externos para todo el proceso de fabricación.
- No se han contemplado certificaciones internacionales de calidad y respaldo de los productos.
- Para el desarrollo de modelos anatómicos personalizados de buena calidad, de pacientes, se requiere una imagen médica de alta resolución, que solamente puede ser tomada por algunos equipos de escáner médico y radiólogos expertos.

#### 16.4.3. Oportunidades.

- Realizar alianzas con industrias de la cadena productiva de transformación de polímeros.
- Potencializar el proyecto como estrategia para posicionar la Universidad como centro de innovación y uso de tecnologías contemporáneas para desarrollo de productos.
- Académicamente este proyecto cuenta con un alto potencial de divulgación en revistas científicas.
- El conocimiento técnico y tecnológico utilizado en el desarrollo del proyecto pueden ser fácilmente trasladados a nuevos proyectos.
- El desarrollo actual es suficientemente llamativo para ser presentado en convocatorias de desarrollo tecnológico e innovación por su carácter interdisciplinar.
- El proyecto al estar inscrito dentro de una investigación doctoral internacional, tiene la ventaja de contar con vitrinas de divulgación estratégicas para la Universidad para mejorar su visibilidad internacional.
- Vincular instituciones externas como hospitales, clínicas o fundaciones en torno a la salud que pueden ayudar en el desarrollo del proyecto.
- Potencial de financiación gubernamental al ser un proyecto de desarrollo tecnológico de innovación.
- Potencial de ser comercializado en un ámbito internacional.
- Integrar desarrollos electrónicos y mecánicos para convertirse en productos con un mejor perfil tecnológico.
- Potencial de convertirse en elementos indispensables de simulación y entrenamiento en áreas de la salud.

#### 16.4.4. Fortalezas.

- Proyecto con potencial de ser un proyecto bandera para mejorar la integración de facultades.
- Al interior de la Universidad este tipo de iniciativas aportan a los objetivos institucionales de fomento al uso de tecnologías e innovación.
- Para la Facultad de Creación y Comunicación es un escenario de experimentación y aplicación de conocimientos propios del oficio del Diseñador.
- Tiene potencial de aportar patentes, registros de marca y registros de modelo de utilidad.
- Ofrece un ambiente de trabajo participativo al ser un modelo de trabajo abierto entre facultades.
- Beneficia estudiantes de diferentes carreras internas de la Universidad.
- La continuidad del proyecto que nace de un curso de Diseño de tercer año demuestra que aún hay un amplio campo de investigación.
- De este proyecto surgen iniciativas para el desarrollo de simuladores de entrenamiento médico en múltiples especialidades quirúrgicas.
- Potencial de inclusión de nuevas tecnologías como realidad aumentada, realidad virtual, video *mapping*, entre otros.
- Personalización de modelos anatómicos con patologías, modelos de primera infancia, niños, bebés, entre otros.
- Al ser desarrollado en una Universidad con un enfoque hacia el área de la salud, se cuenta con todo el respaldo científico de especialistas que pueden aportar como un factor diferenciador frente a la competencia.
- Los prototipos pueden ser fácilmente probados directamente en un ambiente real, en la Clínica Universitaria El Bosque.
- Ya está comprobado que es posible trabajar el desarrollo del proyecto con instituciones externas tanto privadas como estatales, ejemplo Universidad - Tecnoparque Sena.
- El proyecto parte de iniciativas docentes y de trabajos de grado lo cual puede motivar a futuros estudiantes en que sus proyectos de grado pueden tener trascendencia más allá de un requisito de grado.
- El proyecto ha sido desarrollado por talento de la propia Universidad.
- El Centro de Diseño demuestra que puede tomar el rol de gestor de proyectos con proyección de convertirse en el centro de innovación de la Universidad.
- El resultado del proyecto hasta el momento tiene potencial de ser presentado a concursos o convertirse en un proyecto de emprendimiento.
- El proyecto puede apoyar los objetivos de la Biblioteca Universitaria al convertirse en la carta de presentación de un futuro *makerspace*.

#### 16.4.5. Recursos disponibles.

- Capital humano: La Universidad cuenta con profesionales de todas las especialidades capaces de continuar construyendo el proyecto.
- Músculo económico: La Universidad cuenta con diferentes estrategias internas de financiación de proyectos, entre las cuales se destacan las convocatorias para el apoyo de proyectos de investigación, recursos para adquisición de material de apoyo didáctico, presupuestos para renovar la biblioteca y laboratorios.
- Temporales: Los docentes tienen espacios de tiempo diseñados para poder realizar investigación y experimentación con el ánimo de enriquecer proyectos de innovación y desarrollo, adicionalmente existen semilleros de investigación y asignaturas dedicadas a experimentar con materiales, medios de comunicación y otras actividades relacionadas con el proyecto.
- Tecnológicos: La Universidad cuenta con un Laboratorio de Modelos y Prototipos dotado de múltiples herramientas para realizar comprobaciones funcionales y fácticas de los proyectos. Adicionalmente se cuenta con laboratorios de informática con software específicos necesarios para la realización de los modelos anatómicos y simuladores.
- Alianzas: Aunque la Universidad no cuenta con impresoras 3D de alta tecnología, es posible realizar impresiones de excelente calidad mediante el uso de la infraestructura del Tecnoparque del SENA mediante su inscripción como proyecto de innovación, o bien, tercerizando la impresión de alto detalle en empresas como Shapeways.
- Centro de Diseño: La Universidad cuenta con un Centro de Diseño, con profesionales capacitados para concebir un proyecto de diseño desde su etapa creativa, diseño, prototipado y formulación de proyecto de transferencia.
- Divulgación: La Universidad cuenta con una infraestructura suficiente para dar divulgación a los desarrollos internos de la Universidad hacia el exterior, cuenta con revistas científicas, página web, redes sociales, organiza congresos, seminarios y participa en ferias nacionales de divulgación editorial y científica.
- Fabricación: No se tiene una infraestructura definida, no es evidente una estrategia de transferencia a la sociedad y se hace necesaria la construcción de una política de acercamiento con empresas para licenciar desarrollos internos de la Universidad que pueden ser explotados por la industria.
- Comercialización: No se tiene una infraestructura definida, no es su campo de trabajo pero se hace necesaria la construcción de una política de acercamiento con empresas para licenciar desarrollos internos de la Universidad que pueden ser explotados por la industria.



## 16.5. Fuerzas competitivas de Porter.

Son las fuerzas que pueden influir de una u otra forma, en las consecuencias de rentabilidad a largo plazo en un mercado. Se realiza este análisis para dar continuidad y respaldo a futuras decisiones referidas a la búsqueda de fondos de inversión, convocatorias de financiación, aceleradoras de negocios, entre otras opciones.

### 16.5.1. Amenaza de entrada de nuevos competidores en el sector.

La posibilidad de que, dada la novedad, puedan aparecer nuevos competidores usando tecnologías de impresión 3D es bastante elevada, lo que podría llevar a la Universidad / Negocio / *StartUp* / *SpinOff* a tener que invertir mayores cantidades de recursos en publicidad o tener que reducir sus costos o márgenes de ganancias con el fin de poder mantenerse en el sector. Todo ello dependerá de los siguientes factores:

**Barreras de entrada:** El segmento de mercado depende mucho de la calidad y la validez que un modelo/marca puede garantizar entre un segmento de clientes cerrado y especializado. Prácticamente todas las marcas e industrias de competencia directa han comenzado operaciones y cuentan con un rango de entre 10 y 100 años de experiencia, lo cual implica un problema de penetración si no se presenta una innovación radical o un valor agregado evidente con lo cual sea posible absorber un porcentaje del mercado cautivo.

**Economía de Escala:** El modelo de negocio está enfocado en producción en serie bajo el fenómeno de autoproducción, es decir de pocas unidades personalizadas, por lo que la economía de escala no es un ventaja competitiva. Al no tener la cantidad de impresoras ni el personal necesario para la fabricación de varios productos, no se puede tener la exclusividad de uso de la tecnología.

Si entraran productos extranjeros a un menor costo sería un amenaza al mercado planteado. Las empresas con estrategias diversas como los competidores extranjeros también tienen diferentes metas y estrategias competitivas que las empresas regionales de la industria. Sus diversos enfoques para el mercado y las estrategias competitivas únicas pueden alterar la forma de hacer el negocio y dar continuidad a la idea.

### 16.5.2. Rivalidad entre los competidores.

Al existir una diferencia de producto frente a la competencia, la elección del cliente puede radicar en la calidad y similitud con la realidad de los productos. En la actualidad no existe un competidor nacional que cuente con esos atributos, y aquí podría estar la clave de la estrategia de penetración al mercado local, entre menos competidores se encuentren en el sector, menor será su grado de concentración siendo más rentable y confiable el negocio.

Las barreras de salida son bajas, siempre asumiendo que se perderá parte de la inversión, por lo que también el grado de rivalidad será bajo. Los competidores al no estar bien posicionados, no entrarán en guerras de precios, campañas publicitarias agresivas o promociones desleales. La rivalidad se centrará en comercializadores e importadores a los cuales se les podría dar ventajas económicas para comenzar el proceso de venta y acompañamiento del proyecto en licitaciones para ventas institucionales.

### 16.5.3. Poder de negociación de los proveedores.

Los insumos requeridos para la impresión, moldeo y reproducción son de fácil adquisición y pueden ser fácilmente reemplazables con productos sustitutos dada la globalización, la industria del *e-commerce*, y las tendencias mundiales relacionados con el «Do It Yourself» o hágalo usted mismo, que ha generado un boom de desarrollo en los últimos 5 años en relación a hardware y software libre para la fabricación. En cuanto a las alianzas con proveedores, existen varias opciones iniciales para realizar la negociación haciendo que no haya un único riesgo de poder, por el otro lado, cuando ya se tiene la negociación se tiene una gran dependencia del proveedor ya que la producción se hace bajo pedido. La fluctuación del dólar como moneda de cambio, también juega un papel fundamental en el desarrollo de posibles negociaciones dado que los productos termoplásticos y polímeros en general utilizados en este proyecto dependen del precio del petróleo y son en su mayoría importados dada su naturaleza tecnológica y altos estándares en uso de materias primas especializadas. Dada la naturaleza de la Universidad no es conveniente entrar en el negocio de fabricación y comercialización con todos los procesos que esto implica, se recomienda que este proceso se base en la transferencia del *Know-how* como herramienta de negociación.

Figura 188: Primer set de modelos anatómicos / Proyecto AtlasPro / Universidad El Bosque / 2016

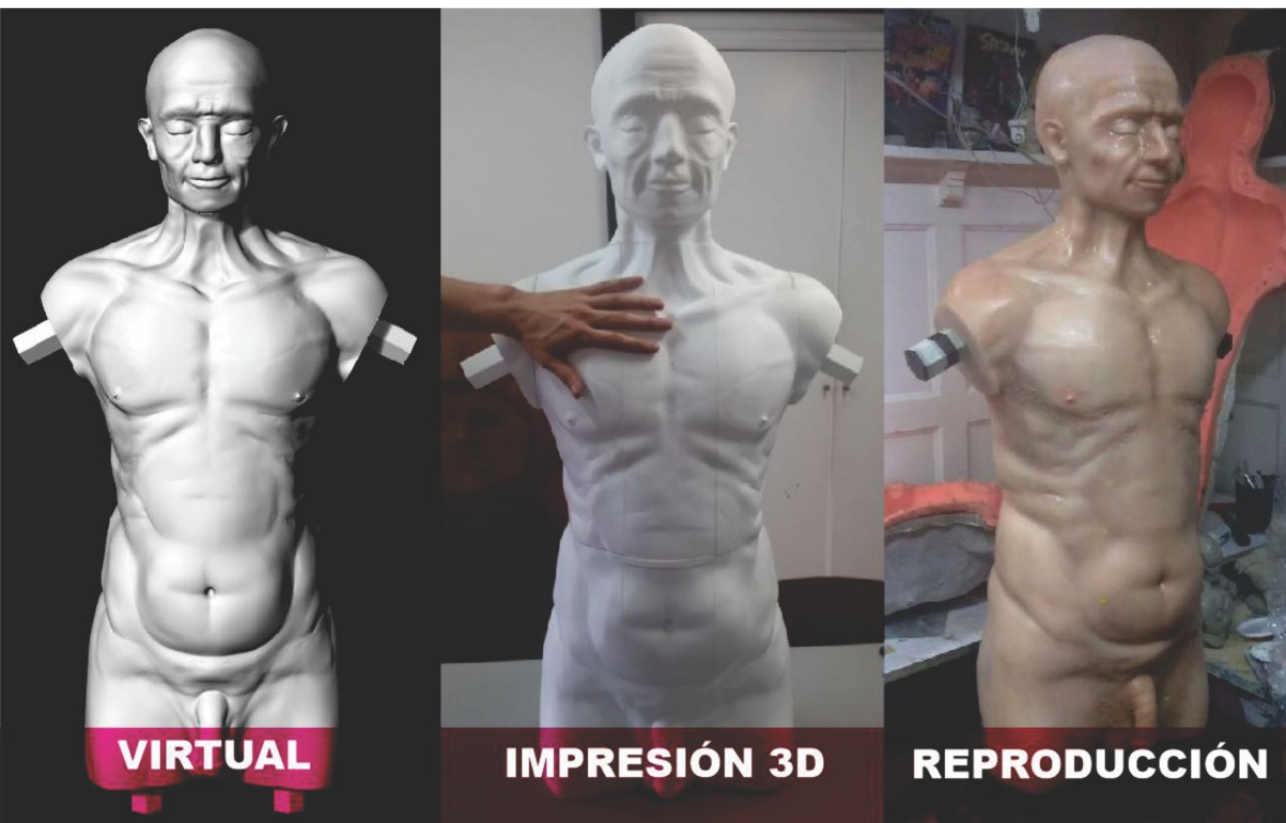




### 16.5.5. Poder de negociación de los compradores o clientes.

El proyecto ya ha conseguido demostrar la viabilidad de su “Proof of concept”, (una prueba de concepto o PoC por sus siglas en inglés), de su implementación. Diferentes prototipos han sido desarrollados realizados con el propósito de verificar que el concepto o teoría en cuestión es susceptible de ser explotada de una manera útil. Al tener en el mercado productos similares, mas no iguales, de alta calidad y tangibles, no tiene competidores sustitutos conocidos directos hasta el momento, dándole poco poder al cliente para reemplazar el producto en términos del concepto de biblioteca de órganos en 3D para enseñanza, y centro de simulación personalizado. Los potenciales compradores no tienen poder de negociación de precios al ser un segmento de mercado cerrado, donde los sustitutos pueden suplir la misma función general mas no específica.

Figura 190: Proceso de fabricación del Fantoma personalizado / Universidad El Bosque /2016



### 16.5.6. Proceso de expansión de mercado a largo plazo.

El modelo de Ansoff o matriz Producto/Mercado (BREE, P. 2017), sirve para identificar cómo se podrían identificar oportunidades de negocio a largo plazo. Según el modelo de Ansoff o matriz Producto/Mercado, el proyecto se identificaría en el cuadrante de desarrollo de producto, ya que se hace referencia a un mercado existente pero de un nuevo producto basado en impresión 3D y personalización. La utilización de órganos en relación con tecnologías de impresión 3D en medicina tiene una larga trayectoria y muchos hechos destacados desde 1992. (Impresoras3d, 2017)



Figura 191: Matriz de Productos y mercados / Universidad El Bosque /2016.

Año	Descripción
1992	Fabricación de prototipos capa por capa. 3D Systems desarrolla la primera impresora 3D para el mercado.
1999	Órganos de ingeniería traen nuevos avances en medicina. El primer órgano creado en laboratorio da pie al desarrollo de otras estrategias con órganos, las cuáles pasan por la impresión de los mismos.
1999	Ese mismo año, la empresa Objet (adquirida posteriormente por Stratasys) crea una máquina capaz de imprimir en gran cantidad de materiales.
2002	Primer riñón 3D en funcionamiento. Los científicos diseñan un riñón en miniatura completamente funcional y con la capacidad de filtrar sangre y producir orina diluida en un animal. El desarrollo llevó a la investigación en el Instituto de Wake Forest de Medicina Regenerativa, con el objetivo de imprimir los órganos y tejidos con tecnología de impresión 3D.
2005	Nacimiento de RepRap como iniciativa de Código Abierto (Open Source).
2006	Construcción de la primera máquina tipo SLS (Sinterización de láser selectivo) que utiliza un láser para fundir materiales en la impresión en 3D lo que facilita la personalización de los objetos, la producción de piezas industriales o las prótesis, entre otros.
2008	Lanzamiento de la impresora "Darwin".
	Aparecen los servicios de Co-creación entre la comunidad poniendo en contacto a artistas, diseñadores y arquitectos con clientes potenciales que quieran adquirir sus productos a bajo coste.
	Desarrollo y uso de la primera prótesis de una pierna completa lo que abre las puertas a la personalización a medida de este tipo de objetos.
2009	Aparición de las impresoras 3D DIY (Do-It-Yourself). La compañía MakerBot comienza la venta de kits de montaje que permiten a los compradores fabricar sus propias impresoras 3D.
	Irrupción de las Bio-impresoras 3D mediante la impresión del primer vaso sanguíneo.
2011	Los ingenieros de la Universidad de Southampton diseñan y planean el primer avión impreso en 3D. Este avión no tripulado se construye en siete días, con un presupuesto de 7.000€. La impresión 3D permite que sus alas tengan forma elíptica, una característica generalmente de elevado coste, que ayuda a mejorar la eficiencia aerodinámica y reduce al mínimo la resistencia inducida.
	De la mano de la empresa Kor Ecologic surge un prototipo de coche que trata de ser lo más eficiente posible con el medio ambiente, siendo toda su carrocería diseñada e impresa en 3D: Urbee.
	La empresa Materialise comienza la impresión 3D con metales preciosos, fundamentalmente oro y plata, lo que abre nuevas vías de negocio, entre otros, a los joyeros.
2012	Primer implante de prótesis de una mandíbula impresa en 3D por medio de una impresora especialmente diseñada por la compañía LayerWise. Esta tecnología se está estudiando más profundamente con el objetivo de poder promover el crecimiento de nuevo tejido óseo.
2014	Organovo Inc. Realiza la primera venta de tejidos humanos Bio-Impresos.

Tabla 3: Jorquera Ortega, A. (2017). *Fabricación digital: Introducción al modelado e impresión 3D*. Madrid: Ministerio de Educación de España





# 17. CONCLUSIONES

### A nivel Académico:

- Como proyecto académico, la Facultad y/o la Universidad deben buscar estrategias para continuar y tener un mayor grado de innovación en el segmento de mercado de modelos anatómicos y simuladores de entrenamiento médico, continuando con el desarrollo de mejores políticas de trabajo integrado, y vinculando al equipo de docentes más perfiles que puedan apoyar el desarrollo de la misma temática desde nuevas perspectivas.

- Este proyecto tiene un alto potencial de explorar nuevos medios y tecnologías que se sumen a la investigación, como pueden ser la realidad aumentada, realidad virtual, *video mapping*, infografías 3D, hologramas, comunicación de producto con enlaces digitales, entre otros, aprovechando la facilidad de crear vínculos con diferentes profesiones dentro de la misma institución como puede ser la carrera de Diseño de Comunicación de la UEB e Ingenierías.

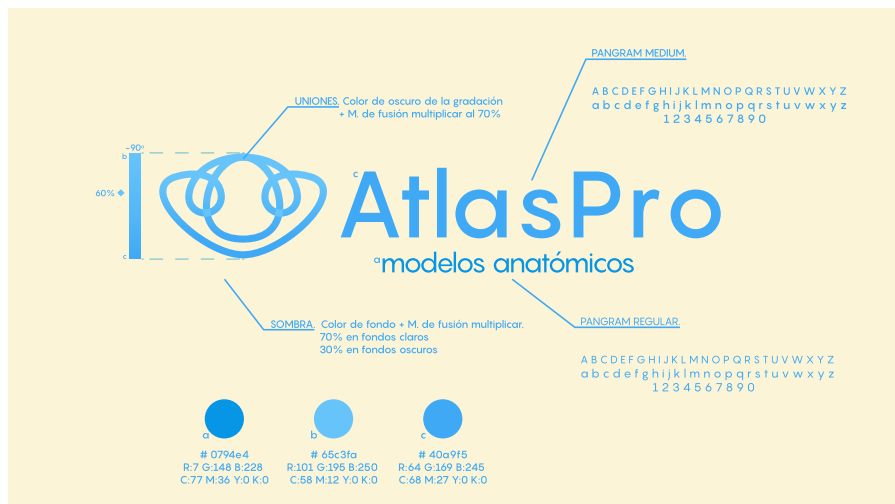
- Es recomendable realizar alianzas con empresas externas o crear una *SpinOff* que tenga su *Core Business* en la producción de productos, ya que el valor agregado que tiene la Universidad es el conocimiento integrado de las necesidades actuales y reales en la educación en áreas de la salud y no en la producción.

- Durante los ejercicios de aproximación con profesores de las diferentes asignaturas de Morfología, Anatomía, y especialidades quirúrgicas de la Universidad El Bosque hay algunas reflexiones que son importantes de resaltar y enumerar, que permitieron el desarrollo exitoso del proyecto, y seguramente son replicables en cualquier institución académica que quiera realizar proyectos integrados entre diferentes perfiles profesionales:

- Acuerdos de objetivos comunes donde ambas partes (facultades, profesores, estudiantes) tengan un beneficio colectivo.
- Encontrar intereses particulares a desarrollar, con los cuales se aporte a objetivos no contemplados de forma colectiva, enriqueciendo los proyectos de forma integral.
- Disposición para trabajar a riesgo, en una actitud tranquila en donde no hay mucho que perder si una idea no tiene éxito, pero sí retroalimenta procesos de trabajo conjunto y nuevos espacios de experimentación.
- Claridad al inicio de cada proyecto en temas de derechos de autor, derechos morales, de explotación/patrimoniales y reconocimiento de los aportes de cada parte.
- Respeto por los procesos y estructuras mentales en la forma de abordar un proyecto desde diferentes miradas y oficios.
- División del trabajo según las habilidades propias de cada integrante.
- Interés por aprender de los procesos y particularidades de la otra profesión, sin llegar a tener un conocimiento profundo pero sí global de las actividades.
- Apertura mental para entender que no hay solo una forma de entender y hacer las cosas, y los procesos tradicionales pueden ser enriquecidos por nuevas ideas o aproximaciones para lograr un objetivo común.

- Es importante contar con capital de riesgo suficiente para experimentación tecnológica y desarrollo de i+D, pero aún más importante, es contar con opciones de acceso a capital de apalancamiento en dado caso estos desarrollos tengan éxito. Para explicar esto mejor y a modo de ejemplo dentro de la UEB, a partir de los desarrollos del proyecto AtlasPro se está trabajando en una política de apoyo a proyectos que ya han superado una etapa de experimentación y prueba de concepto. Adicionalmente se está fortaleciendo el equipo de transferencia, el equipo de asesoría en propiedad intelectual y se creó un departamento de innovación en la UEB (2018) para dar trámite desde el punto de vista de negocios a proyectos que tengan potencial de ser adoptados por la industria.
- Los diferentes proyectos fueron realizados en gran parte por profesionales y talento U. El Bosque, lo cual ratifica un buen nivel de formación de los estudiantes y el trabajo de cambio microcurricular realizado durante los últimos años por la Facultad de Creación y Comunicación y el programa de Diseño Industrial.
- La línea de investigación en tecnologías aplicadas al desarrollo de productos, ha permitido la gestación de proyectos complementarios con el fin de unificar métodos proyectuales de diseño, fabricación y validación de los resultados de los ejercicios de los estudiantes en formación de pregrado.
- Para garantizar la continuidad del proyecto se debe realizar una alianza inter-facultades a partir de los niveles de dirección y decanatura, trascendiendo la relación de colaboración entre docentes y estudiantes, para que estas iniciativas se conviertan en una política institucional, y no en acciones de docentes emprendedores. Ya se ha comenzado a trabajar en políticas de innovación a nivel global en la UEB, siendo uno de los resultados más destacados la creación del Departamento de Innovación de la UEB en 2018.

Figura 192: Manual de Marca Proyecto AtlasPro / Universidad El Bosque. 2016



- Como se evidenció en el estudio de la competencia, es viable expandir y aplicar la investigación y desarrollo tecnológico en temas relacionados con Botánica, Zoología, entre otras, además de generar proyectos con percentiles diferenciados de la anatomía humana como niños, bebés, mujeres embarazadas y la presentación de múltiples patologías. Esto demuestra que la línea de trabajo e investigación encontrada es lo suficientemente robusta para continuar el trabajo durante los próximos años incorporando cada vez más nuevas tecnologías y medios de estudiar Anatomía.

- La marca AtlasPro es lo suficientemente flexible para ser utilizada en proyectos futuros relacionados, por ejemplo, desarrollos en simulación de entrenamiento médico, interacción, impresos, contenidos digitales, entre otros. Ya está en proceso de registro de marca en Colombia, siendo esta gestión llevada por la dirección jurídica de la UEB.

- Este proyecto puede ser considerado el “proyecto bandera” para desarrollar más trabajos de integración y desarrollo tecnológico dentro de la Universidad y/o Facultad a partir de los métodos y reflexiones del trabajo desarrollado y el uso de plataformas tecnológicas como punto de partida. Así lo demuestra el patrocinio obtenido para su socialización en diferentes congresos nacionales e internacionales, la modernización de laboratorios de fabricación y el reconocimiento en diferentes premios de trabajo docente durante los últimos años.

#### **A nivel de modelo de negocio:**

- Al ser un proyecto complejo y en etapa de construcción, aún se hace necesario un alto grado de inversión y el riesgo económico como *Spinoff*. Por lo cual se recomienda no realizar lanzamientos al mercado prematuros y buscar la mejor estrategia que garantice su continuidad en el tiempo aportando réditos académicos.

- Se recomienda buscar un proveedor, o empresa aliada con la cual se pueda negociar un porcentaje de participación del negocio, cediendo los derechos de explotación, fabricación y comercialización por tiempos determinados, conservando los derechos intelectuales y manteniendo el espíritu de investigación y de desarrollo. Para este fin, se plantea un modelo de negocio B2B. Ya se han comenzado a establecer relaciones cercanas con Materialisse y Stratasys para funcionar como aliado académico y mostrar las bondades de la tecnologías de fabricación aditiva en el mundo médico.

- El mercado al ser cerrado y especializado, y en caso de continuar con la investigación y tener éxito al lograr patentes, registros o lanzar un producto o servicio al mercado, puede llegar a tener un grado de ganancia bastante alto, dado el concepto novedoso de “Organoteca 3D” o “Simuladores personalizados”, se puede considerar como un proyecto bajo el concepto de “Océano Azul” (*buscan crear mercados que no aparezcan en la actualidad*) si se consolida su nivel de diferenciación frente a la competencia en Latinoamérica.

- Este proyecto puede impulsar diferentes sectores económicos, y por tal motivo puede ser muy atractivo para convocatorias gubernamentales o de impulso para emprendimientos a partir de iniciativas de egresados o estudiantes de pregrado y postgrado. Se aconseja presentar el trabajo como proyecto de innovación y aplicación tecnológica a más convocatorias nacionales e internacionales de financiación a nivel de servicios y desarrollo industrial. No se recomienda presentar el proyecto en convocatorias de emprendimiento como Institución (UEB) dado que no existe una estructura de recursos planteada por parte de la Universidad para soportar el desarrollo como negocio y no hace parte de la visión ni misión como institución de educación.
- Es importante realizar un estudio de mercado más exhaustivo, con ayuda de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, y de Ingenierías, con el fin de ofrecer información adicional para reducir la incertidumbre en los procesos de planeación de nuevos proyectos que vislumbren procesos de transferencia a nivel económico.
- Dada la naturaleza de la Universidad, no es conveniente entrar en el negocio de fabricación y comercialización con todos los procesos adjuntos que esto implica, se recomienda que este proceso se base en la transferencia del *Know-how* como herramienta de negociación.
- La explotación del proyecto como negocio, debe estar enfocado en la ganancia como método publicitario y posicionamiento entre instituciones universitarias y potenciales estudiantes, específicamente como líder en desarrollo de proyectos con énfasis en salud y calidad de vida y el desarrollo de un perfil como formador de Diseñadores Industriales con competencias para integrarse en ámbitos médicos.
- El proyecto debe ser explotado comercialmente a futuro, para reforzar el factor de transferencia de los procesos que se desarrollan al interior de la Universidad, pero se recomienda no apresurar el proceso, sin antes tener claro un proyecto que garantice en buena medida su éxito en el mercado.
- La estrategia de divulgación debe ser de carácter mixto en términos de ferias comerciales y eventos científicos. No sólo en eventos académicos de posicionamiento como centro de enseñanza, sino también en eventos industriales, donde empresarios encuentren en la Universidad y sus docentes, unos aliados de investigación y desarrollo.
- Es necesario comenzar a trabajar en temas relacionados con la obtención de certificación de calidad y respaldo normativo, en caso que se decida comercializar alguno de los proyectos al exterior de la Universidad. Cabe resaltar que los desarrollos de proyectos en ámbitos de áreas de la salud deben contar con certificaciones muy rigurosas y estrictas de calidad para que sean avaladas a nivel internacional, siendo procesos que requieren grandes recursos económicos y de investigación aplicada.



-Es importante no olvidar el trabajo paralelo en temáticas de política ambiental en los procesos de desarrollo y producción de los modelos y prototipos.

### **¿Qué se ha demostrado con la tesis a nivel de investigación?**

- A nivel de investigación se ha demostrado con el trabajo desarrollado en los últimos años la importancia del papel del Diseñador Industrial como gestor de proyectos de base tecnológica, al ser una persona idónea para unificar los esfuerzos de diferentes profesionales de forma coherente y enfocada. Utilizando todo su potencial como gestor, creador y fabricante de proyectos de desarrollo, y no sólo como configurador formal, derrumbando mitos sobre la profesión y su capacidad de impacto en una comunidad científica.

-Se ha evidenciado que la impresión 3D es una tecnología revolucionaria, de suma importancia para todos los campos del conocimiento, haciendo énfasis en las áreas de la salud, donde seguramente seguirá revolucionando algunos métodos de diagnóstico, simulación, planeación y tratamiento de casos médicos. Es un amplio campo para continuar investigando.

- Durante los últimos años se ha podido evidenciar la reducción de costos, ampliación de oferta y mejoramiento continuo del mercado de impresión aditiva en todos los sectores económicos. Es un momento oportuno para continuar incentivando su uso en las nuevas generaciones como estrategia para comenzar una preparación temprana para futuros empleos, como en algún momento lo fue la programación, la fabricación digital es y será un campo amplio de desarrollo en las próximas décadas.

- Se ha demostrado la importancia del diseño digital, como concepto en la formación de estudiantes universitarios de Diseño, visto que les permite tener una diferencia generacional importante y les brinda mejores perspectivas laborales, de formación e investigación.

-Se ha demostrado que los conceptos de medicina y fabricación personalizada están intensamente ligados, son ideas que cada vez toman más fuerza y vislumbran un sector económico de crecimiento importante para las próximas décadas.

-Se ha demostrado que el conocimiento de la anatomía del cuerpo humano es un área muy amplia de investigación, donde siempre pueden existir nuevas formas de visualización y entendimiento para profesionales en áreas de la salud, aportadas desde la visión del diseño y la creatividad.

-El área de escultura y modelado tridimensional, es un campo en continuo crecimiento en la industria de fabricación digital, donde cada vez más se necesitan más profesionales que puedan dar respuesta a la futura demanda. Impresión 3D de metales y con materiales biocompatibles serán una realidad dentro de muy poco no sólo para centros de investigación, si no para la industria mundial, se necesitará de toda una industria que pueda sostenerla y popularizarla. Como Universidad, y Facultad, esta investigación ha permitido crear nuevos enfoques en los ejes temáticos de la UEB, brindando educación de calidad para futuros profesionales y futuros empleos, aportando directamente al crecimiento económico y bienestar de la sociedad.

## ¿Qué ha cambiado en la Universidad y la Facultad de Creación a partir de la Investigación?

- Desde 2017, diferentes profesores de Diseño Industrial han comenzado a dictar clase en la Especialización en Ergonomía de la UEB.
- Desde 2018, se ha comenzado a implementar un módulo en tecnologías aplicadas en la Maestría de Diseño para Industrial Creativas, permitiendo encontrar nuevos espacios de experimentación por parte de estudiantes con una mayor madurez y visión de proyecto.
- Desde 2019, el autor de esta tesis es el director de la carrera de Diseño Industrial de la UEB, siendo en gran parte impulsado por el rescate del oficio y por dar reconocimiento y visibilidad a los profesionales de la carrera, a partir de los proyectos presentados al interior de la Universidad.
- En Agosto de 2019 se desarrollará el primer congreso de Impresión 3D en Áreas de la Salud, impulsado por la UEB y con la participación como patrocinadores de Stratasys, Materialise y 3D Systems, quizás las tres empresas más grandes a nivel mundial en el desarrollo de hardware y software para este nicho de mercado.
- Desde 2016 la Universidad cuenta con un espacio dentro del laboratorio de modelos y prototipos, denominado FabLab UEB, donde la experimentación a partir de tecnologías emergentes ha permitido el desarrollo de proyectos en diversos ámbitos del conocimiento.
- En los últimos dos años se han contratado docentes que aportan desde diferentes perspectivas al desarrollo de proyectos en áreas de la salud. Lo que verifica que el trabajo desarrollado ha permitido generar un perfil para los Diseñadores Industriales de la UEB con interés y habilidades para involucrarse en iniciativas de Tecnología + Diseño + Salud.

Figura 193: Sustentación de proyecto final / Estudiante: Edison Murcia / Universidad El Bosque. 2018





# 18. RESULTADOS

A continuación se hará un resumen de los resultados académicos más relevantes del trabajo desarrollado en la investigación doctoral:

### **A). Artículos publicados:**

- Ávila, J. S., De Rossi, M. y Martínez, M. (2018). Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones. *Revista Colombiana de Enfermería*, 17, 31-38. La Revista Colombiana de Enfermería se encuentra indexada en: Biblioteca Virtual para la Vigilancia en Salud Pública de Colombia, Imbiomed, CUIDEN, LILACS, Latindex, Dialnet y HINARI. Recuperado de <http://revistacolombianadeenfermeria.unbosque.edu.co/> o DOI <http://dx.doi.org/10.18270/rce.v17i13.2352>
- Ávila Forero, J.S; Martínez Torán, M.B; De Rossi, M. (2018). "Design of an Anatomical Simulator for Medical Training. A 3D Printing Project of Industrial Designers and Medical Students" *International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE)*. ISSN: 2320-1886 p.13 - 24 v.7
- Ávila Forero, J. S. (2016). Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía. . En B. H. Ortuño, *IFDP'16 - Systems & Design: Beyond Processes and Thinking (págs. 1015-1030)*. Valencia - España: Universitat Politècnica de València. DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.2955>

### **B). Capítulos de libro:**

- Título libro: "Experiencias en Innovación Educativa. Convirtiendo conocimiento en nuevas oportunidades". Universidad Panamericana en cooperación con la Universidad Santo Tomás, Sede Los Ángeles - Chile. Capítulo de Libro "Proyecto AtlasPro, Modelos anatómicos de la Universidad El Bosque. ¿Son los proyectos de base tecnológica una buena estrategia para integrar creativos con profesionales de las áreas de la salud?". En: Colombia ISBN: 978-958-762-935-4 ed: Ediciones de la U, v, , p.137 - 158 1,2018.
- INRED 2018- IV CONGRESO NACIONAL DE INNOVACIÓN EDUCATIVA Y DOCENCIA EN RED. "Red de Tecnoparques del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA - Colombia. Una mirada desde la línea de ingeniería y diseño nodo Bogotá" Doi: <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2018.2018.8600> - ISSN 2603-5863
- XL 2019-Reflexión Académica en Diseño & Comunicación. Año XX. Vol 40. Noviembre 2019. Buenos Aires. Argentina. Capítulo de libro publicado. Ávila Forero, J.S. "Proyectos de base tecnológica como estrategia para integrar profesionales en un ambiente universitario. Diseño de material didáctico y simuladores para la enseñanza de anatomía de la Universidad El Bosque de Bogotá" Impresión: Buschi Ferré 2250/52 (C1437FUR) Buenos Aires, Argentina. ISSN 1668-1673. Esta publicación está evaluada con nivel 1 (nivel superior de excelencia) para integrarse al catálogo Latindex, CAICYT, CONICET. Esta publicación es de frecuencia semestral y es editada en versión impresa y digital por el Centro de Estudios de Diseño de la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo.

**C). Proyectos Financiados.**

- AtlasPro, Modelos anatómicos de la Universidad El Bosque (2015-2016). Resultado de proyecto ganador Estímulos a la excelencia académica, categoría integración 2015.
- Convocatoria interna de investigación UEB 2015: PCI – 2015 - 8321 (Fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo). Proyecto realizado en conjunto con la Universidad Politécnica de Valencia y el Hospital La Fe de Valencia. El proyecto ha permitido encontrar diferentes oportunidades para generar nuevos proyectos en conjunto con el laboratorio de simulación y cirugía experimental de la UEB que serán presentados en convocatorias futuras, demostrando continuidad y resultados en el proceso de investigación.
- Ganador convocatoria: SENNOVA 2017, Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA - Colombia, en la categoría de proyectos de investigación para el fomento de la innovación y desarrollo tecnológico de las empresas, con el proyecto titulado: "Simulador para entrenamiento de cirugías por laparoscopia del tórax humano, como herramienta de formación, construido a partir de tecnologías de diseño y fabricación digital". Este proyecto hace parte del grupo de investigación de diseño, imagen y comunicación de la Facultad de Creación y Comunicación.

**D). Ponencias y presentaciones en Congresos, Simposios y Eventos.**

- Interfaces6. Congreso para Docentes, Directivos e Instituciones de Nivel Medio y Superior. Tipo de evento: Congreso. Ámbito: Internacional. Realizado el: 2018-05-22 en Buenos Aires - Argentina - Universidad de Palermo.
- Jornadas Internacionales de Diseño ITESO 2018. Tipo de evento: Encuentro Ámbito: Internacional. Realizado el: 2018-04-17 en Guadalajara - México. Invitado principal.
- Congreso líneas de Investigación Grupo Suomaya CGMLTI SENA. Tipo de evento: Congreso. Ámbito: Nacional. Realizado el: 2017-08-14. Bogotá, D.C. - Centro de gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la información. SENA.
- 1er Simposio: Ciencia, Innovación, Tecnología. Co-Creación en la Red de Valor. SENNOVA. 2017. Tipo de evento: Simposio. Ámbito: Nacional. Realizado el: 2017-08-31. Centro de gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la información. SENA.
- XXIII Congreso Institucional de Investigaciones UEB. Tipo de evento: Congreso Ámbito: Nacional. Realizado el: 2017-09-19 en BOGOTÁ, D.C. - Universidad El Bosque.
- Presentación Ponencia y Póster "Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía" para el "6th International Forum of Design as a Process - Systems & Design: Beyond Processes and Thinking". Valencia. 2016.
- Póster presentado en el II Encuentro de estudiantes de doctorado Universidad Politécnica de Valencia. España. 2015.



- Póster presentado en el III Encuentro de estudiantes de doctorado Universidad Politécnica de Valencia. España. Junio 2017.
- Ponencia en IV Congreso Internacional de Salud Ambiental y Ocupacional. Universidad El Bosque. Agosto 2017.
- XXIV Congreso Institucional de Investigaciones UEB. Proyectos de base tecnológica para la convocatoria SENNOVA 2016.
- "La fabricación digital y su influencia en los procesos de enseñanza - aprendizaje en áreas de la salud, un universo por explorar" en el XXI Congreso de Investigaciones interna de la UEB. 2015.

#### **D). Otros reconocimientos.**

- Presentación como investigador destacado en el programa RUTA DE LA CIENCIA y TODO ES CIENCIA de Colciencias, que se emitirá por canales de televisión regionales y formatos digitales por redes sociales. En este proyecto se presentó el concepto " El Diseño es Ciencia", que ayudará a posicionar la profesión como eje de interés para futuros estudiantes y a la Universidad como centro de Innovación en todo el país. 2018.  
[https://www.colciencias.gov.co/sala\\_de\\_prensa/la-ruta-la-ciencia-llego-bogota](https://www.colciencias.gov.co/sala_de_prensa/la-ruta-la-ciencia-llego-bogota)  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZDOQD9aS0TE>
- Ganador VI Convocatoria estímulos a la excelencia académica. Proyectos premiados vocación de descubrimiento. Universidad El Bosque - Noviembre de 2017
- Póster seleccionado Pitch Challenge. Tercer encuentro de estudiantes de doctorado de la Universidad Politécnica de Valencia. Junio de 2016.
- Ganador IV Convocatoria estímulos a la excelencia académica. Proyectos premiados vocación integración. Ganador categoría general. Universidad El Bosque - Diciembre de 2015.
- Ganador III Convocatoria estímulos a la excelencia académica. Proyectos premiados vocación internacionalización. Universidad El Bosque - Noviembre de 2014.

#### **E). Trabajos de grado dirigidos:**

- Modeumo: Modelo anatómico del sistema respiratorio humano. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2015. Persona orientada: Juan Diego Erazo Salazar. Dirigió como: Tutor principal.
- Break-Skull. Modelo didáctico del cráneo con corte sagital como material de apoyo del anfiteatro de la Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2015. Persona orientada: Daniel Ricardo Pedraza Bedoya. Dirigió como: Tutor principal.
- Biofun, modelo anatómico de apoyo al museo de biología. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2015. Persona orientada: Santiago Javier Ramírez Bernal. Dirigió como: Tutor principal.
- Modelo didáctico del sistema de articulación de la rodilla. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2015. Persona orientada: Sebastián Gómez Sánchez. Dirigió como: Tutor principal.

- **ORGAN:** Diseño, desarrollo y fabricación de un modelo tangible de la anatomía interna y externa del corazón humano para contribuir al material didáctico del anfiteatro de la Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2015. Persona orientada: Katherine Varela Prieto. Dirigió como: Tutor principal.
- **Anna-Tommy:** Análisis exploratorio del modelado 3D, escultura y pintura digital para la fabricación de productos industriales. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2015. Persona orientada: Andrés Felipe Fuentes Cañon. Dirigió como: Tutor principal.
- **Anatomical 3D.** Producción de Material Médico con enfoque didáctico para la enseñanza y estudio de Casos específicos a partir de tecnologías de diseño y fabricación 3D. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2014. Persona orientada: Laura Viviana Chaparro García. Dirigió como: Tutor principal.
- **Fotoma:** Fotogrametría aplicada. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2017. Persona orientada: Dirkarc Bell. Dirigió como: Co-tutor/asesor.
- **AtlasPro I+D** Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2017. Persona orientada: Alejandra Zoque Díaz. Dirigió como: Tutor principal.
- **Didactic JAW.** Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2017. Persona orientada: Maria Camila Palomino. Dirigió como: Tutor principal.
- **MARTE:** Órtesis de extremidad superior. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2017. Persona orientada: Olga Daniela Arias. Dirigió como: Tutor principal.
- **SIMULA.** Simulador de cirugía laparoscópica. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2016. Persona orientada: Leonel Eduardo Hernández Rojas. Dirigió como: Tutor principal.
- **SKIN - 3D Encyclopedia.** Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2016. Persona orientada: Charmian Rodríguez Mina. Dirigió como: Tutor principal.
- **PRASSO.** Diseño, Desarrollo y Fabricación de un set para la enseñanza de la periodoncia. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2016. Persona orientada: Angela Salcedo Dickens. Dirigió como: Tutor principal.
- **PRACTOR-** Mandíbula simuladora para prácticas periodontales. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2018. Persona orientada: Alejandra Orjuela. Dirigió como: Tutor principal.
- **MORFI** Modelos anatómicos personalizados impresos en 3d. Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2018. Persona orientada: Daniela Pinilla Zapata. Dirigió como: Tutor principal.
- **Pro-Scan / Prótesis Estéticas.** Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2018. Persona orientada: Edison Murcia. Dirigió como: Tutor principal.
- **INTERPLAY - AtlasPro - La Animación 3D como herramienta de visualización para negocios y uso en nuevas plataformas digitales.** Universidad El Bosque. Estado: Tesis concluida Diseño Industrial, 2018. Persona orientada: María Camila Acuña. Dirigió como: Tutor principal.

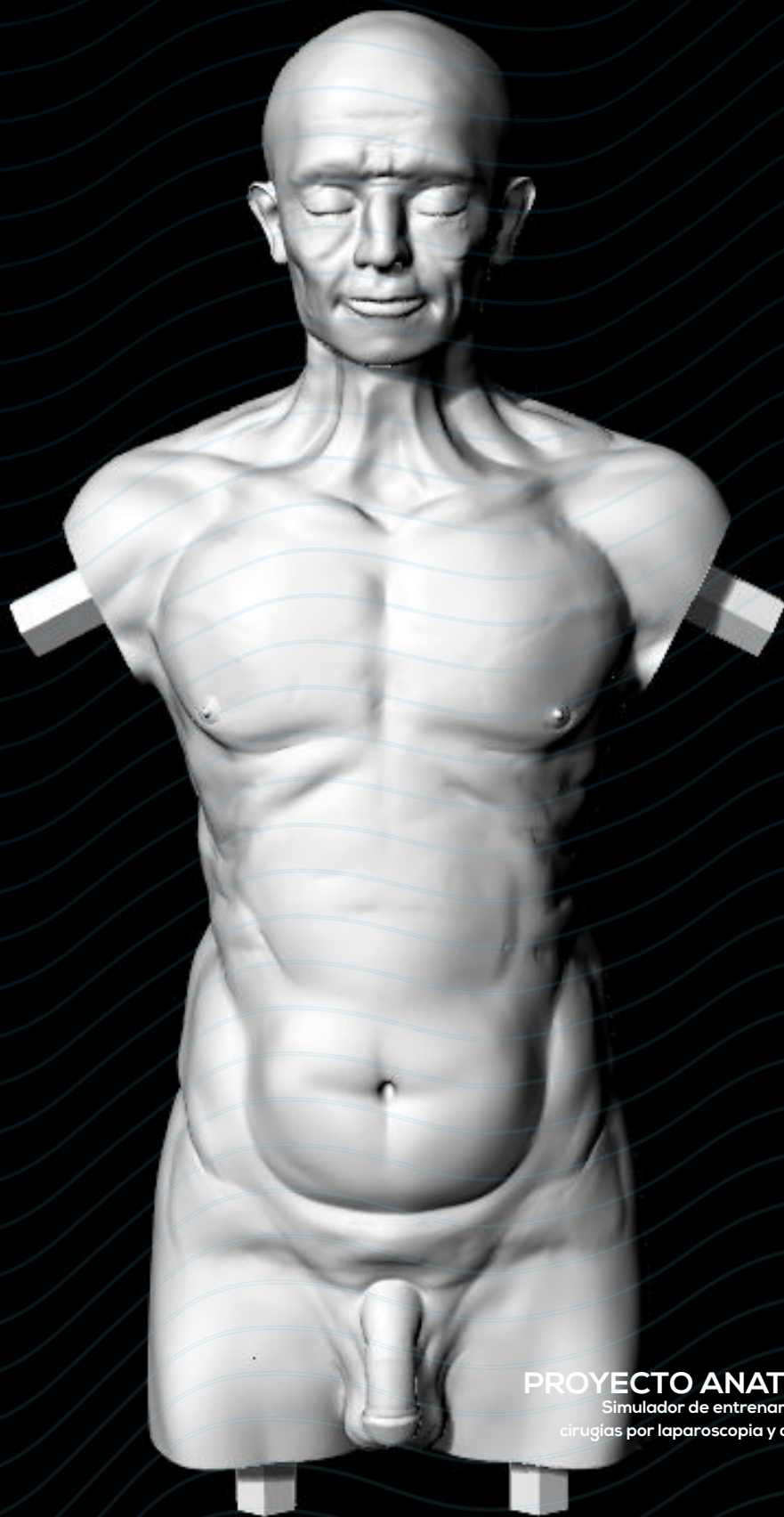


Figura 194:

**PROYECTO ANATOM3D**  
Simulador de entrenamiento para  
cirugías por laparoscopia y cateterismo

# 19. REFERENCIAS

- 3B Scientific. (2017). Company profile - Medical Simulators, Anatomical Models and Charts, Therapy, Acupuncture and Massage Equipment, Physics and Biology Supplies. A3bs.com. Retrieved 16 September 2017, from <https://www.a3bs.com/perfil-de-la-compania,cp.html>
- 3D Anatomy Series. (2017). 3D Anatomy Series. Retrieved 23 November 2017, from <https://www.3danatomyseries.com/about>
- 3D printing helps surgeons sharpen their craft. (2017). Surgical Products, Retrieved from:<http://ezproxy.unbosque.edu.co:2048/login?url=http://search.proquest.com/docview/1889204044?accountid=41311>
- 3D Slicer. (2017). Slicer.org. Retrieved 9 July 2017, from <https://www.slicer.org/>
- 3D Systems Delivers 3D Printed Whale Fossil To Smithsonian Institution | 3D Systems. (2017). 3D Systems. Retrieved 13 April 2017, from <https://es.3dsystems.com/press-releases/3d-systems-delivers-3d-printed-whale-fossil-smithsonian-institution>
- 3ders.org. (2018). Shanghai Children's Medical Center opens China's first pediatric 3D printing medical research unit. Retrieved 13 January 2018, from <http://www.3ders.org/articles/20150814-shanghai-children-medical-center-opens-china-first-pediatric-3d-printing-medical-research-unit.html>
- About GrabCAD. (2017). Resources.grabcad.com. Retrieved 13 September 2017, from <https://resources.grabcad.com/company/>
- About Materialise. (2017). Materialise. Retrieved 10 April 2017, from <http://www.materialise.com/en/about-materialise>
- About Ultimaker | Ultimaker. (2017). Ultimaker.com. Retrieved 15 April 2017, from <https://ultimaker.com/en/about-ultimaker>
- About Us | Formlabs. (2017). Formlabs.com. Retrieved 10 April 2017, from <https://formlabs.com/company/about-us/>
- Alafaghani, A., Qattawi, A. and Ablat, M. (2017) Design Consideration for Additive Manufacturing: Fused Deposition Modelling. Open Journal of Applied Sciences, 7, 291-318. doi: 10.4236/ojapps.2017.76024.n Journal of Applied Sciences, 7, 291-318. doi: 10.4236/ojapps.2017.76024.

- All Things 3D. (2014). Interview with Dr. Paul G. McMenamin, Director of the Centre of Human Anatomy Education. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=yNYrVvebxE>
- Altay. (2017). Altayscientific.com. Retrieved 17 September 2017, from <http://www.altayscientific.com/en/home/>
- Amaya Afanador, A. (2010). Simulación clínica: "aproximación pedagógica de la simulación clínica". *Revista Universitas Medica*, 51(2), 204.
- Análisis DAFO. (2018, 23 de marzo). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 15:33, abril 13, 2017 desde [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=An%C3%A1lisis\\_DAFO&oldid=106447107](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=An%C3%A1lisis_DAFO&oldid=106447107).
- AON. (2 de 2 de 2017). Obtenido de <http://www.aon.com/colombia/>
- Apple Design Awards - Apple Developer. (2017). [Developer.apple.com](https://developer.apple.com/design/awards/). Retrieved 10 April 2017, from <https://developer.apple.com/design/awards/>
- Arias, V., Contreras-Velásquez, J., Chacón, J., Vera, M., Huerfano, Y., Graterol-Rivas, M., . . . Bermúdez, V. (2015). Impresión 3D de estructuras cardíacas: Caso de innovación frugal en sector salud/3D printing of cardiac structures: A case of frugal innovation in the health sector. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, 10(4), 91.
- Artists — Ron Mueck — Biography — Hauser & Wirth. (2018). [Hauserwirth.com](https://www.hauserwirth.com/artists/52/ron-mueck/biography/). Retrieved 12 January 2018, from <https://www.hauserwirth.com/artists/52/ron-mueck/biography/>
- Ávila Forero, J.S., (2015). *Memorias XXI Congreso Institucional de Investigación*. p: 47-49. Bogotá: Ed. Universidad El Bosque. Universidad El Bosque.
- Ávila Forero, J.S., (2017). *Memorias XXIII Congreso Institucional de Investigación*. p: 76 Bogotá: Ed. Universidad El Bosque. Universidad El Bosque.
- Ávila Forero, J.S., Martínez Torán, M., & De Rossi Estrada, M. (2018). Design of an Anatomical Simulator for Medical Training. A 3D Printing Project of Industrial Designers and Medical Students. *International Journal On Integrating Technology In Education (IJITE)*, 7(1), 14-24. doi: 10.5121/ijite
- Ávila Forero, J. S. (2016). Design of training materials for teaching anatomy. En E. U. València (Ed.), *IFDP'16 - Systems & Design: Beyond Processes and Thinking* (págs. 1015-1030). Valencia: Universitat Politècnica de València.



- Bandini, S., & Sartori, F. (2010). From handicraft prototypes to limited serial productions: Exploiting knowledge artifacts to support the industrial design of high quality products. *Ai Edam*, 24(1), 17-34. doi:10.1017/S089006040999014X
- Berchon, M., & Luyt, B. (2016). *La impresión 3D: Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Berengué, L. F. (2016). *Museudelamedicina.cat*. Retrieved 20 January 2016, from <http://www.museudelamedicina.cat/Upload/Documents/2.pdf>
- Betancur Gómez, L. C., Cifuentes Calderón, J. M., García Triana, W., Ruíz, M., Aldana, D., & Jaime, S. (2009). Implementación de una técnica de paraafiliación: para la conservación de piezas anatómicas en el anfiteatro de la Universidad El Bosque
- Biomimetic Anatomical Models | Stratasys. (2017). Stratasys.com. Retrieved 11 April 2017, from <http://www.stratasys.com/medical/biomimics>
- BioMimics (2017). Retrieved 11 April 2017, from <https://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/16061/BioMimics-Takes-Medical-3D-Printing-to-New-Level-of-Detail.aspx>
- Bree, P. (2017). business innovation concept: 'análisis estratégico pest'. *El Mundo*
- Bree, P. (2017). business innovation concept: 'matriz de ansoff'. *El Mundo*
- Brown, T. (15 de 5 de 2016). <http://dschool-old.stanford.edu>. Retrieved of: Design Thinking: [www.dschool-old.stanford.edu/use-our-methods/](http://www.dschool-old.stanford.edu/use-our-methods/)
- Buganza, T., & Verganti, R. (2009). Open innovation process to inbound knowledge. *European Journal of Innovation Management*, 12(3), 306-325. doi:10.1108/14601060910974200
- Burmeister, M. R. (2000): *Popular Anatomical Museums in Nineteenth-Century England*. Rutgers, the State University of New Jersey-New Brunswick, tesis doctoral inédita.
- CAE Lucina Childbirth Simulator - CAE Healthcare. (2018). Caehealthcare.com. Retrieved 14 January 2018, from <https://caehealthcare.com/patient-simulation/lucina>
- Cae.com. (2018). Healthcare. Retrieved 15 January 2018, from <https://www.cae.com/healthcare/>

- CAEhealthcare, (2017). Apredizaje ilimitado, Retrieved 4 November 2017, from <https://caehealthcare.com/hololens>
- Calderón Avendaño, A. (2012). Democratización de la impresión 3d con fotopolímeros. Universidad de Chile, departamento de ingeniería civil mecánica. Santiago de Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Canchica de Medina, M. E. (2016). Modelo gavilán para el desarrollo de competencias en el manejo de información a través de google drive, una experiencia innovadora. *Academia y Virtualidad*, 9(2), 10-26. 10.18359/ravi.1822
- Cattaneo, L. (2007). Carne y cera: Los modelos anatómicos de clemente susini. presentación de la colección de cagliari. *Elementos: Ciencia y Cultura*, Collective, T. T. (2007;2015)
- Cattaneo, L.; Riva, A. (1993): Le cere anatomiche di Clemente Susini dell'Univesità di Cagliari. *Università di Cagliari, Cagliari*.
- Cbmti. (2018). Centre for Biomedical and Technology Integration. Retrieved 2 February 2018, from <http://cbmti2uworkshop.my-free.website/>
- Centre for Human Anatomy Education. (2017). [Med.monash.edu.au](http://www.med.monash.edu.au). Retrieved 15 October 2017, from <http://www.med.monash.edu.au/anatomy/info/centre.html>
- Centro de Diseño UEB. (2017). Estudio de Diseño Universidad El Bosque. Retrieved 16 September 2017, from <http://centrodiseno.unbosque.edu.co/>
- Chaparro García, L. V., & Ávila Forero, J. S. (2015). Anatomical 3D: Producción de material médico con enfoque didáctico para la enseñanza y estudio de casos específico a partir de tecnologías de diseño y fabricación digital 3D. *Universidad El Bosque*
- Cheng, X., Yoo, J.J., Hale, R.G. (2014). Biomask for skin regeneration. *Regenerative Medicine*. May; 9 (3):245-8. doi: 10.2217/rme.14.22.
- *Ciencia y Cultura. Elementos*. (2001). Universidad Autónoma de Puebla. Edición 42, volumen 8. Junio-Agosto 2001. P. 2-3
- Cma.ca. (2018). Joule Innovation Challenge #1 “3D Printing to Improve Quality of Life”. Retrieved 11 January 2018, from <https://www.cma.ca/En/Pages/joule-innovation-challenge-1.aspx>
- Colaboradores de Wikipedia. (2017, 4 de Febrero). InVesalius. En Wikipedia, La Enciclopedia Libre. Obtenido 21:55, 9 de abril de 2018, desde <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=InVesalius&oldid=830781224>

- Collective, T. T. (2007). *Do it yourself: A handbook for changing our world*. London: Pluto Press.
- ColorJet Printing | 3D Systems. (2017). 3D Systems. Retrieved 13 November 2017, from <https://es.3dsystems.com/on-demand-manufacturing/colorjet-printing>
- Consulta de la Norma:. (2017a). Alcaldiabogota.gov.co. Retrieved 18 March 2017, from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5970>
- Consulta de la Norma:. (2017b). Alcaldiabogota.gov.co. Retrieved 28 March 2017, from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14522>
- Correa, F. L. (2004). Reseña de "pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos" del consejo de organizaciones internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS). *Acta Bioethica, Acta Bioethica (Chile) Num.001 Vol. X*.
- CUN. Clínica Universidad de Navarra. Diccionario médico. Recuperado el 11 de Julio de 2016, del sitio web de la clínica de la Universidad de Navarra: <http://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/fantoma>
- Danrin. (2017). B2B, B2C?: Sus diferencias. Portafolio.
- David A. Zopf, Anna G. Mitsak, Colleen L. Flanagan, Matthew Wheeler, Glenn E. Green, Scott J. Hollister. 2015. Computer Aided–Designed, 3-Dimensionally Printed Porous Tissue Bioscaffolds for Craniofacial Soft Tissue Reconstruction. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 2015; 152 (1): 57 DOI: 10.1177/0194599814552065
- Davis, H. (2016). Jacobs, stratasy merge 3D printing, medical research. TCA Regional News.
- De la Torre-Cantero, J, Saorín, J. L., Meier, C., Melián-Díaz, D., & Alemán, M. D. (2015). Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos/Creating replicas of scultural heritage through 3D reconstruction and low cost 3D printer in education. *Arte, Individuo y Sociedad*, 27(3), 427. doi:10.5209/rev\_ARIS.2015.v27.n3.45864
- Debitoor (12 de 4 de 2017). Obtenido de <https://debitoor.es/glosario/definicion-goodwill>
- Delgado, T. y Salcedo, J. (2016) Documento de registro calificado para la Maestría de Industrias Creativas y Culturales. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Denoyer-Geppert Science Company Home. (2017). Denoyer-Geppert Science Company. Retrieved 4 October 2017, from <https://denoyer.com/>

- Díaz, D. T. (2016). Tecnologías de fabricación digital aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos. *Iconofacto*, 12(18)
- Didi-Huberman, G.; Poggesi, M.; V. Düring, M. (1999): *Encyclopaedia Anatomica. Collezione completa di cere anatomiche*. Ed. Taschen. Köln.
- Diseño Industrial | Universidad El Bosque. (2018). [Uelbosque.edu.co](http://www.uelbosque.edu.co). Retrieved 14 September 2017, from <http://www.uelbosque.edu.co/creacion-y-comunicacion/carrera/disenio-industrial>
- Dle.rae.es. (2018). Retrieved 15 January 2018, from <http://dle.rae.es/?id=DuKPOH9>
- Ejaz, A., A. C. Laursen, A. Kappel, M. B. Laursen, T. Jakobsen, S. Rasmussen, et al. 2014. Faster recovery without the use of a tourniquet in total knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 85:422–426.
- Eltorai AE, Nguyen E, Daniels AH. Three-Dimensional Printing in Orthopedic Surgery. *Orthopedics* 2015;38:684-7. 10.3928/01477447-20151016-05
- Empleo, E., Casilda, P., & S.L., U. (2018). Diseñador de órganos, el futuro de la medicina. *Expansion.com*. Retrieved 12 February 2018, from <http://www.expansion.com/emprendedores-empleo/empleo/2017/03/23/58d41b5446163f7b538b45e7.html>
- EIT Health Spain awards the best innovation and entrepreneurship projects. (2017). European Institute of Innovation & Technology (EIT). Retrieved 3 October 2017, from <https://eit.europa.eu/newsroom/eit-health-spain-awards-best-innovation-and-entrepreneurship-projects>
- Eos.info.medical (2017). Manufacturers benefit from tailor-made solutions for medical products delivered by EOS Additive Manufacturing. Retrieved 10 April 2017, from <https://www.eos.info/medical>
- Equipos y Líneas de Investigación – Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales, Universitat Politècnica de València. (2018). [Dfgpi.upv.es](http://www.dfgpi.upv.es). Retrieved 21 September 2017, from <http://www.dfgpi.upv.es/equipos-y-lineas-de-investigacion/>
- Erler-Zimmer. (2017). Erler-Zimmer. Retrieved 20 March 2017, from <https://www.erler-zimmer.de/ueber-uns>
- Fabricación Aditiva y manufactura aditiva. (2017). [Sculpteo.com](http://www.sculpteo.com). Retrieved 14 August 2016, from <https://www.sculpteo.com/es/servicios/fabricacion-aditiva/>

- Fabricación Aditiva y manufactura aditiva. (2017). Sculpteo.com. Retrieved 13 October 2017, from <https://www.sculpteo.com/es/servicios/fabricacion-aditiva/>
- Facultad de Creación y Comunicación | Universidad El Bosque. (2018). Uelbosque.edu.co. Retrieved 11 May 2017, from <http://www.uelbosque.edu.co/creacion-y-comunicacion>
- Fascination Body Worlds - Experience a journey under your skin!. (2018). Körperwelten. Retrieved 12 January 2018, from <https://bodyworlds.com/>
- Faulkner-Jones, A. J., Fyfe, C., Cornelissen, D.-J., Gardner, J., King, J., Courtney, A., & Shu, W. (2015). Bioprinting of human pluripotent stem cells and their directed differentiation into hepatocyte-like cells for the generation of mini-livers in 3D. *Biofabrication*, 7(4), [044102]. doi: 10.1088/1758-5090/7/4/044102
- Felice Fontana. (2017, 15 de diciembre). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 17:23, marzo 28, 2018 desde [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Felice\\_Fontana&oldid=104173059](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Felice_Fontana&oldid=104173059).
- Formlabs.com. (2017). 3D Printing Technology Comparison: SLA vs. DLP Retrieved 8 November 2017, from <https://formlabs.com/blog/3d-printing-technology-comparison-sla-dlp/>
- García Pellicer, A. J. (2013). Impresión 3D y las nuevas tecnologías en el ámbito odontológico.
- García-Porrero, Juan A., and Hurlé, Juan M.. Anatomía humana. España: McGraw-Hill España, 2005. ProQuest ebrary. Web. 26 February 2015.
- Gascón, N. F., Larregui, J. I., & Castro, S. M. (2016). La realidad aumentada como complemento motivacional. *Revista Iberoamericana De Tecnología En Educación y Educación En Tecnología*.
- GrabCAD Software | Stratasys. (2017). Stratasys.com. Retrieved 11 March 2017, from <http://www.stratasys.com/software>
- Grunewald, S. (2017). Spectrum Health 3D Prints the First Heart Model Using Multiple Imaging Techniques. 3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. Retrieved 24 November 2017, from <https://3dprint.com/76715/multi-imaging-heart-model/>
- Gubán, M., & Kovács, G. (2017). industry 4.0 conception. *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, 10(1), 111.

- Gutiérrez Fernández, Milagros, Romero Cuadrado, María S, & Solórzano García, Marta. (2011). El aprendizaje experiencial como metodología docente: aplicación del método Macbeth. *Argos*, 28(54), 127-158. Recuperado en 22 de noviembre de 2017, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-16372011000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-16372011000100006&lng=es&tlng=es).
- H, O. I., & A, G. S. (2011). Evaluaciones prácticas objetivadas en anatomía: Diferencias de rendimiento en preguntas realizadas en modelos, preparaciones anatómicas y cadáveres. *Objective structured practical test in anatomy: Differences in the score of questions realized in models, anatomical preparations and cadavers. International Journal of Morphology*, 29(2), 490-495.
- Health, K. (2017). Gates Vascular Institute - A Kaleida Health Facility – Buffalo, NY. [Kaleidahealth.org](http://Kaleidahealth.org). Retrieved 6 August 2017, from <https://www.kaleidahealth.org/gvi/>
- Healthcare | . (2017). Stratasys Blog. Retrieved 12 April 2017, from <http://blog.stratasys.com/category/industry/healthcare/>
- Hernandis, B.; Iribarren, E. (2000). *Diseño De Nuevos Productos. Una perspectiva sistémica*.(2ªed.) Valencia: SPUPV- 4.124.
- Himanen, P. (2010). *The hacker ethic and the spirit of the information age*. Vintage Digital.
- Home - Cella Medical Solutions. (2018). Cella Medical Solutions. Retrieved 12 February 2018, from <http://www.cellams.com/>
- Hongtao, Z., Xuemin, D., Huimin, Y., Zeyang, W., Lijuan, Z., Jinxin, Z., . . . Juan, W. (2016). Dosimetry study of three-dimensional print template-guided precision 125I seed implantation. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, 12(7), 159-165. doi:10.4103/0973-1482.200607
- Huotilainen, E., Jaanimets, R., Valášek, J., Marcián, P., Salmi, M., Tuomi, J., . . . Wolff, J. (2014). Inaccuracies in additive manufactured medical skull models caused by the DICOM to STL conversion process. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery : Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 42(5), e259. doi:10.1016/j.jcms.2013.10.001
- Imitation of Life by Thom Floutz - Skin Illustrator. (2018). Skin Illustrator. Retrieved 13 January 2018, from <http://www.skinillustrator.com/portfolio-item/imitation-of-life-by-thom-floutz/>
- Impresoras3d (2 de 7 de 2016). Obtenido de <https://www.impresoras3d.com>



- Industrial 3D printing with EOS. (2017). Eos.info. Retrieved 10 April 2017, from [https://www.eos.info/about\\_eos/company\\_profile](https://www.eos.info/about_eos/company_profile)
- InVesalius home | CTI Renato Archer. (2017). Cti.gov.br. Retrieved 2 February 2017, from <https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius>
- Inzunza, Oscar, Caro, Iván, Mondragón, Germán, Baeza, Felipe, Burdiles, Álvaro, & Salgado, Guillermo. (2015). 3D Impressions, New Technology that Supports Anatomical Teaching. *International Journal of Morphology*, 33(3), 1176-1182. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000300059>
- Isaza, J. F., & Naranjo, M. (2008). Prototipaje rápido de estructuras craneofaciales rapid prototyping of craniofacial structures. *Ingeniería y Ciencia*, 4(8), 27-43.
- Itagaki, M. W. (2015). Using 3D printed models for planning and guidance during endovascular intervention: A technical advance. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 21(4), 338-341. doi:10.5152/dir.2015.14469
- Jacobs Institute (2017). | A non-profit organization fostering collaboration to improve: device development, physician training, & research of neurological & vascular diseases. [jacobsinstitute.org](http://jacobsinstitute.org). Retrieved 14 October 2017, from <https://jacobsinstitute.org/>
- José Manuel Ruiz Martín. (2015). El crecimiento de los open sources de fabricación digital y su implementación en el media lab. de la high-tech al do it yourself. *Comhumanitas*, 6(1), 67-81.
- Kells. (2018). Biografía - Ron Mueck - Exhibiciones | Fundación Proa. [Proa.org](http://proa.org). Retrieved 8 January 2018, from <http://proa.org/esp/exhibition-ron-mueck-biografia.php>
- Kilic, D., Ustbas, B., Budak, E. P., Eyisoğlu, H., Yılmaz, C., Eldem, B., & Akbulut, O. (2016). Silicone-based composites as surgical breast models for oncoplasty training. *Procedia Engineering*, 159, 104-107. doi:10.1016/j.proeng.2016.08.131
- Krippendorf, K. (1989) On the essential contexts of artifacts or on the proposition that “design is making sense (of things)”. *Design Issues*, 5, 9-39.
- Krish, S. (2011). A practical generative design method. *Computer-Aided Design*, 43(1), 88-100. doi:10.1016/j.cad.2010.09.009
- Kyoto Kagaku. (2017). Patient Simulators & Phantoms for Medical/nursing Training | [Kyotokagaku.com](http://kyotokagaku.com). Retrieved 19 November 2017, from <https://www.kyotokagaku.com/>
- Laerdal (2017). Retrieved 20 September 2017, from <https://www.laerdal.com/about-us/>

- Larre, E. C., & Mella, H. S. (2011). Estudio de la anatomía en cadáver y modelos anatómicos: Impresión de los estudiantes study of anatomy in cadavers and (Transparency Market Research, 2017)29(4), 1181-1185.
- Lateef, F., (2010) Simulation-based learning: Just like the real thing. Journal of emergencies, trauma and shock.
- Lifesciencedb.jp. (2017). BodyParts3D/Anatomography: Select parts and Make Embeddable Model of Your Own. Retrieved 14 October 2017, from <http://lifesciencedb.jp/bp3d/>
- Lisandro Moreno Parra. (2017, 28 de septiembre). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 21:19, Enero 27, 2017 desde [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Lisandro\\_Moreno\\_Parra&oldid=102207105](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Lisandro_Moreno_Parra&oldid=102207105).
- Lolas, F. (2017). Pautas éticas de investigación en sujetos humanos: nuevas perspectivas. Academia.edu. Retrieved 20 May 2017, from [http://www.academia.edu/788550/Pautas\\_%C3%A9ticas\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_en\\_sujetos\\_humanos\\_nuevas\\_perspectivas](http://www.academia.edu/788550/Pautas_%C3%A9ticas_de_investigaci%C3%B3n_en_sujetos_humanos_nuevas_perspectivas)
- López, L. A. (19 de 06 de 2012). Exploración de la técnica de plastinación en la preparación de modelos anatómicos como material docente para la enseñanza de la Morfología Humana en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Morfología Humana . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Lowe, B. (2010). Design driven innovation: Changing the rules of competition by radically innovating what things Mean20101Roberto verganti. design driven innovation: Changing the rules of competition by radically innovating what things mean. boston, MA: Harvard business Press288 pp. \$35.00. Journal of Consumer Marketing, 27(7), 647-648. 10.1108/07363761011086399
- Ltd, I. (2017). 3D Printing Intelligence Services. Idtechex.com. Retrieved 30 November 2017, from <https://www.idtechex.com/research/topics/3d-printing.asp>
- Maerker, A. (2013). Anatomizing the trade: Designing and marketing anatomical models as medical technologies, ca.1700-1900. Technology and Culture, 54(3), 531
- Maestría en Diseño para Industrias Creativas y Culturales | Universidad El Bosque. (2018). Uelbosque.edu.co. Retrieved 12 April 2017, from <http://www.uelbosque.edu.co/maestria/disenio-para-industrias-creativas-y-culturales>

- Mannoor, M. S., Jiang, Z., James, T., Kong, Y. L., Malatesta, K. A., Soboyejo, W. O., Verma, N., Gracias, D. H., ... McAlpine, M. C. (2013). 3D printed bionic ears. *Nano letters*, 13(6), 2634-9. doi:10.1021/nl4007744.
- Marín Sejnauí, E. A., Puello Arbeláez, I. C., Villamil Suárez, C. I., Ruiz Rubiano, M., Rosselli Londoño, J. M., & Jaime Silva, S. (2011). Análisis de la colección del museo de anatomía de la Universidad El Bosque
- Martínez Marrero, Emilio. *Cómo estudiar anatomía*. Colombia: Universidad del Norte, 2011. ProQuest ebrary. Web. 26 February 2015.
- Martínez Torán, m. (2016). ¿Por qué tienen tanta aceptación los espacios maker entre los jóvenes? *Cuadernos de Investigación en Juventud*, ISSN 2530-0091. Nº 1 Julio 2016. e003. doi: 10.22400/cij.1.e003.
- Martínez, I.; Hernandis, B.; La.Higuera, c. (1994). Representación reticular de los objetivos de un sistema. En: Ferrer, L.; Caselles, A.; Beneyto, R., *Tercera escuela europea de sistemas*. Valencia, (pp.159-174). Valencia: Universidad Menéndez Pelayo.
- Mastmeyer, A., Fortmeier, D., & Handels, H. (2016). Efficient patient modeling for visuo-haptic VR simulation using a generic patient atlas. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 132, 161-175. doi:10.1016/j.cmpb.2016.04.017
- McCullough, M. S. (2014). Hatch, mark. the maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers. American Library Association CHOICE.
- Medically Accurate 3D Human Anatomy Models. (2017). Zygote.com. Retrieved 16 October 2017, from <https://www.zygote.com/>
- Microsoft – Hololents. (2017) Why Hololents? Retrieved 4 November 2017, from <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>
- Miguel Pérez, M., Porta Riba, N., Ortiz Sagristà, J. C., Martínez, A., & Götzens García, V. (2007). Anatomía humana: Estudio de las reacciones de los estudiantes de primero de medicina ante la sala de disección. *Educación Médica*, 10(2), 105-113.
- Mimics. (2017). Materialise. Retrieved 13 September 2017, from <http://www.materialise.com/es/medical/software/mimics>
- MinEducación (2 de 2 de 2017). Obtenido de <http://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-358383.html>

- Mineducacion.gov.co. (2017). Sistema de Créditos Académicos - ...:Ministerio de Educación Nacional de Colombia:.. Retrieved 6 September 2017, from <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87727.html>
- Mitsuhashi, N., Fujieda, K., Tamura, T., Kawamoto, S., Takagi, T., & Okubo, K. (2009). BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts. *Nucleic Acids Research*, 37(suppl\_1), D782-D785. doi:10.1093/nar/gkn613
- Models, A. (2017). AnatomyPrint. Materialise. Retrieved 10 April 2017, from <http://www.materialise.com/en/medical/anatomical-models/anatomyprint>
- Monash (2017). Retrieved 6 March 2017, from <https://www.monash.edu/research>
- Murphy, S. V., & Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, 32(8), 773. doi:10.1038/nbt.2958
- Museo de Historia Natural (La Specola). (2017, 31 de enero). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 16:28, marzo 28, 2017 desde [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Museo\\_de\\_Historia\\_Natural\\_\(La\\_Specola\)&oldid=105275656](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Museo_de_Historia_Natural_(La_Specola)&oldid=105275656).
- Naturale, M. (2018). La Specola - Visita - MSN: Museo di Storia Naturale - UniFI. Msn.unifi.it. Retrieved 19 April 2017, from <https://www.msn.unifi.it/vp-245-la-specola.html>
- NecropSynth (2017). Anatomical Models for Science & Education. 3D Print HQ. Retrieved 7 November 2017, from <http://3dprintheq.com/necropsynth-anatomical-models-science-education/>
- NIH 3D Print Exchange (2018). | A collection of biomedical 3D printable files and 3D printing resources supported by the National Institutes of Health (NIH). 3dprint.nih.gov. Retrieved 8 January 2018, from <https://3dprint.nih.gov/>
- Nissin dental products inc. (2017). Dental Model. Nissin-dental.net. Retrieved 15 August 2017, from <http://www.nissin-dental.net/>
- Normas 9000 (12 de 3 de 2017) Obtenido de <http://www.normas9000.com/que-es-iso-9000.html>
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (15 de 8 de 2016). Obtenido de [http://ocyt.org.co/Portals/0/LibrosPDF/indicadores%202015\\_web.pdf](http://ocyt.org.co/Portals/0/LibrosPDF/indicadores%202015_web.pdf)
- Oficina Española de Patentes y Marcas (12 de 3 de 2017). Obtenido de [http://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos\\_relacionados/Publicaciones/Folletos/Licencias\\_y\\_Transferencias\\_Modificado\\_05032014.pdf](http://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos_relacionados/Publicaciones/Folletos/Licencias_y_Transferencias_Modificado_05032014.pdf)

- Onofrillo, C., Duchi, S., O'Connell C.D., Blanchard, R., O'Connor, A.J., Scott, M., Wallace, G.G., Choong, PFM. & Di Bella, C. (2018). Biofabrication of human articular cartilage: a path towards the development of a clinical treatment. *Biofabrication*, 4(10), [045006]. doi: 10.1088/1758-5090/aad8d9
- Open BioMedical Initiative - We Help. (2017). 3D printed model aids in precision spinal canal stenosis surgery | Open BioMedical Initiative - We Help. Retrieved 16 August 2017, from <http://www.openbiomedical.org/3d-printed-model-aids-in-precision-spinal-canal-stenosis-surgery/>
- OpHeart | Practice hearts make perfect surgery. (2017). OpHeart. Retrieved 25 November 2017, from <https://opheart.org/>
- Organovo - Bioprinting functional human tissue. (2018). Organovo. Retrieved 12 February 2018, from <http://organovo.com/>
- Organovo. (2017). CHANGING THE SHAPE OF MEDICAL RESEARCH AND PRACTICE. Retrieved 13 April 2017, from <http://organovo.com/>
- Organovo's scientific founder, presents on bioprinting at TEDMED.. (2017). Organovo. Retrieved 13 April 2017, from <http://organovo.com/science-technology/bioprinted-human-tissue/>
- OsiriX | Story. (2017). Osirix-viewer.com. Retrieved 10 April 2017, from <http://www.osirix-viewer.com/about/story/>
- OsiriX | The world famous medical imaging viewer. (2017). Osirix-viewer.com. Retrieved 10 April 2017, from <http://www.osirix-viewer.com/>
- Osteo3d – 3d printing healthcare. (2017). Osteo3d.com. Retrieved 15 October 2017, from <https://www.osteo3d.com/>
- Our Story | 3D Systems. (2017). 3D Systems. Retrieved 17 November 2017, from <https://es.3dsystems.com/our-story>
- Our Story | 3D Systems. (2017). 3D Systems. Retrieved 9 April 2017, from <https://es.3dsystems.com/our-story>
- Park, J. H., Lee, Y., Shon, O., Shon, H. C., & Kim, J. W. (2016). Surgical tips of intramedullary nailing in severely bowed femurs in atypical femur fractures: Simulation with 3D printed model. *Injury*, 47(6), 1318-1324. doi:10.1016/j.injury.2016.02.026
- Paul McMenamin — Monash University. (2018). Research.monash.edu. Retrieved 19 November 2017, from <https://research.monash.edu/en/persons/paul-mcmenamin>.

- Polytek Development Corp. (2016). | Mold Making & Casting Materials. Polytek.com. Retrieved 24 November 2016, from <https://www.polytek.com/>
- Popescu, D., Laptoiu, D., Hadar, A., Ilie, C., & Pârvu, C. (2015). workflow for additive manufacturing of an individualized surgical template. *Proceedings in Manufacturing Systems*, 10(3), 131.
- Posgrados en Desarrollo de Interactivos y Fabricación Digital. (2017). Ifab.es. Retrieved 6 November 2017, from <http://www.ifab.es/>
- Prestan Products LLC. (2017). [Prestanproducts.com](http://www.prestanproducts.com). Retrieved 11 November 2017, from <http://www.prestanproducts.com/index.html>
- ProDelphus. (2017). [Prodelphus.com.br](http://www.prodelphus.com.br). Retrieved 10 October 2017, from <http://www.prodelphus.com.br/websiteBR/website/company/>
- Producto viable mínimo. (2017, 30 de octubre). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 20:49, marzo 14, 2018 desde [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Producto\\_viable\\_m%C3%ADnimo&oldid=103011339](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Producto_viable_m%C3%ADnimo&oldid=103011339).
- Professional 3D Printing Materials for Digital Dentistry. (2017). Formlabs. Retrieved 13 April 2017, from <https://formlabs.com/materials/dentistry/>
- Prusa3d (2017). Blog. [prusa3d.com](https://www.prusa3d.com), Retrieved 14 October 2017, from <https://www.prusa3d.com/>
- Qué es la fabricación digital?. (2017). 330ohms. Retrieved 21 March 2017, from <https://www.330ohms.com/blogs/blog/la-fabricacion-digital-a-que-se-refiere>
- Realityworks (2017). | Experiential Learning Technology | Live It. Learn It. [Realityworks.com](http://www.realityworks.com). Retrieved 7 October 2017, from <https://www.realityworks.com/>
- Reid-Searl, K., Happell, B., Vieth, L., & Eaton, A. (2012). High fidelity patient silicone simulation: A qualitative evaluation of nursing students' experiences. *Collegian (Royal College of Nursing, Australia)*, 19(2), 77.
- RepRap - RepRapWiki. (2017). [Reprap.org](http://reprap.org). Retrieved 15 November 2017, from <http://reprap.org/>
- RepRap (2017). About. [Reprap.org](http://reprap.org), Retrieved 14 October 2017, from <http://reprap.org/>
- Rioja Calvo, Á. (2015). Comparativa de software libre para tratamiento de archivos DICOM. Valladolid: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/16755/1/TFG-I-369.pdf>



- Riva, A., & Baghino, A. (2001). Historia de las ceras anatómicas de cagliari en cerdeña. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 8(42)
- Riva, A., Conti, G., Solinas, P., & Loy, F. (2010). The evolution of anatomical illustration and wax modelling in Italy from the 16th to early 19th centuries. *Journal of Anatomy*, 216(2), 209-222. 10.1111/j.1469-7580.2009.01157.x
- Rodríguez, Y. G., & Domínguez, S. C. (2017). La influencia del espacio, la ciudad y la cultura maker en educación = the influence of space, the city and maker culture in education. *ArDIn : Arte*, (6), 1-13.
- Rodríguez-Díez, M. C., Díez-Goñi, N., Beunza-Nuin, J. J., Auba-Guedea, M., Olartecoechea-Linaje, B., Ruiz-Zambrana, Á., & Alcázar-Zambrano, J. L. (2013). Confianza de los estudiantes de medicina en el aprendizaje de la exploración obstétrica con simuladores. *Anales Del Sistema Sanitario De Navarra*, 36(2), 275-280. doi:10.4321/s1137-66272013000200010
- Roque, W. (2013). Trabecular Bone Modeling with . En C. Enrique, low-cost 3d printing for science, education & sustainable development. Trieste, Italy: ICTP.
- Sakamoto Model Corporation. (2017). Sakamoto-model.com. Retrieved 16 October 2017, from <http://www.sakamoto-model.com/>
- Sánchez Ortiz, A., Del Moral, N., & Micó, S. (2012). Entre la ciencia y el arte. ceroplástica anatómica para el real colegio de cirugía de san carlos (1786-1805). *Archivo Español De Arte*, 85(340), 329-349. 10.3989/aearte.2012.v85.i340.518
- Scarani, P. (2000): Una vita difficile: I Musei Anatomici dell'Università Bolognese. *Medicina nei Secoli. Arte e Scienza*, 12/2.
- Selective Laser Sintering, B. (2017). Selective Laser Sintering, Birth of an Industry - Department of Mechanical Engineering. Me.utexas.edu. Retrieved 9 November 2017, from <http://www.me.utexas.edu/news/news/selective-laser-sintering-birth-of-an-industry>
- SENA. (2018). Sena.edu.co. Retrieved 14 March 2018, from <http://www.sena.edu.co/es-co/formacion/Paginas/tecnologia-innovacion.aspx>
- SENNOVA (12 de 5 de 2016). Obtenido de [http://www.sena.edu.co/oportunidades/formacion/Paginas/Sistema-de-Investigacion,-Desarrollo-Tecnologico-e-Innovacion-del-SENA-\(SENNOVA\).aspx](http://www.sena.edu.co/oportunidades/formacion/Paginas/Sistema-de-Investigacion,-Desarrollo-Tecnologico-e-Innovacion-del-SENA-(SENNOVA).aspx)
- Serrano, R. (2015). La bioimpresión en 3D planifica y consigue éxitos en cirugías de reconstrucción de elevada complejidad. *Diario Médico*

- Shanghai Children's Medical Center Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine. (2018). Scmc.com.cn. Retrieved 5 January 2018, from [http://www.scmc.com.cn/YWWZ/Cooperation/2017-01-17/Detail\\_85647.htm](http://www.scmc.com.cn/YWWZ/Cooperation/2017-01-17/Detail_85647.htm)
- ShapeWays. (20 de 09 de 2016). Obtenido de shapeways.com: <http://www.shapeways.com/>
- Shine.cn. (2018). 3D-printing surgery a success. Retrieved 4 January 2018, from <https://www.shine.cn/archive/metro/health-and-science/3Dprinting-surgery-a-success/shdaily.shtml>
- Silva, J. V. L., Gouveia, M. F., Barbara, A. S., Reis, M. C., & Zavaglia, C. A. C. (2006). Aplicación del prototipaje rápido al tratamiento de defectos cráneo faciales. *Revista CENIC : Ciencias Biológicas*, 37(3), 214-218.
- Sim u suit.com. (2017). Manikin Obesity Suits: Manikin (mannequin) obesity simulation suits, bariatric simulation, edema leggings - Realism for medical, hospital, & nursing simulations!. Retrieved 24 May 2017, from <https://www.simusuit.com/manikin-obesity-suits.html>
- SIMPeds 3D Print - Simulator Program (2018), Boston Children's Hospital. [Simpeds.org](http://simpeds.org). Retrieved 18 January 2018, from <http://simpeds.org/simpeds3d-print/>
- Simulación personalizada. (2017). Symbionix. Retrieved 13 April 2017, from <http://symbionix.com/simulators/custom-simulation/>
- SlicerWiki. (2017). [Slicer.org](https://www.slicer.org). Retrieved 9 April 2017, from [https://www.slicer.org/wiki/Main\\_Page](https://www.slicer.org/wiki/Main_Page)
- Smooth-On, Inc (2016). Mold Making & Casting Materials | Rubbers, Plastics, Foams & More!. Retrieved 24 November 2016, from <https://www.smooth-on.com/e/metro/health-and-science/3Dprinting-surgery-a-success/shdaily.shtml>
- Solares, G., M. González, A., Escalante, C., & Delgado, T. (2004). Simuladores en la enseñanza médica en el pregrado, ¿novedad o necesidad? *Medicina Clínica*, 122(20), 798-799. doi:10.1016/S0025-7753(04)74391-2
- Somso. (2017). SOMSO® MODELLE GmbH. Retrieved 16 June 2017, from <https://www.somso.de/es/somso/>
- Spectrum Health. (2017). Health Beat | Spectrum Health. Retrieved 24 November 2017, from <https://healthbeat.spectrumhealth.org/?s=3d>

- Stories | Ultimaker. (2017). Ultimaker.com. Retrieved 15 April 2017, from [https://ultimaker.com/en/stories?filter\[category\]=314](https://ultimaker.com/en/stories?filter[category]=314)
- Stratasys Blog (2017). Jacobs Institute and Stratasys Collaborate on Medical 3D Printing. Retrieved 7 October 2017, from <http://blog.stratasys.com/2016/04/26/jacobs-institute-3d-printing-healthcare/>
- Stratasys Blog. (2017). Customized 3D Printed Medical Models Enhance Surgical Training at CBMTI - Stratasys Blog. Retrieved 17 November 2017, from <http://blog.stratasys.com/2016/07/06/3d-printed-surgical-training-models-video/>
- Stratasys Direct. (2017). Direct Metal Laser Sintering | 3D Printing DMLS Parts | Stratasysdirect.com. Retrieved 17 November 2017, from <https://www.stratasysdirect.com/technologies/direct-metal-laser-sintering>
- Stratasys J750 3D Printer | Stratasys. (2017). Stratasys.com. Retrieved 13 September 2017, from <http://www.stratasys.com/3d-printers/j750>
- Stratasys. (2017). Stratasys and Jacobs Institute Unveil Major Advance in Surgical Pre-Planning; 3D Printing Helps Resolve Nearly Fatal Brain Aneurysm | Stratasys. Retrieved 6 October 2017, from <http://investors.stratasys.com/news-releases/news-release-details/stratasys-and-jacobs-institute-unveil-major-advance-surgical-pre>
- Stratasys: A History of Invention. (2017). Stratasys.com. Retrieved 14 October 2017, from <http://www.stratasys.com/j750/history>
- Stratasys|About Us–The 3D Printing Solutions Company. (2017). Stratasys.com. Retrieved 9 September 2017, from <http://www.stratasys.com/corporate/about-us>
- Suite, M. (2017). Learning & Support. Materialise. Retrieved 14 September 2017, from <http://www.materialise.com/en/medical/mimics-innovation-suite/learning-support>
- SynDaver Labs. (2017). Syndaver.com. Retrieved 6 April 2017, from <http://syndaver.com/about/>
- Tarassoli S.P., Jessop Z.M., Al-Sabah A., Gao N., Whitaker S., Doak S. & Whitaker I.S. (2018). Skin tissue engineering using 3D bioprinting: An evolving research field. *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*, 71(5): 615-623. doi: 10.1016 / j.bjps.2017.12.006
- Tecnologia Humana 3D. (2017). Feto3d.com. Retrieved 17 December 2017, from <http://www.feto3d.com/index.html>

- Tecnología PolyJet | Stratasys. (2017). Stratasys.com. Retrieved 4 December 2017, from <http://www.stratasys.com/es/impresoras-3d/technologies/polyjet-technology>
- TecnoParque Colombia. (2018). Tecnoparque.sena.edu.co. Retrieved 14 March 2018, from <http://tecnoparque.sena.edu.co/Paginas/default.aspx>
- The Most Important 3D Printing Technologies and Materials | 3D Printing Blog | i.materialise. (2017). I.materialise.com. Retrieved 15 October 2017, from <https://i.materialise.com/blog/3d-printing-technologies-and-materials/>
- Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects. (2017). Thingiverse.com. Retrieved 14 September 2017, from <https://www.thingiverse.com/>
- Tiempo, C. (2017). Arte al servicio de la medicina. El Tiempo. Retrieved 13 August 2017, from <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14635735>
- Transparency Market Research. (9 de 1 de 2017). 3D Printing Market (Use - Commercial and Personal; Technology - PolyJet, Fused Deposition Modeling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), and Stereolithography (SLA). Trends and Forecast 2017 - 2025. Obtenido de [www.transparencymarketresearch.com](http://www.transparencymarketresearch.com): Recuperado de: <https://www.transparencymarketresearch.com>
- Trigo, G., Paganini, C. I., Saiz, G. F., & Vilachá, M. I. (2016). Precisión en la planificación quirúrgica 3D en un paciente con síndrome de goldenhar. *Revista Española De Cirugía Oral y Maxilofacial*, 38(2), 91-95. doi:10.1016/j.maxilo.2014.07.005
- UCLA Health. (2018). UCLA doctors use 3-D printed model to guide tricky heart valve replacement | UCLA Health. Retrieved from [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=22&v=ei8Cjzs1y1E](https://www.youtube.com/watch?time_continue=22&v=ei8Cjzs1y1E)
- UCLA Heart and Vascular Services (2017) - Research & Education - Los Angeles, CA. [Heart.ucla.edu](http://heart.ucla.edu/research-education). Retrieved 8 October 2017, from <http://heart.ucla.edu/research-education>
- Universidad de la Sabana. (8 de 5 de 2016). Obtenido de <http://www.unisabana.edu.co/unisabana/crear-20/secciones/laboratorio-de-simulacion/>
- Universidad de los Andes. (8 de 6 de 2016). Obtenido de <http://www.anatomia.uniandes.edu.co/>
- Universidad El Bosque. (01 de 05 de 2012). <http://www.uelbosque.edu.co>. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de [http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/htmls/plan\\_desarrollo/web/index.html](http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/htmls/plan_desarrollo/web/index.html)

- Universidad El Bosque. (2012). Historia y cronología. Recuperado de <http://www.uelbosque.edu.co/institucional/historia-cronologia>
- Universidad El Bosque. (2016). Plan de Desarrollo Institucional 2016-2021. Bogotá: Universidad El Bosque
- Universidad El Bosque. (2016b). Plan de Desarrollo Institucional 2016-2021. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Universidad El Rosario. (8 de 6 de 2016). Obtenido de <http://www.urosario.edu.co/escuela-de-medicina/laboratorios/Laboratorios-del-Programa-de-Medicina/>
- Universidad Javeriana. (8 de 5 de 2016). Obtenido de <http://medicina.javeriana.edu.co/departamentos-institutos/morfologia>
- Universidad Javeriana. (8 de 5 de 2016). Obtenido de <http://medicina.javeriana.edu.co/centro-simulacion-clinica>
- Universidad Militar Nueva Granada. (4 de 6 de 2016). Obtenido de [http://www.umng.edu.co/web/guest/programas-academicos/facultad-medicina/laboratorios?p\\_p\\_id=56\\_INSTANCE\\_6wMb&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-4&p\\_p\\_col\\_count=1](http://www.umng.edu.co/web/guest/programas-academicos/facultad-medicina/laboratorios?p_p_id=56_INSTANCE_6wMb&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-4&p_p_col_count=1)
- Universidad Nacional de Colombia. (16 de 5 de 2016). [www.laboratorios.bogota.unal.edu.co](http://www.laboratorios.bogota.unal.edu.co). Obtenido de [http://www.laboratorios.bogota.unal.edu.co/userfiles/files/Presentacion\\_de\\_los\\_3\\_proyectos.pdf](http://www.laboratorios.bogota.unal.edu.co/userfiles/files/Presentacion_de_los_3_proyectos.pdf)
- Valverde, I. (2016). Impresión tridimensional de modelos cardiacos: Aplicaciones en el campo de la educación médica, la cirugía cardiaca y el intervencionismo estructural. *Revista Española De Cardiología*, doi:10.1016/j.recesp.2016.09.043
- Verganti, R. (2009) *Design-driven Innovation. Changing the rules of competition by radically innovating what things mean*. Boston Massachusetts: Harvard Business Press.
- Vincent Van Dyke Effects. (2018). Retrieved 7 January 2018, from <http://vvdfx.com/info/>
- Vivoxie.com. (2018). PowerClaw. [online] Available at: <https://vivoxie.com/es/powerclaw/index> [Accessed 8 Sep. 2018].
- von Hagens Plastination | Real Anatomy For Teaching. (2018). Vonhagens-plastination.com. Retrieved 12 January 2018, from <http://www.vonhagens-plastination.com/es>

- Vukicevic, M., PhD, Mosadegh, B., PhD, Min, J. K., MD, & Little, S. H., MD. (2017). Cardiac 3D printing and its future directions. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 10(2), 171-184. doi:10.1016/j.jcmg.2016.12.001
- Wilcox, B., Mobbs, R., Wu, A., & Phan, K. (2017). Systematic review of 3D printing in spinal surgery: the current state of play. Retrieved 17 December 2017, from
- WIPO - World Intellectual Property Organization. (10 de 2 de 2017) Obtenido de [http://www.wipo.int/sme/es/documents/license\\_assign\\_patent.html](http://www.wipo.int/sme/es/documents/license_assign_patent.html)
- ww14.plala.or.jp (2018). home. Retrieved 6 January 2018, from [http://www14.plala.or.jp/masao-kinoshita/mu\\_xia\\_ya\\_xiong/Masao\\_Kinoshita\\_Website/index.html.html](http://www14.plala.or.jp/masao-kinoshita/mu_xia_ya_xiong/Masao_Kinoshita_Website/index.html.html)
- www.unal.edu.co. (15 de 8 de 2016). Obtenido de <http://www.laboratorios.unal.edu.co/>
- ZygoteBody. (2017). Zygotebody.com. Retrieved 17 October 2017, from <https://www.zygotebody.com/>





# 20. ANEXOS

20.1. Póster presentado en el II Encuentro de Doctorando UPV. - 2015

### "Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque - Bogotá - Colombia"

**Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales - UPV**  
 Estudiante UPV: Prof. M.Sc. **Juan Sebastián Ávila - Colombia** [aviajuan@unbosque.edu.co](mailto:aviajuan@unbosque.edu.co)  
 Director UPV: Prof. PhD. **Manuel Martínez Torán** [mmtoran@idf.upv.es](mailto:mmtoran@idf.upv.es)

---

#### Mapa de Objetivos

**Objetivo:** Presentar un Escenario propio de trabajo interdisciplinario dentro de la Universidad El Bosque, que permita el desarrollo de "Material de Simulación" para proyectos de Escenarios, caracterización de escenarios en sus diferentes aplicaciones:

- Medicina Odontología, Otorrinolaringología, Biología, Ciencias Exactas.
- Equipos de aprendizaje.
- Tecnología e Impacto.
- Nuevo proyecto de Departamento de Simulación.
- Curso Predoctoral: La esencia de la simulación es poder aprender como en la realidad pero sin perder de vista que es una actividad de enseñanza-aprendizaje. Así que el estudiante pueda resistirse cuando vea lo necesario para adquirir la habilidad o destreza que necesita.
- Trabajo interdisciplinario desde el pensamiento de Diseño: Modelos tangibles educativos (Prototipos) para el desarrollo de proyectos de Odontología y Medicina.
- Algoritmos Plata para desarrollar proyectos de apoyo didáctico de enseñanza a estudiantes de Odontología y Medicina.
- Abstracción low-cost con Tecnología y Cultura Maker.
- Sistemas de enseñanza: Verónica y desarrollo de Sistemas Centralizado y Sistema Des-Centralizado.
- Investigación multi y trans-disciplinaria.
- Esfuerzos conjuntos con diferentes perspectivas científicas.

#### Cronograma - Etapas de desarrollo

#### Resultados previstos

La propuesta de investigación exploratoria, concretamente está buscando un relacionamiento efectivo entre las Facultades de Medicina y Odontología con la de Diseño, Imagen y Comunicación de la Universidad El Bosque Bogotá, siendo la propuesta investigativa doctoral, la creación de un escenario propio para la co-creación de proyectos de diseño y fabricación digital, y así contribuir con material didáctico y sistemas de enseñanza de Anatomía para Medicina y Odontología bajo una filosofía Maker, teniendo los procesos: investigativos multi y transdisciplinarios, creativos, de diseño, fabricación, simulación y comprobación como los grandes factores para articular un escenario de trabajo físico, cursos integrados y un laboratorio de modelos y prototipos para las áreas de la salud, que he denominado FabLab-MedLab, (Fabrication Laboratory, Medical Laboratory) un espacio de producción de objetos físicos y digitales a escala personal que agrupará tecnologías contemporáneas de fabricación digital.

Partiendo de las metodologías y el oficio del diseño industrial, se creará material didáctico y de simulación tangible para la academia y desde la academia, como primer escenario de intervención, y posteriormente como estrategia para prestar servicios a particulares u otras instituciones que no cuenten con la plataforma necesaria para la elaboración de proyectos integrados en relación con la temática proyectual propuesta. Para ejemplificar sólo uno de los múltiples proyectos en que trabajar, está en la creación de modelos tangibles de enfermedades no tradicionales que trascienden los libros de texto o las aplicaciones digitales de visualización en 3D a través de pantallas 2D, en una interfaz sensorial táctil, impresa o fabricada en tres dimensiones que simule tejidos, texturas, volumetrías y facilite la comprensión de los estudiantes, docentes y pacientes, contribuyendo al desarrollo de diferentes profesiones con un proyecto integrador que responde a una necesidad latente dentro de la Universidad El Bosque.

## 20.2. Ponencia XXI Congreso de Investigaciones UEB - Bogotá. 2015



## La fabricación digital y su influencia en los procesos de enseñanza-aprendizaje en áreas de la salud: un universo por explorar

Ávila Forero, Juan Sebastián<sup>11</sup>

**Palabras clave:** impresión FDM, fantomas médicos, simulación.

### Descripción

La investigación busca el desarrollo de modelos de material didáctico y de simulación para áreas de la salud mediante el uso de técnicas de diseño y fabricación digital, como lo son la escultura digital y la impresión 3D, integrando diferentes profesiones y metodologías de trabajo en donde la acción, el usuario y el objeto se articulen en interfaces de aprendizaje físicas bajo la mirada del diseño industrial como elemento integrador.

### Contenido

El rápido desarrollo de dispositivos de imágenes médicas y las técnicas de procesamiento de imágenes han permitido la reconstrucción y visualización de la anatomía humana en tres dimensiones; sin embargo, en muchos sentidos aún estamos limitados a las pantallas planas para la visualización de estos desarrollos. Por otra parte, el auge y la popularización de la impresión en 3D a bajo costo, en especial la fabricación aditiva o FDM, han permitido un rápido crecimiento de esta industria y la inmersión en diferentes campos del conocimiento; particularmente en mi investigación, me han permitido la integración de tres grandes mundos con sus correspondientes particularidades: la enseñanza, las ciencias de la salud y la fabricación digital, con el objetivo de crear fantomas de simulación y material didáctico para la enseñanza en medicina y odontología.

### Metodología

La metodología por desarrollar se compone de siete grandes fases generales que serán trabajadas en paralelo, dependiendo de las variables nombradas a continuación:

*Fase de formulación del ante-proyecto:* la primera etapa de la investigación consistirá en la búsqueda de información para mapear el estado del arte en dos grandes partes, respondiendo las preguntas: ¿qué se hace y cómo lo hacen?, referidas al desarrollo de material didáctico y de simulación en áreas de

<sup>11</sup> Grupo de investigación Diseño, Imagen y Comunicación.



## XXI CONGRESO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIONES

la salud. La primera parte del estudio será una visión interna para mapear la situación actual de la Universidad El Bosque, y la segunda, la búsqueda de referentes similares al exterior de la Universidad. En la siguiente fase se determinarán los objetivos, alcances y se organizará un cronograma de trabajo.

*Fase de búsqueda y experimentación tecnológica y metodológica:* en esta etapa se determinarán las características técnicas y tecnológicas necesarias para la fabricación de modelos físicos de carácter didáctico y de simulación. En esta etapa, a partir de experiencias encontradas en artículos, entrevistas, observación directa, blogs, búsqueda en navegadores web, entre otros, se formularán los primeros proyectos de experimentación, apoyando el proceso de investigación con los cursos de diseño de producto de tercer año de la carrera de Diseño Industrial de la UEB y con los trabajos de grado bajo la línea de investigación en diseño y fabricación digital.

*Fase de planeación y reformulación del proyecto:* en esta etapa, una vez se haya concluido la primera etapa de experimentación relacionada con la metodología de trabajo inter-facultades, y probado algunas tecnologías de diseño y fabricación digital en un escenario académico con estudiantes de Diseño Industrial de la UEB, se formulará un proyecto integral en una escala mayor, con los actores de la comunidad universitaria que estén interesados en el proyecto, para así consolidar un escenario ideal de trabajo en dos frentes de acción. El primero, un escenario administrativo de integración de cursos, con docentes y estudiantes de diferentes especialidades, y el segundo, la unificación y potencialización de recursos físicos, humanos y laboratorios para consolidar un escenario óptimo de trabajo, tanto metodológico como físico, y así cubrir las necesidades puntuales detectadas al interior de la Universidad El Bosque; igualmente, se valorarán y seleccionarán las referencias de software y hardware que conformarán la fase piloto del laboratorio de fabricación.

*Fase de gestión:* organización y consecución de los recursos financieros, físicos, informáticos y humanos para realizar el estudio y el plan maestro de implementación de cursos integrados y laboratorios de fabricación; es relevante determinar, junto con los diferentes asesores y miembros de la comunidad, los alcances finales de cada una de las fases del proyecto (espacio, entorno, actividades, personal, propiedad intelectual, documentación, etc.), teniendo en cuenta la consecución de recursos, su sostenimiento y potencial para apalancar futuros proyectos y estudios en relación con el diseño, educación y simulación en áreas de la salud al interior de la UEB.

*Fase evaluativa:* después de tener diferentes experiencias y resultados tangibles de las pruebas piloto de fabricación, se comenzará una etapa evaluativa para depurar los resultados y graficar algunos parámetros importantes como las pruebas de exportación de formatos, tecnologías utilizadas, convenios realizados, entre otros factores. Fase de transferencia de los resultados, autofinanciación y expansión del proyecto con una posible *spin-off*.

## Conclusiones

La puesta en marcha del proyecto comienza con la demostración tangible de los aportes de oficio y metodológicos que, desde el diseño industrial, pueden permear diferentes ámbitos de trabajo y especialidades en las áreas de la salud; durante el segundo semestre de 2014 y el primer semestre de 2015, en la asignatura de diseño de producto de tercer año de la carrera de Diseño Industrial de la UEB se



---

XXI CONGRESO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIONES

trabajó de la mano con la Facultad de Odontología para iniciar una etapa de aproximación metodológica y tecnológica para el desarrollo de material didáctico con tecnologías de diseño y fabricación digital. A finales de 2015, con el apoyo de siete estudiantes de trabajo de grado de la carrera de Diseño Industrial, se presentarán los resultados de los primeros proyectos de grado articulados, desde la visión del diseño industrial, con otras disciplinas para generar proyectos específicos de consumo interno en asociación con el anfiteatro y el Museo de Anatomía de la UEB. Estos resultados servirán como carta de presentación ante la Universidad, otras facultades y el departamento de simulación para articular más actores en el proyecto y, de esta manera, incrementar poco a poco el grado de complejidad e integrar nuevas líneas de acción para el 2016.

## 20.3. Póster presentado en el Congreso 6th International Forum of Design as a Process (Sd2016)

## Diseño de material didáctico para la enseñanza de Anatomía

### Design of training materials for teaching Anatomy

Palabras clave: diseño, anatomía, enseñanza, impresión 3D, interdisciplinaridad.

Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales - UPV

Doctorando UPV /// Prof. UEB, M.Sc. Juan Sebastián Ávila - Colombia /// aviljua@unbosque.edu.co  
Director UPV /// Prof. Ph.D. Manuel Martínez Torán /// mmtoran@idit.upv.es

#### Abstract

The present work is part of the Doctoral Research in Design, Manufacturing and Industrial Projects Management of the Universidad Politécnica de Valencia (UPV) and is incorporated in the PhD project called "The implementation of digital design and manufacturing technologies in the teaching of anatomy". It is based on the experience as a thesis director in the Design Faculty of the University El Bosque (UEB) in Bogotá - Colombia. The project discusses thereafter aims to strengthen the skills of students in Industrial design. With a strong technological component, the project's method relies on the elaboration of a design project, in order to deepen the knowledge of organic 3D modeling techniques and digital sculpture, taking advantage of the boom in digital manufacturing. The project focuses on strengthening the students' communicative and interactive skills with third parties, it particularly empowers the cognitive abilities needed to work in an interdisciplinary environment. Here the study case concentrates on education in health sciences, specifically the teaching and learning of anatomy in different disciplines. In the initial phase of the project, 3-dimensional physical teaching materials were selected to provide the pedagogical approach to Anatomy and Dental Morphology classes of the Faculty of Dentistry. Said materials constituted the starting point for further experiences and indeed it triggered the implementation of various similar projects with other departments at the UEB, all aiming to facilitate the experiences of teaching - learning, guaranteeing students a theoretical and practical training through three-dimensional resources. The main feature of such training consists in a better comprehension of information, thanks to a direct and concrete interaction. This article seeks to illustrate the use given to digital design and manufacturing technology to expand the range of opportunities that could be transmitted to students in academia and such process could permeate non-traditional fields for future industrial designers, demystifying their profile solely as form-aesthetics configurators toward eventually emerging as leading projects coordinators in a multidisciplinary field of work. 3D printers of fused deposition modeling (FDM) can create complex didactic models. The present paper will discuss the results of the first year and a half of work based on the academic results of design students under the direction of Professor Juan Sebastián Ávila Forero, PhD student at the UPV.

#### Resultados:

Hasta el primer semestre de 2016 se han desarrollado siete proyectos relacionados con la temática de diseño y fabricación digital desde mediados de 2014, dirigidos por el profesor Ávila, y para final de 2016 se presentarán cinco proyectos adicionales con un grado de complejidad más alto, al incluir temáticas de simulación para entrenamiento quirúrgico.

Actualmente con el proyecto de integración desde la Facultad de Diseño, se ha integrado conocimientos y oficios, con la ventaja de desplegar el know-how en detalle para el desarrollo particular de necesidades propias de cada asignatura en los procesos de enseñanza-aprendizaje de anatomía en sus diferentes particularidades, dando relevancia a las herramientas digitales y al desarrollo integrado, donde los estudiantes de diseño asumen la importancia de su trabajo en un equipo multidisciplinario desde una etapa temprana de formación y con un escenario amplio de exploración.



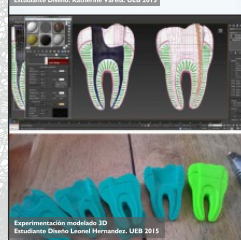
Experimentación en escultura digital. Esculturas Dentales Luciel Chaparro, UEB 2014



Modelo didáctico plastina - Anfibraura UEB



Experimentación, Impresión 3D FDM. Esculturas Dentales Katherine Varona, UEB 2015



Experimentación modelado 3D. Esculturas Dentales Luciel Harrold, UEB 2015

#### Conclusiones:

Los procesos de articulación de profesiones en un proyecto interdisciplinar dentro de una Universidad, es un desafío que tiene diferentes ámbitos de trabajo que deben ser sincronizados de forma tal, que el trabajo fluya y no se pierda en un mar de ideas en el aire que se olvidan con el tiempo. Se deben tener en cuenta factores temporales, de recursos, de sincronización de actividades, de formas y posturas de abordar un proyecto que por la naturaleza misma de diferenciación en los oficios y estructuras mentales de los integrantes de un proyecto pueden causar dificultades o por el contrario, oportunidades interesantes para ser explotadas.

Durante los ejercicios de aproximación con profesores de las diferentes asignaturas de Morfología y Anatomía de la Universidad hay algunas reflexiones que son importantes resaltar y enumerar que permitieron el desarrollo exitoso de los proyectos de grado de los diseñadores industriales orientados.

- Acuerdos de objetivos comunes donde ambas partes tengan un beneficio común.
- Intereses particulares a desarrollar, con los cuales se abre a objetivos no contemplados, enriqueciendo los proyectos.
- Disposición para trabajar a riesgo, en una actitud relajada en donde no hay mucho que perder si una idea no tiene éxito.
- Claridad en temas de derechos de autor, morales, de explotación y reconocimiento de los aportes de cada parte.

#### Resumen

La dirección de trabajos de grado bajo la temática de diseño y fabricación digital en la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación de la Universidad El Bosque (UEB) de Bogotá, tiene como objetivo consolidar las habilidades del oficial de diseñador industrial en formación, con un fuerte componente tecnológico, fortaleciendo sus habilidades de interacción y comunicación con terceros, aportando en su formación cognitiva y ejecución de proyectos de diseño interdisciplinarios con otros campos del conocimiento tradicionalmente no explorados, en este caso específico en la educación en ciencias de la salud, particularmente para los procesos de enseñanza - aprendizaje de anatomía en sus diferentes ámbitos y particularidades. Como materia experimental inicial se seleccionó el desarrollo de material didáctico físico tridimensional para aportar al enfoque educativo de las clases de anatomía y morfología dental de la Facultad de Odontología de la UEB, que sirvió como escenario de experimentación y que desencadenó la puesta en marcha de diversos proyectos similares con diferentes departamentos en la Universidad, pretendiendo facilitar la experiencia de enseñanza-aprendizaje, garantizando a los estudiantes una formación teórico-práctica a través de herramientas y recursos tridimensionales simuladores de la realidad, teniendo como característica una mejor apropiación de la información, a partir de la interacción directa con el conocimiento.

El presente artículo busca ejemplificar el uso que se le puede dar a las tecnologías de diseño y fabricación digital, para expandir el abanico de oportunidades que desde la academia se pueden transmitir a los estudiantes, y pueden comenzar a permear campos del conocimiento poco tradicionales para el oficial de diseñador industrial, desmitificando su perfil como solamente configurador de la forma, perfilándose como un articulador líder de proyectos en un ámbito de trabajo multidisciplinario.

Por medio de la planificación de un proyecto de diseño, profundizando el conocimiento en técnicas de modelado orgánico y escultura digital, y aprovechando el boom de la fabricación digital. Con impresoras 3D de modelado por deposición fundida (FDM) se pueden crear modelos didácticos complejos.

Desde la dirección de trabajos de grado, con la temática de diseño y fabricación digital y como estrategia para alimentar los resultados de la Investigación Doctoral en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), denominada "Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía. Caso Estudio: UEB", se presentan los resultados del primer año y medio de trabajo teniendo como base algunos resultados de trabajos de fin de carrera de los estudiantes bajo la dirección del profesor Juan Sebastián Ávila Forero, doctorando de la UPV.

Respecto por los procesos y estructuras mentales en la forma de abordar un proyecto desde diferentes miradas y oficios.

División del trabajo según las habilidades propias de cada integrante.

Interés por aprender de los procesos y particularidades de la otra profesión, sin llegar a tener un conocimiento profundo pero sí global de las actividades.

Apertura mental para entender que no hay solo una forma de entender y hacer las cosas, y los procesos tradicionales pueden ser enriquecidos por nuevas ideas o aproximaciones para lograr un objetivo común.

Entre las oportunidades a futuro del proyecto doctoral está el estudio y capacitación de casos clínicos específicos que requieren actividades prácticas antes de su implementación real, el estudio y planeación de procedimientos quirúrgicos, la fabricación de modelos anatómicos artificiales de estructuras anatómicas que son delicadas, difíciles de diseccionar y por tanto de estudiar. La instrucción a pacientes de procedimientos a los que serán sometidos y la posibilidad de transferir y justificar el conocimiento con medios físicos, fabricados de forma local a un costo menor, con la posibilidad de ser replicados, modificados y con un fácil mantenimiento de las piezas. Permitiendo la manipulación de los modelos anatómicos, sin daño de su estructura, fidelidad aproximada a los colores naturales e por el contrario la posibilidad de codificar con colores los detalles anatómicos de las piezas, atendiendo los desafíos de la educación en el siglo XXI con tecnologías contemporáneas

## 20.4. Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía. (Sd2016)

IFDP' 16 - Systems & Design: Beyond Processes and Thinking  
Universitat Politècnica de València, Spain, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.2955>

### Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía.

Ávila Forero, Juan Sebastián

PhD candidate. Universitat Politècnica de València. Spain. [juanseav@gmail.com](mailto:juanseav@gmail.com)

#### Resumen

*La dirección de trabajos de grado bajo la temática de diseño y fabricación digital en la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación de la Universidad El Bosque de Bogotá (UEB), tiene como objetivo consolidar las habilidades del oficio del diseñador industrial en formación, con un fuerte componente tecnológico, fortaleciendo sus habilidades de interacción y comunicación con terceros, aportando en su formación cognitiva y ejecución de proyectos de diseño interdisciplinarios con otros campos del conocimiento tradicionalmente no explorados, en este caso específico en la educación en ciencias de la salud, particularmente para los procesos de enseñanza - aprendizaje de anatomía en sus diferentes ámbitos y particularidades. Como temática experimental inicial se seleccionó el desarrollo de material didáctico físico tridimensional para aportar al enfoque educativo de las clases de anatomía y morfología dental de la Facultad de Odontología, que sirvió como escenario de experimentación y que desencadenó la puesta en marcha de diversos proyectos similares con diferentes departamentos en la Universidad, pretendiendo facilitar la experiencia de enseñanza-aprendizaje, garantizando a los estudiantes una formación teórico-práctica a través de herramientas y recursos tridimensionales -simuladores de la realidad-, teniendo como característica una mejor apropiación de la información, a partir de la interacción directa con el conocimiento. El presente artículo busca ejemplificar el uso que se le puede dar a las tecnologías de diseño y fabricación digital, para expandir el abanico de oportunidades que desde la academia se pueden transmitir a los estudiantes, y puedan comenzar a permear campos del conocimiento poco tradicionales para el oficio del diseñador industrial, desmitificando su perfil como solamente configurador de la forma, perfilándose como un articulador líder de proyectos en un ámbito de trabajo multidisciplinar. Por medio de la planificación de un proyecto de diseño, profundizando el conocimiento en técnicas de modelado orgánico y escultura digital, y aprovechando el boom de la fabricación digital. Con impresoras de modelado por deposición fundida (FDM) se pueden crear modelos didácticos complejos. Desde la dirección de trabajos de grado, con la temática de diseño y fabricación digital y como estrategia para alimentar los resultados de la Investigación Doctoral en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV), denominada "Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque de Bogotá - Colombia", se presentan los resultados del primer año y medio de trabajo teniendo como base algunos resultados de trabajos de fin de carrera de los estudiantes bajo la dirección del profesor Juan Sebastián Ávila, doctorando de la UPV.*

**Palabras clave:** *diseño, anatomía, enseñanza, impresión 3D, interdisciplinaridad.*



*Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.*

---

**Abstract**

*The present work is part of the Doctoral Research in Design, Manufacturing and Industrial Projects Management of the Universitat Politècnica de Valencia (UPV) and is incorporated in the PhD project called "The implementation of digital design and manufacturing technologies in the teaching of anatomy". It is based on the experience as a thesis director in the Design Faculty of the University El Bosque in Bogotá (UEB). The project discussed thereafter aims to strengthen the skills of students in Industrial design. With a strong technological component, the project's method relies on the elaboration of a design project, ersity El Bosque in Bog in order to deepen the knowledge of organic 3D modeling techniques and do strengthen the skills igital sculpture, taking advantage of the boom in digital manufacturing. Thlogical component, the e project focuses on strengthening the students' communicative and inten project, in order to dractive skills with third parties, it particularly empowers the cognitiques and digital sculpture abilities needed to work in an interdisciplinary environment. Here thuring. The project focuse study case concentrates on education in health sciences, specifically the tand interactive skillseaching and learning of anatomy in different disciplines. In the initial cognitive abilities nphase of the project, 3-dimensional physical teaching materials were selected to provide the pedagogical approach to Anatomy and Dental Morphology classes of the Faculty of Dentistry.*

*Said materials constituted the starting point for further experiences and indeed it triggered the implementation of various similar projects with other departments at the UEB, all aiming to facilitate the experience of teaching - learning, guaranteeing students a theoretical and practical training through three-dimensional resources. The main feature of such training consists in a better comprehension of information, thanks to a direct and concrete interaction. This article seeks to illustrate the use given to digital design and manufacturing technology to expand the range of opportunities that could be transmitted to students in academia and such process could permeate non-traditional fields for future industrial designers, demystifying their profile solely as form-esthetics configurators toward eventually emerging as leading projects coordinators in a multidisciplinary field of work. 3D printers of fused deposition modeling (FDM) can create complex didactic models. The present paper will discuss the results of the first year and a half of work based on the academic results of design students under the direction of Professor Juan Sebastián Ávila, PhD student at the UPV.*

**Keywords:** *design, anatomy, teaching, 3DPrint, interdisciplinary.*

---

Ávila-Forero, Juan Sebastián

## 1. Introducción

El presente artículo busca ejemplificar el uso que se le puede dar a las tecnologías de diseño y fabricación digital, para expandir el abanico de oportunidades que desde la academia se pueden transmitir a estudiantes de carreras afines al diseño y la creación, permeando campos del conocimiento poco tradicionales para el oficio del diseñador, desmitificando su perfil como solamente configurador de la forma y perfilándose como un articulador líder de proyectos en un ámbito de trabajo multidisciplinar de base tecnológica. Por medio de la planificación de un proyecto de diseño de forma estratégica, profundizando los conocimientos impartidos en técnicas de modelado orgánico y escultura digital, y aprovechando el *boom* de la fabricación digital, con ayuda de tecnologías como impresoras de modelado por deposición fundida (FDM) se pueden crear modelos didácticos complejos para la enseñanza de anatomía en diferentes ámbitos de aplicación como puede ser medicina, odontología o biología entre otros campos de difícil acceso para un estudiante de pregrado de una carrera como el diseño industrial.

## 2. Enseñanza de anatomía. Antecedentes



*Fig. 1. La lección de anatomía del Dr. Nicolaes Tulp - Rembrandt. El cuadro muestra una lección de anatomía impartida por el doctor Nicolaes Tulp a un grupo de cirujanos. El doctor Nicolaes Tulp está representado explicando la musculatura del brazo a profesionales de la medicina.*

Desde la academia los estudiantes de ciencias de la salud (Medicina, Odontología, Enfermería, etc) orientan su aprendizaje hacia la práctica clínica, destacando la información anatómica, útil para comprender funcionamientos, procesos exploratorios, enfermedades y tratamientos.

Existen tres métodos de aproximación hacia la enseñanza de la anatomía, descriptiva, topográfica y funcional: i), la anatomía descriptiva muestra cómo es la forma y la estructura de las partes del organismo; ii), la anatomía topográfica o regional divide el cuerpo en unidades imaginarias y convencionales, con objeto de establecer las relaciones espaciales de las distintas estructuras y iii), anatomía funcional, que busca la correlación existente entre las formas del organismo y las funciones que realizan, en un intento de captar la unidad entre forma y función en la materia viva.

Según las ideas del doctor Emilio Martínez (Martínez, 2012), actualmente existen diferentes modelos de enseñanza de la anatomía. Históricamente uno de los más representativos está basado en el estudio de especímenes en prácticas de laboratorio (secciones de cadáveres conservados), de vital importancia para



*Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.*

los estudiantes, al aproximarlos de una forma más realista a los procesos y tareas que llevarán a cabo en su vida profesional, pero que en términos prácticos son difíciles de gestionar. Esto puesto que necesitan de recursos financieros importantes para su consecución, licencias sanitarias, personal de mantenimiento específico, espacios adecuados para las prácticas, y no siempre se garantiza el buen estado de los especímenes para los procesos de enseñanza - aprendizaje que deben estar disponibles en las universidades. Por otra parte, los especímenes tienen la información real, pero no resaltan las características esenciales a estudiar, dificultando la comprensión de su anatomía.

Existe también una gran cantidad de autores y libros representativos que con gráficas de autor, dibujos o fotografías, ilustran con gran detalle y de forma extensa los sistemas anatómicos completos del cuerpo humano. En los últimos años, los modelos virtuales en tercera dimensión y aplicaciones (*apps*) educativas han incursionado con gran fuerza en todos los escenarios y experiencias de enseñanza - aprendizaje en todos los niveles educativos, lo que ha llevado a la masificación de la información, practicidad en los procesos de enseñanza, exactitud, transferencia y detalle de los elementos a estudiar.

Por otra parte, y como tema principal de estudio de este artículo, existen los modelos anatómicos artificiales tangibles, y modelos que por su origen y naturaleza de simulación son prácticos, útiles en procesos de enseñanza al segmentar con códigos de color, contrastes de material, forma o alfanuméricos, las diferentes estructuras anatómicas a estudiar, haciendo el proceso más sencillo de observar, entender y sentir su tridimensionalidad.



*Fig. 2. Modelo en plastilina del Nervio trigémino. Anfiteatro Universidad El Bosque. Septiembre 2014*

Aunque la conservación de estos modelos en el tiempo es larga y su mantenimiento es poco, muchas veces sus características morfológicas no corresponden a la realidad, al ser solamente modelos didácticos desarrollados sin una plataforma tecnológica adecuada, sin materiales acordes a las texturas encontradas en la realidad, y según el profesor Diego Aldana, - Odontólogo, docente y director de anatomía humana del anfiteatro de la Universidad -, principalmente, sin el apoyo de especialistas en la anatomía particular del modelo didáctico, que guíen el proceso de diseño y de representación tridimensional. Según sus afirmaciones, algunos modelos didácticos que se tienen en el laboratorio, son más decorativos que útiles, al no representar de forma fiel las estructuras anatómicas que los estudiantes deben aprender.

Bajo estas condiciones, la oportunidad de diseño se da en poder reemplazar esos modelos de aprendizaje por unos que estén fabricados con las condiciones técnicas, de diseño y calidad necesarios para su manipulación a gran escala, y con contenido educativo validado.



Ávila-Forero, Juan Sebastián

### 2.1. Modelos anatómicos, antecedentes y actualidad.

Los primeros modelos tridimensionales anatómicos se remontan al siglo XVIII, donde se documentan las primeras aproximaciones de representar estructuras a través de modelos de cera de abejas, donde médicos-anatomistas con un estricto rigor artístico y científico, construían esculturas anatómicas totalmente a mano, conocidas inicialmente como *Ceras Anatómica* (RIVA, 2001), estos primeros modelos anatómicos explicaban la evolución y las singularidades de la especie humana para poder transmitirlos a aprendices, siguiendo la tradición del humanismo científico, que consideraba que se podía mejorar la humanidad a través de la transmisión del conocimiento.



Fig. 3. Visita de estudiantes de Diseño de producto y trabajo de grado a una lección de anatomía en el anfiteatro de la Universidad. Marzo 2015.

Los modelos anatómicos, son maquetas artificiales tridimensionales que buscan una aproximación a la morfología de un cuerpo y ayuda a su entendimiento, fabricados con la finalidad pedagógica de estudiar y entender la anatomía de un espécimen. Los diversos cambios y evolución en tecnologías, materiales y métodos de fabricación han influenciado de forma directa el avance y las técnicas de investigación y desarrollo de estos modelos, que actualmente se apalancan en el diseño asistido por computador, captura de información en tres dimensiones y tecnologías de impresión tridimensional para crear modelos de fácil manipulación, resistentes y a costos razonables para las dinámicas actuales de enseñanza, en donde los estudiantes están más involucrados en procesos de interacción directa con información específica.

*Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.*



Fig. 4. Modelo anatómico de cuello y cabeza en polímeros de alto impacto. Anfiteatro Universidad Universidad El Bosque – Bogotá

Adicionalmente existe la plastinación, una técnica de preservación de material biológico desarrollada por el médico Alemán Gunther Von Hagens, utilizada por un centenar de instituciones y laboratorios alrededor del mundo para conservar por medio del reemplazo de tejidos orgánicos con polímeros especímenes anatómicos fieles a los originales. (LÓPEZ, 2012)

Entre los ejemplos específicos del avance en estas técnicas y ramas de estudio, encontramos diferentes referentes de trabajo en el mundo denominados *Bioréplicas*, estructuras que intentan reproducir de forma fidedigna modelos anatómicos para ser implantados en pacientes. (CALVO-GUIRADP, 2011) En un nivel inferior, encontramos los modelos comerciales que reproducen sistemas fisiológicos y morfológicos que con texturas, colores y simulación de su biomecánica no totalmente realista, se utilizan como medio para ilustrar de forma didáctica y de visualización los sistemas que componen la anatomía humana.

Los modelos anatómicos que se encuentran en el mercado, según especialistas consultados en la Universidad El Bosque tienen bastantes limitaciones en su forma de presentación y muchos de ellos no tienen una morfología apta para su estudio, sus técnicas de fabricación no los hacen aptos para un uso a gran escala, al ser manipulados por una gran cantidad de estudiantes de ciencias de la salud año a año. Aunque existe una gran variedad de modelos anatómicos que reproducen con un nivel de precisión bastante elevado los detalles de las estructuras anatómicas y de cada uno de sus segmentos, estos tienen cualidades y puntos débiles ya sea por sus relaciones de costo, oferta, precisión, o distribución, que los hacen no ser los más adecuados para adquirir por instituciones educativas.

En Colombia y particularmente en las universidades, algunos modelos son desarrollados por el propio interés de profesores e investigadores, o por los propios estudiantes interesados en alguna temática en particular, con materiales poco duraderos a través del tiempo como yeso, plastilinas, espumas de poliuretano, entre otras, con una baja o nula capacidad de reproducción serial y con una capacidad deficiente en su manipulación, en muchos casos son más objetos de decoración y ambientación, que verdaderos modelos didácticos de estudio.

Ávila-Forero, Juan Sebastián



Fig. 5. Modelo anatómico de un molar humano, fabricado por estudiantes y docentes de la Facultad de odontología de la Universidad.

Por otra parte, los modelos didácticos y libros de anatomía representan en muchas ocasiones conceptos errados de las verdaderas estructuras anatómicas que se pueden encontrar en un espécimen; sin embargo, estas diferencias son positivas en el sentido que ningún espécimen es igual a otro, lo que ayuda a los estudiantes a identificar elementos anatómicos generales mejorando su riqueza sensitiva; conceptos como que las arterias son rojas, las venas son azules y los órganos de colores son solamente estrategias comunicativas y didácticas que ayudan a ilustrar y reforzar los conceptos desde un punto de vista académico, enseñando que no hay estructuras perfectas ni caminos estandarizados en el conocimiento anatómico.

Aunque es de vital importancia el aprendizaje a través del contacto con órganos reales con técnicas como la disección y la prosección<sup>75</sup>, existe una tendencia creciente en la búsqueda y desarrollo de simuladores que ayuden a mejorar las experiencias de enseñanza - aprendizaje, teniendo una alta tendencia hacia la virtualización y el desarrollo de herramientas tecnológicas de aprendizaje basados en la representación 3D en interfaces 2D (pantallas táctiles), que aunque tienen la ventaja de la transferencia, exactitud en la representación e interactividad, pierde en materialidad y en la aproximación a las características sensoriales en los procesos de formación teórico - práctica.

### 3. Diseño y fabricación digital

El auge y desarrollo de los últimos años en temas relacionados con el diseño y la fabricación digital en la academia, ha tomado mucha fuerza dada la popularización y reducción de costos en la adquisición de los dos grandes segmentos que componen esta área de desarrollo, software y hardware. En 2009 con la

<sup>75</sup> Prosección implica la disección de un cadáver por un profesional, para el propósito de demostrar técnicas específicas y las características anatómicas de interés particular

### Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.

Expiración de las patentes de tecnologías *FDM Fused Deposition Modeling* o Modelado por deposición fundida popularmente conocido como impresión 3D, (HERNÁNDEZ, 2013) ha atraído a grandes empresas y empresas emergentes a tener su propia oferta de impresoras, escáner y software 3D entre otros dispositivos.

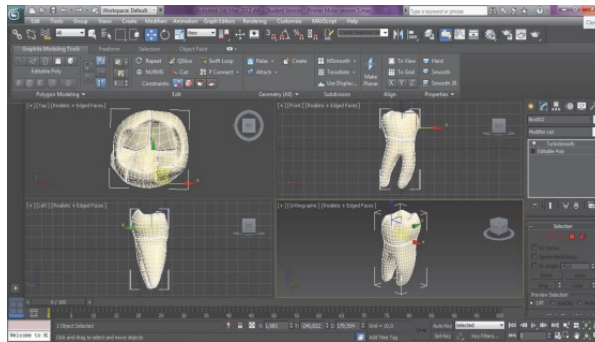


Fig. 6. Proceso parcial de modelado orgánico en 3D Max, estudiante de trabajo de grado Laura Chaparro - UEB.

Cabe aclarar que esto no significa que aún sea para uso popular como una impresora casera dada su complejidad técnica, y conocimientos específicos para poder obtener un modelo impreso, aunque el concepto de impresora 3D personal todavía está en evolución, ha atraído a diferentes ámbitos del conocimiento a integrar estas tecnologías en sus procesos, generando espacios de trabajo interesantes que aún están en etapa de maduración.

Como resultado de estos procesos la impresión 3D de bajo costo *FDM*, se está introduciendo en el ámbito académico, resultando en nuevas posibilidades de educación que desde el Diseño, puede ayudar a permear otras profesiones, en este caso las ciencias de la salud. Como experiencia a resaltar en la Universidad El Bosque se ha encontrado una relación directa entre la demanda de modelos didácticos para la enseñanza de Anatomía de facultades como Odontología o Medicina y los procesos de desarrollo en diseño orgánico, escultura y fabricación digital que se llevan a cabo en la facultad de Diseño y su laboratorio de modelos y prototipos donde la teoría se transfiere rápidamente a objetos físicos, que se pueden tocar y validar en un ambiente educativo.

#### 4. Línea de investigación en tecnologías aplicadas al diseño de productos. Facultad Diseño, Imagen y Comunicación UEB.

El desarrollo de modelos, material didáctico y de simulación para áreas de la salud de la Universidad El Bosque, es algo que cada disciplina gestiona de forma independiente con sus propios recursos recurriendo a proveedores externos para adquirir materiales educativos. Actualmente con el proyecto de integración desde la Facultad de Diseño, se ha generado integrando conocimientos y oficios comenzado a desarrollar proyectos de simulación, donde la formulación de proyectos, la fabricación y la gestión inter facultades se articulan para crear interfaces de aprendizaje bajo la mirada y metodologías del diseño industrial, con la ventaja de desplegar el *know-how* en detalle para el desarrollo particular de necesidades propias de cada

Ávila-Forero, Juan Sebastián

asignatura en los procesos de enseñanza-aprendizaje de anatomía en sus diferentes particularidades, dando relevancia a las herramientas digitales y al desarrollo integrado, donde los estudiantes de diseño asumen la importancia de su trabajo en un equipo multidisciplinar desde una etapa temprana de formación y con un escenario amplio de exploración.



Fig. 7. Profesor Andrés Rodríguez de la facultad de Odontología y la estudiante Laura Chaparro de Diseño Industrial en una sesión de retroalimentación con modelos previos de comprobación con modelos impresos en 3D.

#### 4.1. Resultados

Hasta el primer semestre de 2016 se han desarrollado siete proyectos relacionados con la temática planteada en este artículo dentro de la línea de investigación formada a mediados de 2014 por el profesor Juan Sebastián Ávila, y para final de 2016 se presentarán cinco proyectos adicionales con un grado de complejidad más alto, al incluir temáticas de simulación para entrenamiento quirúrgico.

El primer proyecto fue presentado en la novena edición del salón académico de la Universidad El Bosque en el mes de Mayo de 2015 a cargo de la estudiante Laura Chaparro, en un trabajo conjunto entre la Facultad de Diseño y la Facultad de Odontología específicamente para la asignatura de Morfología dental a cargo del Doctor Andrés Rodríguez, docente de la asignatura y que participó activamente en el desarrollo del proyecto piloto. Resultando en el desarrollo de un modelo didáctico del Molar Inferior # 36 con técnicas de diseño y fabricación digital para facilitar la experiencia de enseñanza.

##### 4.1.1. Anatomical 3D.

Proyecto para el desarrollo de material didáctico para la enseñanza de morfología dental por medio de herramientas de escultura digital, impresión 3D con enfoque multidisciplinar.

*Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.*



*Fig. 8. Modelos impresos finales en PLA, esculpidos digitalmente y pintados a mano, estudiante dirigido Laura Chaparro.*

Posteriormente partiendo del interés de diferentes facultades por integrarse al proyecto surgieron seis proyectos más que fueron presentados en el décimo salón académico de diseño en diciembre de 2015. Lo más interesante de este proceso fue la diversidad y particularidades que alimentaron la investigación doctoral titulada *Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque de Bogotá - Colombia*. A continuación algunos resultados obtenidos durante la exploración.

#### *4.1.2. Ana-Tommy.*

Análisis exploratorio de modelado 3D, escultura y pintura digital para la fabricación de productos industriales. Proyecto de diseño de juguetes didácticos para la enseñanza de anatomía a niños, con el cual se busca profundizar en técnicas de fabricación digital contemporáneas con énfasis en escultura digital.



Ávila-Forero, Juan Sebastián



Fig. 9. Modelos impresos con tecnología FDM, esculpidos digitalmente y pintados a mano, estudiante dirigido Felipe Fuentes.

#### 4.1.3. Bio-Fun.

Modelo didáctico de sistemas anatómicos de la Iguana como contribución al material didáctico al Museo de Biología de la Universidad, con este proyecto se busca expandir el espectro de trabajo a la anatomía animal y vegetal, como estrategia para encontrar nuevos focos de trabajo, bajo el mismo esquema de investigación, diseño y fabricación.

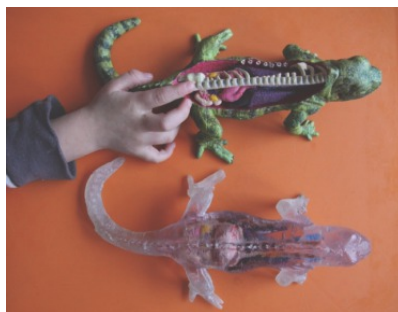
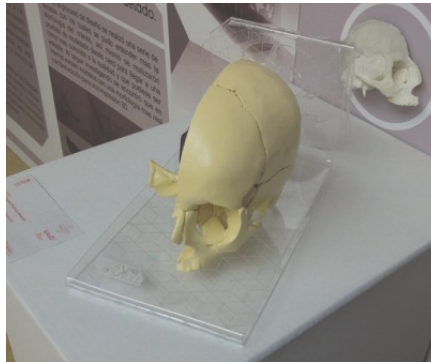


Fig. 10. Modelos impresos con tecnología FDM, esculpidos digitalmente, pintados a mano y reproducidos a través de moldes de silicona, estudiante dirigido Santiago Ramírez.

*Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.*

#### 4.1.4. Break - Skull.

Modelo didáctico del cráneo, corte sagital y partes internas. Proyecto con alto grado de complejidad dada las estructuras internas externas e internas en la morfología del cráneo humano. Relación profesor - estudiantes.



*Fig. 11. Modelos impresos con tecnología FDM, de los huesos que componen el cráneo humano, ensamblados con imanes internos para no alterar la morfología real del cráneo, permitiendo ver las relaciones espaciales entre los huesos. Estudiante dirigido Daniel Pedraza.*

#### 4.1.5. Organ.

Modelo didáctico de la anatomía interna y externa del corazón humano. Proyecto bandera, con el cual se busca ejemplificar de forma clara el potencial que tiene el proyecto macro de permear diferentes profesiones desde la visión del diseño industrial. Caso estudio relación profesor - estudiantes

Ávila-Forero, Juan Sebastián



Fig. 12. Modelos impresos con tecnología FDM, de la anatomía interna y externa del corazón humano. Estudiante dirigido: Katherine Varela.

#### 4.1.6. Modeumo.

Modelo didáctico de la anatomía del sistema respiratorio humano. Proyecto con alto grado de complejidad desde el punto de vista educativo, dada las estructuras tan finas y poco visibles en los especímenes de estudio reales. Caso estudio relación profesor - estudiantes.



Fig. 13. Modelos impresos con tecnología FDM, estructuras encapsuladas. Estudiante dirigido: Juan Diego Erazo.

*Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.*

#### 4.1.7 Knee 3D

Modelo didáctico del sistema de articulación de la rodilla. Proyecto con el cual se busca profundizar en las técnicas de producción y materiales que simulen las estructuras de una articulación. Se cambia el paradigma en la relación entre profesionales – pacientes



*Fig. 14. Modelo impresos con tecnología FDM con filamentos flexibles. Estudiante dirigido: Sebastián Gómez.*

### 5. Reflexiones sobre la experiencia de desarrollo conjunto entre la Facultades de Odontología y Medicina con la Facultad de Diseño.

Los procesos de articulación de profesiones en un proyecto interdisciplinar dentro de una Universidad, es un desafío que tiene diferentes ámbitos de trabajo que deben ser sincronizados de forma tal, que el trabajo fluya y no se pierda en un mar de ideas en el aire que se olvidan con el tiempo. Se deben tener en cuenta factores temporales, de recursos, de sincronización de actividades, de formas y posturas de abordar un proyecto que por la naturaleza misma de diferenciación en los oficios y estructuras mentales de los integrantes de un proyecto pueden causar dificultades o por el contrario, oportunidades interesantes para ser explotadas.

Durante los ejercicios de aproximación con profesores de las diferentes asignaturas de Morfología y Anatomía de la Universidad hay algunas reflexiones que son importantes resaltar y enumerar que permitieron el desarrollo exitoso de los proyectos de grado de los diseñadores industriales orientados.

- Acuerdos de objetivos comunes donde ambas partes tengan un beneficio común.
- Intereses particulares a desarrollar, con los cuales se aporte a objetivos no contemplados, enriqueciendo los proyectos.
- Disposición para trabajar a riesgo, en una actitud relajada en donde no hay mucho que perder si una idea no tiene éxito.
- Claridad en temas de derechos de autor, morales, de explotación y reconocimiento de los aportes de cada parte.

Ávila-Forero, Juan Sebastián

- Respeto por los procesos y estructuras mentales en la forma de abordar un proyecto desde diferentes miradas y oficios.
- División del trabajo según las habilidades propias de cada integrante.
- Interés por aprender de los procesos y particularidades de la otra profesión, sin llegar a tener un conocimiento profundo pero sí global de las actividades.
- Apertura mental para entender que no hay solo una forma de entender y hacer las cosas, y los procesos tradicionales pueden ser enriquecidos por nuevas ideas o aproximaciones para lograr un objetivo común.

El impacto del proyecto de grado denominado *Anatomical 3D*, modelo anatómico para enseñanza de anatomía y morfología dental ya se encuentra en uso y está previsto su uso para profesiones como Instrumentación Quirúrgica y Enfermería en las clases de morfología y anatomía de primer semestre, en Odontología en primer, segundo y tercer semestre en la asignatura de Básicas Odontológicas y Morfología Dinámica, y en Medicina en el curso de Premédico y Anatomía y Morfología de tercer y cuarto semestre. Trascendiendo de los métodos y medios tradicionales con interfaces tridimensionales didácticas que ayuden en la experimentación de métodos de enseñanza dentro de la Universidad. Para mediados del año 2017 se está trabajando en el desarrollo de una plataforma que cobije todos los proyectos en desarrollo con el fin de unificar métodos proyectuales, de diseño, fabricación y validación de los resultados.

Entre las oportunidades a futuro del proyecto doctoral está el estudio y capacitación de casos clínicos específicos que requieren actividades prácticas antes de su implementación real, el estudio y planeación de procedimientos quirúrgicos, la fabricación de modelos anatómicos artificiales de estructuras anatómicas que son delicados, difíciles de diseccionar y por tanto de estudiar. La instrucción a pacientes de procedimientos a los que serán sometidos y la posibilidad de transferir y masificar el conocimiento con modelos físicos, fabricados de forma local a un costo menor, con la posibilidad de ser replicados, modificados y con un fácil mantenimiento de las piezas.

Permitiendo la manipulación de los modelos anatómicos, sin daño de su estructura, fidelidad aproximada a los colores naturales o por el contrario la posibilidad de codificar con colores los detalles anatómicos de las piezas, atendiendo los desafíos de la educación en el siglo XXI con tecnologías contemporáneas.

## 6. Referencias

- ALESSANDRO RIVA / ATTILOP BAGHINO. Historia de las ceras anatómicas de Cagliari en Cerdeña. Elementos: Ciencia y cultura. Junio-Agosto, 2001/vol.8. Número 042. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. <<http://www.elementos.buap.mx/num42/pdf/Elem42.pdf>>
- CALVO-GUIRADO, J., MATÉ-SANCHEZ, J., DELGADO-RUIZ, R., & RAMÍREZ-FERNÁNDEZ, M. (2011). Calculation of bone graft volume using 3D reconstruction system. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 16(2), e260. <[http://www.medicinaoral.com/pubmed/medoralv16\\_i2\\_p260.pdf](http://www.medicinaoral.com/pubmed/medoralv16_i2_p260.pdf)>
- LÓPEZ, L. A. (19 de 06 de 2012). Exploración de la técnica de plastinación en la preparación de modelos anatómicos como material docente para la enseñanza de la Morfología Humana en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Morfología Humana. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en* <http://www.bdigital.unal.edu.co/8938/1/05599078.2012.pdf>> [Consulta: Enero de 2016]

*Diseño de material didáctico para la enseñanza de la anatomía.*

HERNÁNDEZ CASTELLANO, P. (2013; 2012;). *Guía práctica de rapid manufacturing*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica. < <http://biblos.uamerica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=573778>> [Consulta: 15 de Enero de 2016]

MARTINEZ MARRERO, E. *Cómo estudiar anatomía* / Emilio Martínez Marrero -Barranquilla: Editorial Universidad del Norte, (2012). ISBN 978-958-741-172-0 1.





20.5. Póster presentado en el III Encuentro de Doctorando UPV. - 2016

**Implementación de tecnologías de**

# Diseño y Fabricación Digital

Caso Estudio: **Universidad El Bosque de Bogotá - Colombia**

---

**Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales - UPV**

Doctorando UPV: Prof. M.Sc. **Juan Sebastián Ávila - Colombia** [avilajuan@unbosque.edu.co](mailto:avilajuan@unbosque.edu.co)  
 Director UPV: Prof. Ph.D. **Manuel Martínez Torán** [mmtoran@idf.upv.es](mailto:mmtoran@idf.upv.es)

**aplicadas en la enseñanza de Anatomía.**

**Mapa de Objetivos**

**Objetivos**

**Objetivos de la tesis doctoral:**

- 1. Diseñar y fabricar modelos tangibles de estructuras anatómicas complejas.
- 2. Desarrollar metodologías de enseñanza basadas en modelos tangibles.
- 3. Evaluar el impacto de los modelos tangibles en el aprendizaje de la anatomía.

**Cronograma Doctoral - Etapas de desarrollo**

**Resultados previstos**

La propuesta de investigación busca consolidar canales de relacionamiento efectivo entre las diferentes facultades que componen la Universidad El Bosque de Bogotá (UEB), reconocida en la región por su interés en el desarrollo de la salud y calidad de vida a través de proyectos de base tecnológica, teniendo como eje integrador la carrera de diseño industrial con otras profesiones como Odontología, Medicina y Biología en un ambiente académico e investigador. Concretamente se busca aplicar tecnologías y técnicas de diseño y fabricación digital para la creación de productos bajo el modelo de autorproducción, que ayuden a mejorar diferentes aspectos en los procesos de enseñanza - aprendizaje en áreas de la salud, hasta llegar a la simulación de procedimientos médicos a partir de modelos de entrenamiento en las actividades de formación académica.

Actualmente a partir de proyectos de final de carrera de Diseño Industrial de la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación de la Universidad El Bosque y Facultades de Medicina y Odontología se han desarrollado proyectos interesantes en un escenario de co-creación entre estudiantes y docentes con diferentes perfiles de conocimientos, pero con el mismo interés por la aplicación de tecnologías como la impresión y el escáner 3D, el corte y grabado láser, la escultura digital, la personalización y la producción local en un proyecto de diseño.

Entre los proyectos desarrollados se encuentran materiales didácticos y sistemas de enseñanza tangibles diferentes escenarios para Medicina y Odontología bajo una filosofía Maker, teniendo los procesos: investigativos multi y transdisciplinarios, creativos, de diseño, fabricación, simulación y corrección como los grandes factores para articular un escenario de trabajo físico, cursos integrados y un laboratorio de modelos y prototipos para las áreas de la salud, que he denominado FabLab-MedLab, (Fabrication Laboratory, Medical Laboratory), el cual será un espacio de producción de objetos físicos y digitales a escala personal que agrupará tecnologías contemporáneas de fabricación digital enfocadas en el desarrollo de material personalizado para apoyar la industria de la salud.

Partiendo de las metodologías y el oficio del diseño industrial, se han desarrollado más de ocho proyectos para y desde la academia, como primer escenario de intervención y experimentación, posteriormente se plantea una estrategia para prestar servicios a particulares u otras instituciones que no cuenten con la plataforma necesaria para la elaboración de proyectos integrados en relación con la temática propuesta, de igual forma se proyecta crear diferentes spin-off y cursos de formación en temas de fabricación digital aplicadas en salud.

Para ejemplificar sólo uno de los múltiples proyectos en los cuales se ha estado trabajando, está la creación de modelos tangibles de enfermedades no tradicionales que trascienden los libros de texto o las aplicaciones digitales de visualización en 3D a través de pantallas 3D, en una interfaz sensorial táctil, impresa o fabricada en tres dimensiones que simule tejidos, texturas, volumetrías y facilite la comprensión de los estudiantes, docentes y pacientes. Con estos tipos de proyecto se contribuye al crecimiento de diferentes profesiones dentro de la misma universidad con un enfoque integrador que responde a las necesidades latentes dentro de las dinámicas actuales de la industria y la educación.

Proyecto: Modelos Médicos Didácticos  
Ejecutado por: Diego Estrella  
Fecha: 05/12/2015 con FabLab-UEB

Proyecto: Modelos Médicos Didácticos  
Ejecutado por: Diego Estrella  
Fecha: 05/12/2015 con FabLab-UEB

Proyecto: Modelos Médicos Didácticos  
Ejecutado por: Diego Estrella  
Fecha: 05/12/2015 con FabLab-UEB

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE**  
Colombia

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
España



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CERTIFICATE OF ATTENDANCE  
CERTIFICADO DE ASISTENCIA

The Universitat Politècnica de València certifies that

**JUAN SEBASTIAN AVILA FORERO**

passport 80904248, attended the event **Systems & Design: Beyond Processes and Thinking**, held from 6/22/16 to 6/24/16 (mm/dd/yy), and in witness whereof, I hereby sign this certificate.

The participant presented contributions. Titles on the back.

La Universitat Politècnica de València certifica que

**JUAN SEBASTIAN AVILA FORERO**

con pasaporte número 80904248, ha participado en el evento **Systems & Design: Beyond Processes and Thinking**, realizado del 22/06/16 al 24/06/16, y para que conste a los efectos oportunos, se expide el presente certificado.

El participante ha presentado comunicaciones. Títulos al dorso.



## 20.6. Factores para considerar el precio de venta - Proyecto AtlasPro.

B2C: Del negocio al consumidor: La estrategia de colocación de precio se basará en el concepto de “elasticidad en el precio de la demanda” que se usa para medir la capacidad de respuesta que tiene un producto frente a un cambio de precio. En el caso de los productos desarrollados hasta el momento del proyecto, se propone una estrategia de demanda inelástica en los modelos anatómicos personalizados, la variación en el precio del producto tiene una variación prácticamente nula en la cantidad demandada.

$E_d = \text{Variación porcentual en la cantidad demandada} / \text{variación porcentual del precio}$

$$E_d = (\Delta Q_d / Q_d) / (\Delta P / P)$$

$$E_d = < 1$$

Se deben contemplar los posibles productos sustitutos ya que la demanda puede volverse elástica, pero al ser un producto diferenciador el riesgo es bajo. El precio definido en la estrategia de lanzamiento si se hablara del producto (Bien tangible) deberá permanecer pese a la llegada de posibles competidores o la alta demanda al ser un producto diferenciador, novedoso y estable en el tiempo (no pierde vigencia). Sin embargo en este punto del proyecto se recomienda que el precio de venta se base en la transferencia del know - how del proyecto a una empresa o emprendimiento interesado en explotar los desarrollos obtenidos hasta el momento.

La marca y la licencia de uso de este desarrollo, debe realizarse con mucha atención en relación a las cláusulas, lineamiento y políticas de uso y explotación comercial. Cabe recordar que la protección de marca, el respaldo y los valores que se quieren transmitir deben ser cuidados desde el momento que se decide salir al mercado. Son bienes intangibles costosos que puede determinar el futuro a largo plazo de un proyecto.

Pasos para poder definir el precio:

B2B:

- Objetivo General: Desarrollar la experiencia con la industria para que exploten los desarrollos de la Universidad aportando al desarrollo de la industria e innovación del país.
- Objetivo Específico: Crear una política de transferencia para futuros desarrollos.

B2C:

- Objetivo General: Posicionar a la Universidad El Bosque en el mercado de modelos de prototipos personalizados y de simulación para Universidades que se especializan en áreas de la salud.

- Objetivos Específicos:

1) Incrementar el market share anual en un 10 % en el mercado.

2) Mejorar su perfil competitivo en temas de innovación frente a la comunidad de educación superior.

Determinar la demanda: Este punto de análisis debe realizarse con una curva de demanda, que muestra el número de unidades que pueden ser absorbidas por el mercado en un periodo en particular.

Para estimar la curva de la demanda se debe analizar la información estadística de años anteriores de comercializadores que tengan valores y correspondencias similares en el segmento de mercado a capturar. Aunque es difícil encontrar los presupuestos exactos de gastos de las unidades específicas de mantenimiento, y dotación de laboratorios en universidades, se realizaron preguntas informales y búsquedas en internet que demuestran que los centros educativos destinan sumas importantes en materiales de estudio didácticos, suministros y adquisición de bienes tecnológicos. Este análisis debe realizarse en una etapa posterior del proyecto. Cabe resaltar que en el segundo semestre de 2016, el anfiteatro de la UEB realizó una inversión de más o menos ciento cincuenta millones de pesos en modelos anatómicos de la marca 3B Scientific, unos 50 mil Euros aproximadamente. Este levantamiento de información debe desarrollarse con el acompañamiento de toda la cadena productiva, por consiguiente en este momento sería irresponsable realizar esta proyección sin los datos reales.

Estimar costos: Target return Price: La estrategia recomendada para establecer un precio que permita alcanzar un valor objetivo del rendimiento de Capital o ROI de los productos desarrollados es:

$$\text{Precio: } C_v + (C_f / Q) + (\text{deseable ROI} * \text{capital invertido}) / \text{unidades vendidas.}$$

Este tipo de asignación de precios puede ser utilizado ya que no tiene en cuenta la elasticidad del precio y contamos con un producto inelástico. Tampoco tiene en cuenta los precios de los competidores pero estos se pueden analizar previamente a establecer el % del ROI que queramos obtener.

Calificación de atributos: Fijación de precios por Valor percibido: Es la percepción del cliente de nuestro producto con respecto a la competencia. La diferencia que aprecia el cliente entre el total de ventajas y el total de costos que supone una oferta respecto de las demás ofertas de la competencia. El valor total es el valor monetario percibido del conjunto de ventajas económicas, funcionales y psicológicas que esperan los clientes de una forma concreta. Se le da un peso de importancia a cada atributo y la Importancia de los atributos del producto en el mercado A ( un 50%), B ( 30%), C (20%).

A: Función de apoyo didáctico, aproximación a una estructura morfológica

B: Calidad Materiales Manipulación

C: Integración de materiales y nivel de detalle en texturas, sensaciones táctiles y visuales.

D: Personalización / capacidad de respuesta a un nuevo requerimiento

Por ejemplo para el caso de los modelos anatómicos y de simulación la calificación de los atributos (de 0 a 50) se distribuyen de la siguiente manera, al incluir un nuevo valor diferencial que es la personalización:

A (40), B (30), C (15), D (15)

### Seleccionar el precio final:

Se pueden utilizar estos dos tipos de estrategias de precios según el tipo de estrategia de venta que la Universidad considere con la alianza estratégica; penetración del mercado: Es utilizado para poder obtener una entrada rápida y significativa en el market share teniendo un nuevo producto estableciendo un precio bajo en el mercado. El precio bajo atrae la atención de posible compradores. Para poder iniciar con un precio bajo el negocio debe ser capaz de producir con costos bajos o tener una financiación del gobierno o a fondo perdido para que pueda sostener los precios iniciales.

Precio de las líneas de producto: Es usado comúnmente cuando se tiene más de un producto en una línea. Al tener un rango de productos el precio refleja los beneficios de las partes del rango. El objetivo de éste tipo de estrategia para establecer el precio es de maximizar ganancias, entre más características y diversidad se ofrezca, los consumidores pagarán más. Los desarrollos de modelos anatómicos y de simuladores de entrenamiento podría dividirse en set por órganos, set por sistemas o por las tipología que deben ser consultadas con especialistas de cada una de las áreas de interés.

La decisión de hacer o comprar es el acto de elegir entre la fabricación de un producto en la empresa o comprar el producto a un proveedor externo. En una decisión de hacer o comprar, los factores más importantes a considerar son parte del análisis cuantitativo, tales como los costes asociados a la producción y si la empresa tiene la capacidad de producir en los niveles requeridos. A continuación se hace un análisis de la viabilidad entre la posibilidad que tendría la UEB de fabricar sus propios modelos anatómicos con potencial de expansión y comercialización en otras instituciones, enfocándonos solamente en los productos desarrollados hasta el momento, y que fueron desarrollados para realizar la prueba de concepto. En esta primera opción se hace necesaria la organización de todos los recursos necesarios para poder crear el modelo de operación completo y crear alianzas con proveedores externos que se enfoquen en las operaciones que no tienen relación con la creación de conocimiento y desarrollo de producto como concepto.

Factores influenciados en la decisión del proceso de planeación del proyecto, definición como preguntas que debe responder a futuro:

- Situacional / ambiental: Tecnología disponible, nivel de innovación de la idea, tiempo de entrega
- capacidad de respuesta, situación de los competidores, valor de la compra, costo de financiamiento, nivel de riesgo, situación económica.
- Organizacional: Objetivos empresariales, políticas, procedimientos internos, cultura corporativa.

- Estratégico: Dependiendo de qué tipo de objetivo quiere llegar a obtener la universidad con éste proyecto, si lucrativo o posicional
- Reconocimiento del problema/ necesidad: Son suficientes las circunstancias existentes para implementar nueva infraestructura y activar el proceso de desarrollo del proyecto, los equipos son obsoletos, es alta capacidad de producción, desarrollo de nuevos productos , insatisfacción en tiempos de entrega.
- Identificación de recursos faltantes y búsqueda de las especificaciones técnicas de la adquisición: Se debe utilizar un recursos de la institución para poder realizar el proceso de compra evaluando las diferentes alternativas y costos de las cotizaciones.
- Post servicio: Costos de mantenimiento, insumos requeridos.

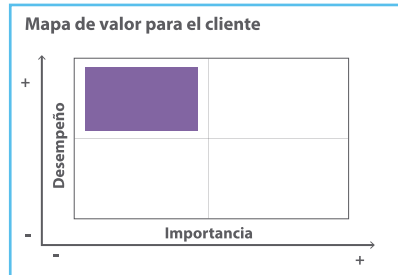
<b>Función</b>	<b>Principales preocupaciones en el proceso de decisión de desarrollo interno y alianzas operacionales de fabricación.</b>
<b>Producción</b>	Fiabilidad del producto proyectado y puntualidad de entrega. Colaboración de los proveedores en situaciones de emergencia.
<b>Marketing y ventas</b>	Efectos sobre la comercialización de productos de la compañía en relación a la imagen de la Universidad.
<b>Planeación/ Ingeniería</b>	Reputación de proveedores /referencias Habilidad para conocer las especificaciones Confiabilidad
<b>Administración</b>	Efecto de la compra en Flujo de Caja, estado de resultados, estructura de costos, Balance general. Alternativas de compra, comprar, hacer, arrendar.
<b>Compras</b>	Buscar el precio más adecuado con la calidad adecuada. Mantenimiento de buenas relaciones.

Tabla 5: Tabla de principales preocupaciones en el proceso de toma de decisiones



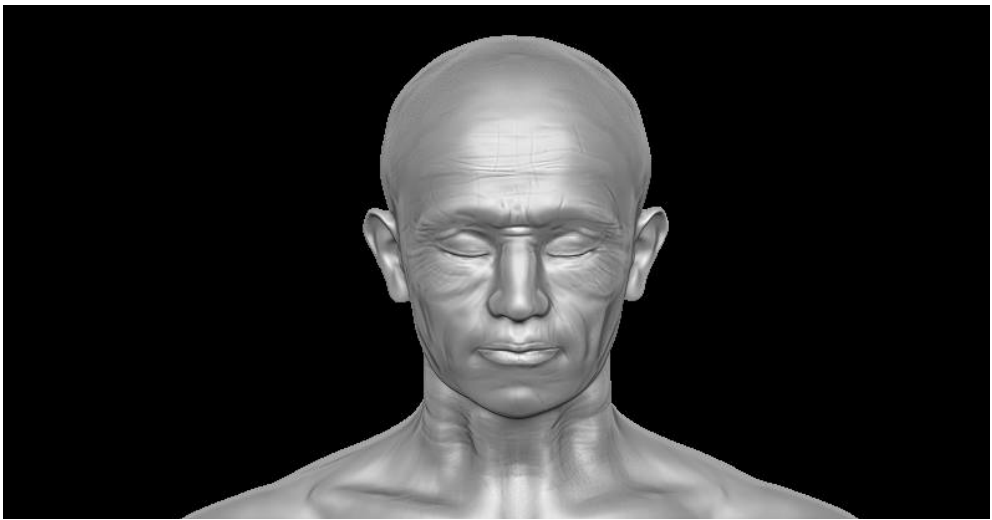
### Mapa de Valor:

Analizaremos el mapa de valor del cliente para visualizar los movimientos estratégicos que se pueden realizar a partir del valor percibido por el cliente. El valor competitivo del proyecto se puede poner a prueba realizando un análisis de valor del consumidor y determinando la posición comparándolo con la competencia. Las empresas que tienen una posición fuerte en el mapa tendrán éxito y si es débil puede servir para poder tomar decisiones óptimas para el negocio.



*Mapa de valor para el cliente.*

El proyecto se localiza en una situación de desempeño sobresaliente ante un atributo de inferior importancia (cuadrante superior izquierdo), por lo cual la mejor opción es pensar en transferir recursos a otro proveedor, con mejores perspectivas de retribución. Podría, también, estudiarse la viabilidad de "vender" la idea de la importancia del atributo.



**20.7. IV Congreso internacional de salud ambiental y ocupacional. UEB**

**LA DIVISIÓN DE POSGRADOS Y FORMACIÓN AVANZADA, LA ESPECIALIZACIÓN EN ERGONOMÍA Y LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUADA DE LA UNIVERSIDAD EL BOSQUE**

Otorgan el presente certificado a

**JUAN SEBASTIÁN ÁVILA**

Quien participó como Conferencista en el

**IV CONGRESO INTERNACIONAL DE SALUD AMBIENTAL Y OCUPACIONAL**

Con la ponencia:

“Impresión aditiva como herramienta complementaria para diagnóstico, planeación y simulación de cirugías. Del escáner médico a la realidad física en pocos pasos.”

Bogotá D.C., Agosto 23 de 2017

**Dr. Juan Carlos Sánchez Paris**  
Director División de Posgrados y  
Formación Avanzada  
Universidad El Bosque

**Dra. Ana Maria Gutiérrez Strauss**  
Directora Especialización en Ergonomía  
Universidad El Bosque

**Dra. María del Rosario Bozón G.**  
Directora División Educación Continuada  
Universidad El Bosque

## 20.8. Informe final - Proyecto de investigación PCI-2015-8321.



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES  
Fecha de actualización: 9-11-2017

INFORME TÉCNICO-PRESUPUESTAL  
PROYECTOS FINANCIADOS POR CONVOCATORIA INTERNA

TÍTULO	Fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo.		
CÓDIGO	PCI – 2015 - 8321		
INVESTIGADOR PRINCIPAL	Juan Sebastián Ávila Forero		
CO-INVESTIGADORES	Dr. Manuel Martínez Torán / Dr. José Francisco Dolz.		
GRUPO DE INVESTIGACIÓN	Diseño, Imagen y Comunicación		
UNIDAD ACADÉMICA	Facultad de Creación y Comunicación		
INFORME	Parcial <input type="checkbox"/>	Final <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>
FECHA DE ENTREGA	20-10-2017		

OBJETIVO GENERAL		COMENTARIOS
Desarrollar un Fantoma de simulación para el desarrollo de habilidades médicas necesarias para la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo desde la arteria carótida en conjunto con Hospital la Fé (Hospital Universitario Politécnica de Valencia) y la Universidad Politécnica de Valencia.	% DE CUMPLIMIENTO	El enunciado contiene algunos detalles puntuales que no se cumplieron de forma particular, como por ejemplo "cateterismo desde la arteria carótida". El fantoma desarrollado fue más amplio en este sentido e incluyó el tórax y abdomen para realizar otro tipo de simulaciones. Durante el desarrollo del proyecto se decidió dividir las tareas junto a la Universidad Politécnica de Valencia lo cual ayudó a distribuir los esfuerzos y permitió ampliar los objetivos iniciales del proyecto, obteniendo como resultado la presentación de una patente conjunta que en este momento se encuentra en trámite. Las simulaciones realizadas con el sistema vascular fueron realizadas con el hospital la fé de valencia cumpliendo los objetivos trazados para el proyecto en su primera versión.
	93,75%	

<sup>1</sup> Si se trata del informe final adjunte resultados, discusión (con las respectivas referencias) y conclusiones.



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES  
Fecha de actualización: 11-05-2017

OBJETIVOS ESPECÍFICOS <sup>2</sup>	% DE CUMPLIMIENTO	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y OBSERVACIONES GENERALES
1 Establecer la pertinencia de los materiales de fabricación en relación con sus propiedades físicas y químicas para la fabricación del fantoma.	95%	<p>Se realizaron pruebas de fabricación en diferentes materiales desde el punto de vista de ingeniería y diseño, se utilizaron diferentes filamentos para impresión 3D y siliconas especializadas con diferentes durezas para simular los diferentes tejidos del cuerpo humano.</p> <p>Se realizaron comprobaciones con especialistas en áreas de la salud que aprobaron la utilidad de los materiales y técnicas utilizadas para replicar órganos para simulación. (Anexo 1, presentación final del proyecto para exposiciones).</p> <p>Está en proceso una solicitud de patente internacional junto con la Universidad Politécnica de Valencia, donde la Universidad El Bosque tiene una participación del 25%, la patente se presentó en relación a los desarrollos relacionados con la obtención de modelos personalizados de aneurismas cerebrales por medio de impresión 3D y trabajos con moldes y siliconas especiales.</p>
2 Implementar procesos contemporáneos de fabricación en el desarrollo de material didáctico de entrenamiento médico.	100%	<p>Se utilizaron técnicas de diseño y fabricación digital actuales, como la segmentación a partir de archivos de escáner médico .DICOM a archivos de mallas poligonales .MESH para poder ser impresas con tecnologías de fabricación aditiva o tridimensional. Adicionalmente se utilizaron técnicas tradicionales de fabricación como vaciado en moldes de silicona, con la novedad de realizarse con modelos obtenidos a partir de impresión 3D, obteniendo productos a costos razonables para series únicas, sin depender de procesos industriales costosos para series largas de producción.</p>
3 Desarrollar a partir de técnicas digitales de fabricación a bajo costo, detalles de simulación que se acerquen lo mejor posible a la realidad anatómica. (textura de la piel humana, sensaciones internas de órganos y conexiones arteriales desde la carótida hasta el interior del cerebro)	90%	<p>El desarrollo final del fantoma no corresponde fielmente al objetivo propuesto, el simulador no se realizó solamente desde la arteria carótida si no que se fabricó desde la arteria femoral, (busto, torso y abdomen completo) e incluyó la opción de realizar simulaciones de operaciones por laparoscopia. Este cambio al proyecto significó no realizar pruebas directamente de las sensaciones internas de los órganos en la simulación desde un protocolo robusto al tener que dedicar más tiempo al diseño, desarrollo y fabricación.</p> <p>Sin embargo, el proceso de validación de sensaciones internas de los modelos de aneurismas cerebrales lo realizó el investigador Marco De Rossi, doctorando de la Universidad Politécnica de Valencia que por temas estratégicos y de división</p>

<sup>2</sup> Adicione las casillas necesarias de acuerdo al número de objetivos de su proyecto.



## VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES

Fecha de actualización: 11-05-2017

			del trabajo, realizó las pruebas específicas con las aneurismas cerebrales con doctores del Hospital La Fe de Valencia. Las comprobaciones en términos de investigación científica se esperan realizar en una etapa posterior del proyecto, una vez se finalice la etapa de construcción del simulador.
4	Evaluar el proceso de obtención de modelos 3D para impresión a partir de bibliotecas libres de resonancias de anatomía humana.	90%	El proceso para obtener modelos tridimensionales para edición y posterior impresión 3D se desarrolló a partir de bibliotecas de uso libre como lifesciencedb.jp/bp3d/, del proyecto japonés BodyParts3D/Anatomography. Por otra parte los modelos personalizados a partir de resonancias magnéticas fueron realizadas con software de uso libre como InVesalius o Slicer3D, a partir de archivos de escáner médico provistos por los médicos del Hospital La Fe de Valencia.

¿Se tienen productos a la fecha?			SI <input checked="" type="checkbox"/> X	NO <input type="checkbox"/>
<b>PRODUCTOS OBTENIDOS<sup>3</sup></b>				
<b>GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO</b>				
<b>Tipo de producto</b>	<b>Número de productos obtenidos</b>	<b>Descripción</b>		
Artículo para revista indexada	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Título Artículo: "Simulador de entrenamiento médico para posicionar espacialmente órganos y sistemas impresos en 3D en su ubicación específica para simulaciones por laparoscopia y cateterismo, proyecto PhantOscar": El artículo se encuentra completamente redactado en español para ser presentado a revistas indexadas en español. A la fecha del informe no se ha enviado a ninguna revista.</li> <li>- El artículo se encuentra completamente redactado en Inglés para ser presentado a la revista: Int. J. of Materials and Product Technology, Edición especial de "3D Printing and Additive Manufacturing" indexada en Scopus</li> </ul>		
<b>DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN</b>				
<b>Tipo de producto</b>	<b>Número de productos obtenidos</b>	<b>Descripción</b>		
Prototipo Simulador	1	Se realizó un prototipo funcional de la primera versión del simulador titulado PhantOscar: El prototipo se encuentra en el laboratorio de		

<sup>3</sup> Refiérase a la descripción de las tipologías (COLCIENCIAS) incluidas en el acta de inicio (apartado de productos esperados) e incluya las casillas que correspondan de acuerdo al número de productos comprometidos).





VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES  
Fecha de actualización: 11-05-2017

		modelos y prototipos de la UEB, se está utilizando como modelo de base para la segunda versión realizada con recursos de la convocatoria de SENNOVA 2017.
<b>APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO</b>		
<b>Tipo de producto</b>	<b>Número de productos obtenidos</b>	<b>Descripción</b>
Ponencia Congreso.	1	<b>Título congreso:</b> Congreso líneas de investigación Grupo Suomaya CGMLTI SENA <b>Lugar:</b> Centro de gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la información. SENA. <b>Fecha:</b> 14 de Agosto 2017. <b>Título ponencia:</b> Simulador para entrenamiento de cirugías por laparoscopia del tórax humano, como herramienta de formación, construido a partir de tecnologías de diseño y fabricación digital. Nota: A la fecha no me han enviado el certificado oficial de participación.
Ponencia Congreso	1	<b>Título congreso:</b> IV CONGRESO INTERNACIONAL DE SALUD AMBIENTAL Y OCUPACIONAL de la UEB. <b>Lugar:</b> Universidad El Bosque <b>Fecha:</b> 24 de Agosto 2017. <b>Título ponencia:</b> Impresión aditiva como herramienta complementaria para diagnóstico, planeación y simulación de cirugías. Del escáner médico a la realidad física en pocos pasos.
Ponencia Simposio	1	<b>Título Simposio:</b> 1er Simposio: Ciencia, Innovación, Tecnología. Co-Creación en la red de valor. SENNOVA. 2017. <b>Lugar:</b> Centro de gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la información. SENA. <b>Fecha:</b> 31 de Agosto 2017. <b>Título ponencia:</b> Diseño y tecnologías aplicadas en proyectos de Simulación. Nota: A la fecha no me han enviado el certificado oficial de participación.
Ponencia Congreso	1	<b>Título congreso:</b> XXIII Congreso Institucional de Investigaciones. <b>Lugar:</b> Universidad El Bosque <b>Fecha:</b> 20 de Septiembre 2017. <b>Título ponencia:</b> Fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo.
<b>FORMACIÓN DE RECURSO HUMANO</b>		
<b>Tipo de producto</b>	<b>Número de productos obtenidos</b>	<b>Descripción</b>
Tesis de pregrado:	1	TP: SIMULA. Simulador de cirugía laparoscópica. Universidad El





## VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES

Fecha de actualización: 11-05-2017


Tesis de Doctorado:	1	Bosque. Persona orientada: Leonel Eduardo Hernández Rojas. 2016 TD: Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque de Bogotá. Prof: Juan Sebastián Ávila. (En proceso, se estima entregar la Tesis final antes de finalizar 2017)
---------------------	---	--

DIFICULTADES	PLAN DE CONTINGENCIA
Dificultades mencionadas en los informes anteriores fueron resueltas sin problemas.	El proyecto finalmente fue desarrollado con éxito.
Demoras en el proceso de solicitud de una patente derivada de los resultados del proyecto.	El proceso ha sido liderado por la Universidad Politécnica de Valencia, se logró que las personas que llevan el proceso tengan una comunicación directa sin pasar tantos filtros y así mejorar las dinámicas en la relación. Se espera resultados finales antes de finalizar el año 2017.

CUMPLIMIENTO DEL PRESUPUESTO		
VALOR PRESUPUESTADO	% EJECUTADO	% POR EJECUTAR
\$ 27'750.000	85.7 %	14.3 %

## FIRMAS:

  
 JUAN SEBASTIAN AVILA FORERO  
 Director del proyecto  
 80.904.248 de Bogotá  
 Firma

  
 JUAN PABLO SALCEDO OBREGÓN  
 Líder grupo de investigación.  
 79.277.313 de Bogotá  
 VoBo Firma

  
  
 JUAN PABLO SALCEDO OBREGÓN  
 Decano Facultad de Creación y Comunicación  
 79.277.313 de Bogotá  
 VoBo Firma

Proyectó: Juan Ávila

Valencia, España, 3 de Julio de 2017

Señores  
UNIVERSIDAD EL BOSQUE  
Atención. Dr. Miguel Otero Cadena  
Vicerrector de Investigaciones  
Bogotá D.C.

**Asunto:** Carta de participación de otra institución en la Convocatoria Interna para financiación de proyectos de investigación e innovación tecnológica de la Universidad El Bosque, fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo con código PCI-2015-8321.

Distinguidos señores:

Mediante la presente certifico que conozco los resultados del proyecto titulado: *"Diseño, desarrollo y fabricación de un fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo"* el cual fue desarrollado por el profesor Juan Sebastián Ávila Forero para la Convocatoria Interna para financiación de proyectos de investigación e innovación tecnológica de la Universidad El Bosque, año 2015.

Los resultados son satisfactorios en su primera fase de exploración en términos de simulación y entrenamiento médico, se cumplen con las expectativas de representación del cuerpo humano y el uso de nuevas tecnologías de fabricación que pueden impactar de forma positiva la oferta de simuladores de entrenamiento médico.

A la espera de comentarios o solicitudes adicionales,  
Cordialmente,



Dr. Jose Francisco Dolz Lago  
*Institución:* Hospital La Fé. Hospital Universitari i Politècnic. Valencia  
*Cargo:* Director Área de simulación clínica y seguridad del paciente  
*Teléfono:* +34 669 748 073  
*Correo electrónico:* dolz\_jos@gva.es



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

FABLAB  VLC

Valencia, España, 7 de Julio de 2017

Señores  
**UNIVERSIDAD EL BOSQUE**  
Atención. Dr. Miguel Otero Cadena  
Vicerrector de Investigaciones  
Bogotá D.C.

**Asunto:** Carta de cierre de participación Universidad Politécnica de Valencia en la Convocatoria Interna para financiación de proyectos de investigación e innovación tecnológica de la Universidad El Bosque, proyecto: Fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo con código PCI-2015-8321.

Distinguidos señores:

Mediante la presente certifico que conozco los resultados del proyecto titulado: "*Diseño, desarrollo y fabricación de un fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo*" el cual fue desarrollado por el profesor Juan Sebastián Ávila para la Convocatoria Interna para financiación de proyectos de investigación e innovación tecnológica de la Universidad El Bosque, año 2015.


Los resultados son satisfactorios en su primera fase de exploración en términos de simulación y entrenamiento médico, se cumplen con las expectativas de representación del cuerpo humano y el uso de nuevas tecnologías de fabricación que pueden impactar de forma positiva la oferta de simuladores de entrenamiento médico.

A la espera de comentarios o solicitudes adicionales,

Cordialmente,

**Dr. Manuel Martínez Torán**  
Fablab Valencia Director  
Universitat Politècnica de València  
Departamento de Dibujo  
667478616 | 14642  
mmtoran@upv.es

## 20.9. Certificado de ejecución proyecto de investigación y desarrollo. AtlasPro. UEB.



**UNIVERSIDAD EL BOSQUE**  
Por una cultura de la vida, su calidad y su sentido

• • •

**CERTIFICADO DE EJECUCIÓN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.**

**Título:**

**Desarrollo de material didáctico tangible para la enseñanza de anatomía. Diseño Industrial – Odontología – Medicina. Convocatoria Estímulos Excelencia Académica 2015**  
**Fac. Diseño, Imagen y Comunicación.**  
**PROYECTO: 702392. DPTO: AD920000**

La **Vicerrectoría Académica** de la **Universidad El Bosque**, certifica que el señor **JUAN SEBASTIAN AVILA FORERO** con cédula de ciudadanía número 80'904.248 de Bogotá y que actualmente se desempeña como **profesor de Diseño Industrial de la Facultad de Creación y Comunicación** de la Universidad El Bosque, **lideró el proyecto de investigación titulado "AtlasPro, Modelos Anatómicos"** bajo las siguientes condiciones:


- Fabricar los primeros volúmenes de una Organoteca 3D, que ayude a consolidar el diseño y desarrollo de modelos anatómicos para la UEB.
- Presupuesto de desarrollo a fondo perdido: Veinticuatro millones de pesos colombianos. (\$ 24.000.000 COP). Financiación interna de la Universidad El Bosque, como resultado de ser el ganador en la categoría de integración en la convocatoria docente de estímulos a la excelencia académica del año 2015.
- Mes de inicio: febrero de 2016.
- Mes de finalización: octubre de 2016.

Se certifica que los resultados presentados cumplieron con las expectativas y objetivos planteados de un proyecto de investigación riguroso metodológicamente, ayudando a crear en la Universidad un precedente, un ambiente de integración y una plataforma de ejecución de proyectos entre especialistas de diferentes ramas del conocimiento con resultados transferibles, con continuidad en el tiempo para futuros desarrollos.

Se expide este certificado a solicitud del interesado, con el fin de sustentar el desarrollo de proyectos de innovación y desarrollo para el doctorado de Diseño, fabricación y gestión de proyectos industriales de la Universidad Politécnica de Valencia donde el profesor Ávila cursa sus estudios de doctorado.

Quedo atenta a cualquier solicitud adicional de aclaración y agradezco la atención prestada.

Atentamente,



**María Clara Rangel Galvis**  
Vicerrectora Académica  
Universidad El Bosque

•  
•  
•

---

• Av. Cra. 9 No. 131 A - 02 •  
Bogotá D.C. - Colombia, Sur América

• PBX (57 1) 6489000 •  
018000 113033

• www.uelbosque.edu.co •  
atencionalusuario@unbosque.edu.co

## 20.10. Ponencia XXIII. Congreso de Investigaciones UEB - Bogotá. 2017



## XXIII CONGRESO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIONES

76/➤

### VALORES Y PRINCIPIOS BIOÉTICOS QUE IDENTIFICAN LAS COMUNIDADES SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE PRESTAN LOS RÍOS Y QUEBRADAS DE LA CUENCA DEL RÍO APULO, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA (FASE DOS)

Álvaro Cadena

PCI 2017-9527

20 de septiembre | 3:20 - 3:35 a.m.

**Auditorio Central**

Grupo: Bioética, ciencias de la vida

## FACULTAD DE CREACIÓN Y COMUNICACIÓN

### ■ FANTOMA MÉDICO DE ENTRENAMIENTO ENDOVASCULAR, QUE SIMULE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA CIRUGÍA DE ANEURISMA CEREBRAL POR CATETERISMO

Juan Sebastián Ávila Forero

PCI 2015-8321

20 de septiembre | 2:00 - 2:15 a.m.

**Auditorio Fundadores**

El resultado del proyecto “Fantoma médico de entrenamiento endovascular, que simule las características anatómicas y fisiológicas de la cirugía de aneurisma cerebral por cateterismo”, es una plataforma que recrea la estructura general de un cuerpo humano promedio masculino para prácticas de cirugía, utilizado para ubicar órganos o sistemas del cuerpo, partiendo del uso de tecnologías de manufactura aditiva o impresión 3D, programas de segmentación de imágenes médicas y edición de

mallas poligonales MESH, escultura y modelado 3D, y el uso de moldes y reproducciones con materiales sintéticos de propiedades físicas similares a los tejidos del cuerpo humano. Esta plataforma permite realizar simulaciones por cateterismo o laparoscopia de órganos simulados, ubicados en su posición específica dentro del cuerpo humano, esto permite realizar diferentes tipos de simulaciones quirúrgicas personalizadas.

Este proyecto es el resultado del trabajo coordinado entre diseñadores, ingenieros y especialistas en áreas de la salud de la Universidad El Bosque, La Universidad Politécnica de Valencia y el Hospital Universitario y Politécnico de La Fe en Valencia, España, teniendo como producto destacado la presentación de una patente internacional.

Grupo: Diseño, imagen y comunicación

### ENTENDER LA CREACIÓN DESDE LAS NARRATIVAS DIGITALES DE LAS INDUSTRIAS CREATIVAS Y CULTURALES

Daniela García

Proyecto investigación-creación

20 de septiembre | 2:20 - 2:35 a.m.

**Auditorio Fundadores**

Las industrias creativas y culturales hacen parte de un campo productivo que muy recientemente ha sido atendido como tal en la economía nacional. Debido a la consolidación de este paradigma económico, tanto usuarios como profesionales se encuentran ante el reto de comprender su rol cultural bajo las dinámicas de negocio sustentable. En este panorama, la Facultad de Creación y Comunicación lanzó una página web con contenidos referentes a las Industrias creativas y culturales en Bogotá, con el propósito de construir un relato que dé cuenta del funcionamiento de esta industria, a través de las experiencias particulares de nuestra comunidad.

MasDLab es una apuesta por mostrar en la práctica cómo se correlacionan el diseño y las ar-



**20.11. Paper. International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE)**

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

**DESIGN OF AN ANATOMICAL SIMULATOR FOR MEDICAL TRAINING. A 3D PRINTING PROJECT OF INDUSTRIAL DESIGNERS AND MEDICAL STUDENTS.**Juan Sebastián Avila Forero<sup>1</sup>, Manuel Martínez Torán<sup>2</sup> and Marco De Rossi Estrada<sup>2</sup><sup>1</sup>Creation and Communication Faculty, Universidad El Bosque, Colombia.<sup>2</sup>Drawing Departament, FabLab Valencia, Universitat Politècnica de València, Spain.<sup>3</sup>Design, manufacturing and management of industrial projects, PhD student at the Universitat Politècnica de València, Spain.**ABSTRACT**

*The Phantoscra project is a human body simulator recreated in a three-dimensional physical platform, with realistic position of organs and systems, obtained by means of 3D printing, to perform simulations by catheterization or laparoscopy in its specific spatial location within the human body and thus to realize different types of customized surgical simulations.*

*It is the result of coordinated work between designers, engineers and health specialists, based on the use of additive manufacturing technologies, medical image segmentation and polygonal mesh editing (MESH), development of molds and reproductions with synthetic materials and similar properties to the tissues of the human body.*

**KEYWORDS**

*Anatomy, 3D printing, Digital, Sculpture, Education, Simulation.*

**1. INTRODUCTION**

3D printing technologies have become an important tool for manufacturing on 21st century, finding new applications in different areas of research, being the medical field one of the most striking in terms of application, with a wide diffusion in terms of scientific communication and mass media, which has opened a space for an economic exploitation in the market. [1.]

This article presents the workflow for the design and manufacture of organs and/or customized simulators using different technologies commonly used by design professionals and three-dimensional modelling, in order to illustrate how the training phantom would work with different Configurations, demonstrating the efficiency of the applied techniques, the advantages and the potential of the phantom so that it can become a helpful program.

For several years, thanks to advances in medical imaging, the way doctors and surgeons can visualize and plan interventions has evolved, initially from two-dimensional resources like x-rays, then three-dimensional manipulating a virtual 3D model on a computer and currently materializing in three dimensions parts of the human body through 3D printing. This advancement in terms of surgery planning and human body understanding, has allowed to customize three-dimensional physical surgical guides, personalized organs of real patients for study and training simulators and surgical planning. [2.]

"You only have one opportunity to carve a graft obtained from a patient's rib, so you have to do it perfectly the first time, it takes years of practice to learn the technical skills to do it. This was a

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

very realistic experience and what is great is that you can continue printing dozens of these models at the same time so you can practice again and again”, says Dr Cher Zhao, University of Michigan Medical School resident. [3.]

Starting from the boom and advances in 3D printing it is now possible to customize, materialize and three-dimensionalize organs and internal systems to visualize and physically feel anatomical structures of patients before performing any intervention. [4.]



Figure 1. Simula Project. Organs made from 3D printing of models and molds, reproductions with silicones. Degree work. Student: I.D. Leonel Hernández. Director: Prof: Juan Avila El Bosque University. 2016

Using materials and effects that simulate the context that can be found in a real patient and thus to prepare a better surgical intervention, contributing to patient and specialist safety, increasing the chances of success in an intervention. [5.]

On a relevant field, 3D manufacturing and printing methods have been evolving rapidly in the last 10 years, making the technology more accessible and with more applications in institutions and with the general public thanks to the Maker Movement [6.] [7.], nevertheless it is a field that continues developing and that is in a crucial point so that, large projects can be built with few resources to have endless possibilities of exploration. [8.]

This project plans to showcase a successful application of these technologies, as well as their viability and relevance in the field of medical training.

The research carried out is the result of a coordinated work between the “Universidad El Bosque de Bogotá”, the “Hospital La Fe de Valencia” and the “Universidad Politécnica de Valencia” to manufacture a simulator for medical training to improve the skills of surgeons in the practice of a surgical intervention through catheterization technique and subsequently modified to increase its spectrum use with surgical laparoscopic procedures.

In this research – the development is done from the point of view of design and all factors related to doing and coordinated work with specialists in health areas, validating the Phantom manufacture [9.] and its materialization in teaching terms and clinical simulation.

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

The cerebral aneurysm by catheterization operation was selected as a flag project, given its complexity to exemplify the possibilities of the PhantOscar simulator as a training tools.

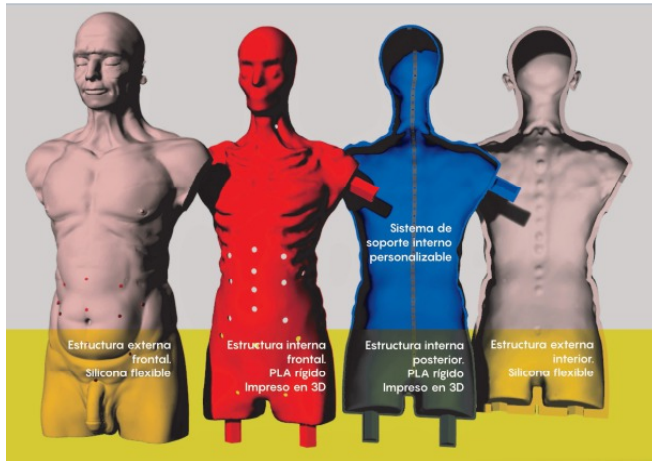


Figure 2. 3D model structures from PhantOscar Simulator.  
El Bosque University, 2016.

The main objective of the simulator development, was to create a platform to spatially locate personalized organs or systems obtained from each patient at the approximate XYZ points within the human body at the surgery table, using as a model a man of approximately fifty years, so that medical surgeons approach the simulator with an adequate posture and thus develop confidence and muscular memory in simulation practices in a more realistic environment, contributing in some measure to the efforts that researchers from all over the world, who are performing customized models in planning and medical training from medical imaging and 3D printing technologies.

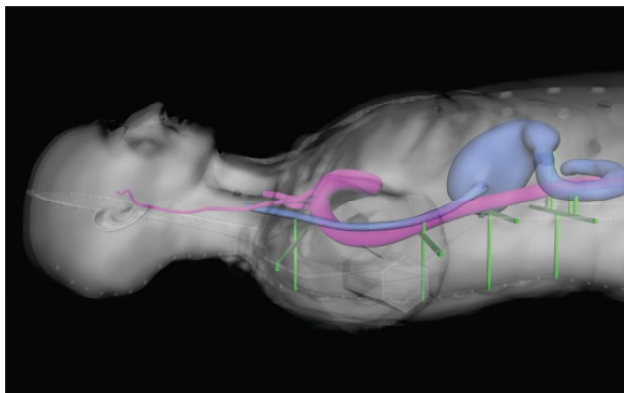


Figure 3. Customized internal organ positioning system. Phantoscar Project

On the other hand, currently on the market there is a wide range of simulators that fall short in the training of students in terms of emotional reality [10.], being models with a low human empathy,

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

a low level of anatomical detail in relation to the morphology, textures and sensations of the real patients. "The great difficulty of medicine teaching lies in the fact that learning must not only be aimed at the acquisition of intellectual capacities or knowledge, but also to the development of psychomotor or practical skills and affective conditions or attitudes". [10.]

For the development of PhantOscar phantom, some techniques and specialized materials brought from the special effects industry were implemented.

This article is not intended to discuss the usefulness, techniques or any aspect referring to surgery as a medical procedure, it presents a development from the training point of view of the industrial designer office and the use of applied manufacturing technologies in the medical world.

## 2. MATERIALS AND METHODS

Simulation phantoms are elements used to represent characteristics of the human organism, either as a training tool or only as a representation for educational and information purposes. [11.]

For the development of the *PhantOscar phantom*, different prototypes of virtual and physical approximation were made to validate the proposed design and thus offer greater realism and obtain better results in terms of appearance, using contributions and feedbacks in the creation process of the simulator of specialists in areas of health and medical training who will use it in the future for their practices, allowing an interdisciplinary co-creation process. [12.]

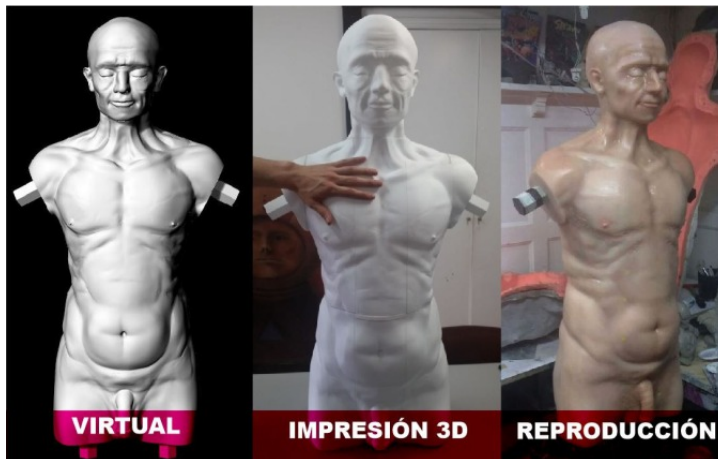


Figure 4. Left to right, Virtual model in Rhinoceros, 3D printed model in PLA, reproduction in silicone. Phantoscar Project. Prof. Juan Avila. El Bosque University. 2017

As a case study we selected the simulation of cerebral aneurysm surgeries by catheterization due to the high complexity of this type of operations and as a flag project in order to illustrate the procedure complexity that could be simulated on the PhantOscar physical platform, taking it more as a manufacturing challenge than by factors like economics, logistics and profitability in the first step of development.

The project was divided into two large segments to answer two specific interests, the first one, the problematic referred to phantoms realism of medical training where some problems were exposed regarding the approach, attitude and seriousness of the students about simulation practices, to understand the phantom more like a doll or an object and not as a potential patient. [10.]

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

The clinical simulation and safety of the patient area at the Hospital Universitari i Politècnic La Fe suggested that the phantom could be made with materials that would resemble textures and sensations offered by human skin, and should have a physical appearance more like a person between 40 and 60 years of age (closer to the average age of patients of these kinds of interventions), noticing natural wrinkles, expressions and imperfections of a human being, in addition to work for various types of operations which should allow the customization and flexibility of the simulator according to the necessary conditions for each procedure.

At this point it is important to emphasize that there are many different procedures that have their special characteristics, and there is a large number of students and professionals in the health areas who must rotate in different training simulators, which makes the versatility of simulation and practice systems, a very important factor to take into account.

The second requirement was to be able to perform simulations with specific organs or systems and personalized for each patient, specifically for the development of training simulators for operations of high risk of cerebral aneurysms.

The technique used was the process of transformation of medical images, particularly. DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) [13.] Standard worldwide recognized for the exchange of medical tests, designed for handling, viewing, storing, printing and transmitting, in editable files. STL (Standard Triangle Language) o Mesh (Polygonal meshes) computer file formats of computer-aided design (CAD). [14.]

These editable files allow patients' organs to be edited in any way in a virtual environment to be printed in three dimensions, allowing doctors to have a visual and tactile feedback in order to evaluate possible complications, train muscle memory and perform an intervention and visualize the spatial relationships between the elements that will intervene in surgery. [15.]

These organs can be printed in three dimensions with different technologies that allow to simulate different necessary characteristics for the training or the medical education, rigid and flexible printing materials can be used over a wide range of physical properties. It is also possible to make reproductions using mixed techniques of manufacture that include the use of molds with special silicones, allowing organ replicas in different materials, thus emulating almost any anatomical structure of the human body. [16.]

3D printing describes the manufacturing process concerning the addition of material layer by layer to build a three-dimensional volume. It currently is divide into some categories depending on the type of technologies used.

There are variables such as the material and the technological process; FDM (Fused Deposition Modeling), SLS (selective laser sintering), SLA (Stereolithography), Polyjet (Injection of material drop by drop) among others, that allow to reproduce a wide range of materials with differentiated properties according to its specific application. [17.]

These 3D printing techniques still present some limitations in terms of long series reproductions and the availability of materials to represent some necessary properties to simulate anatomical structures. These problems were solved using traditional reproduction techniques through molds, thus allowing to cast specific materials such as silicones with a wide range of properties, that emulate some sensorial characteristics of the layers of the skin, muscle, fat and bone of the human body, additionally makeup techniques and painting were taken that allowed to recreate a more realistic anatomical system. [18.]

It should be noted that these techniques, such as 3D printing or the segmentation of medical scanners in editable files have a very deep and specific technical aspect, where the technology

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

selection, printing or conversion parameters and the specific material to be used make it a specialized process.

Nevertheless, these developments are still in constant evolution allowing enthusiasts to contribute with specific research and opening a wide field of applied research all over the world.

### 3. CLINIC SIMULATION:

Clinical simulation is a teaching methodology that provides a fast and effective learning curve, using physical or digital models, to increase patient treatment security and attend to the ethical imperative of non-human experimentation, supposing a significant reduction of the costs added to the health system due to the problems that can be derived from the inexperience of a doctor. [19.]



Figure 5. Field work. Clinical simulation laboratory and patient safety, Hospital Clinical Simulation and Patient Safety Hospital Universitari I Politècnic La Fe de Valencia.  
Prof. Juan Avila, Dr. Jose Dolz

The importance of the research processes - creation processes for the development of medical material for training and preparation of medical surgeons, represents an advance for medicine and the safety of the patient, allowing training doctors to make an anatomical approach to standardized characteristics of the human body and the specificities of each patient that can be personalized and thus to know and understand the variables that can arise in high risk surgeries in a real context, simulated and controlled. Tools and scenarios are provided for training where it can fail without consequences for patients.

### 4. FROM THE MEDICAL IMAGE TO THE SIMULATOR.

The transformation process of a medical image to a three-dimensional medical object is a technique that takes a considerable mixture of expertise, from radiology to 3D modeling and digital manufacturing to be done correctly, but for a general reproduction for training, it can be done with some open source and free software and some practice.

For this simulator, computed tomography angiography (CTA) was selected, being one of the techniques that best helps to define the morphologies dimensions of an aneurysm. [20.]



International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

CTA is based on volumetric scanning of the brain after an intravenous injection of a contrast medium. The quality of the images has been developed by multi-slice technology and the development of post processed hardware and software. [21.]

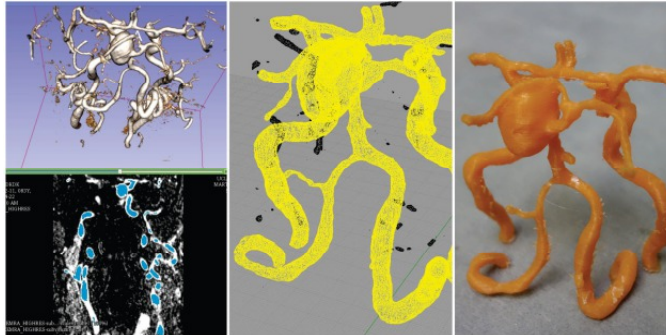


Figure 6. Printed Model Brain Aneurysm, Slicer3D Software, Fab Lab VLC 2015.

Usually, surgeons establish the requirements for computed tomography, while 3D reconstruction of anatomical areas of interest is done by an engineer or designer with specialized software: Mimics, 3D-Doctor, Osirix, InVesalius, etc. During the pre-surgical planning stage, the surgeon and the designer / engineer must collaborate to define and then transfer the virtual model of the anatomical models. [20.]

Led by the Maker revolution and the concept of open software development, free resources and 3D printing have seen widespread adoption as a tool for low cost prototyping. Development and innovative products are now possible without having to rely on expensive software or services, allowing researchers who wish to find a niche for an application.

The constant growth of the number of professionals in digital design, engineering or artists capable of interpreting and creating complex morphologies such as those of the human body in three-dimensional digital volumes with an astounding level of detail has been one of the drivers along with the technological revolution of the “do it yourself” [22.]

## 5. STUDY CASE: OPERATION OF CEREBRAL ANEURYSMS BY CATHETERISM.

An aneurysm refers to a weak area in the wall of a blood vessel that causes a swelling with the possibility of a rupture resulting in bleeding or hemorrhage within the human body, being cerebral aneurysms the most dangerous given its condition within the skull and its damage to the brain. [21.]

There are two common methods used to treat an aneurysm: clipping, that is done during an open craniotomy, placing a metal clamp on the aneurysm base to prevent it from rupturing, and endovascular repair by catheterization, most cases performed with metal spirals or the use of metal mesh tubes known as stents, which travel within the arteries and veins to create an internal bridge or fill the space within the aneurysm which minimizes internal pressure and prevents a rupture, being this one of the most used techniques thanks to the percentage of success and less trauma for the patient. "Dr. Adnan Siddiqui, a neurosurgeon at Kaleida Health and the Chief of Medical Service at the Jacobs Institute, described that he was "able to test these innovative devices and perform dry tests before making actual cases to ensure we have the right size, get the right tools, make sure we have all the additional information to make these procedures safer and better and more effective for our patients." [23.]

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

Factors such as blood pressure, vessel dilation and delicate and differentiated structures between patients, make the catheterization technique operations an intervention that must be practiced in real patients, making it very difficult to perform simulations and surgical practices with human specimens in an amphitheater.

For surgeons to acquire the necessary skills to guide the catheter (wire that is introduced through the arteries) through a small incision and then to the blood vessel in the brain where the aneurysm is located, requires many hours of practice and sensitization in the management of the catheter. [24.]

Brain aneurysm surgeries are usually interventions that must be performed immediately when a patient presents with a clinical episode, which in many cases does not give time to plan the intervention.

Specifically, in the development of simulators for catheterization cerebral aneurysm surgery, different simulators have been presented by different 3D printing companies such as Stratasys [23.], being one of the flags project of these companies to illustrate the benefits of their machines and the latest technology available for developments in the medical field, showing the power of their printers to create hollow structures with high level of detail, but with rigid structures and isolated from the actual system that a surgeon could find on an operating table, useful to visualize morphology in a physical model but with enough limitations to perform a practical simulation.

These practical simulations are a necessary training not only for students of surgery but also for the same expert surgeons, since they can provide the possibility of performing a preoperative practice in which variables are determined and uncertainty is reduced in relation to the procedure, increasing the percentages of success in operations. [18.]

The training and planning of catheter interventions just before the actual procedure benefits the patient in relation to a reduced number of catheter repositioning, reduces the time spent in a real case and consequently decreases the cost of treatment. [25.]

## 6. PHANTOSCAR SIMULATOR DEVELOPMENT AND POSITIONING SYSTEM.

For the development of the Phantoscar simulator, standard human body files were obtained from the free three-dimensional anatomy library in polygonal mesh language "BodyParts3D - Anatomography" of the Japanese project lifesciencedb, [26.], which were edited with techniques of image processing and digital sculpture in specialized programs such as Rhinoceros, MudBox, 3DStudio Max, MeshMixer y Zbrush.

The edition of these base models were carried out according to the recommendations of Dr. José Francisco Dolz, director of the "clinical simulation and patient safety area" of the Hospital Universitari i Politècnic La Fe, who, given his experience, proposed formal and sensorial changes in the design of the phantom simulations, trying to improve aspects of the simulator's perception by the trainees to confront the training and teaching processes with more respect, understanding that the human body presents imperfections, tactile sensations of temperature, texture, color in patients of advanced age and with some medical complication, wanting to contribute from another point of view to the development of future simulators so that the Phantom will not be made of rubber in which some very important but incomplete aspects are simulated in its symbolic approach towards the interventions and other human factors that intervene in a clinical simulation from the formative point of view.

Historically, a surgeon's skills have been acquired in living patients, anesthetized animals or human cadavers, but teachers, surgeons and specialists agree that surgical simulation is increasingly recognized as a vital educational tool for a professional's development [24].

To this end, different rendering techniques developed by the special effects industry for entertainment were studied and implemented, starting from the digital sculpture to develop and

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

parameterize productive aspects by 3D printing and to be able to have a virtual reference of spatial positioning in a three-dimensional virtual environment to locate the different systems and internal organs that conform the human body.

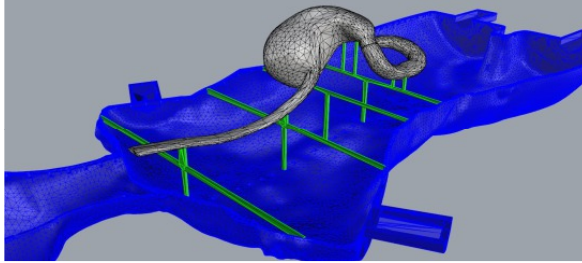


Figure 7. System Positioning System, Rhinoceros Software, PhantOscar Project.  
Prof: Juan Avila. 2016

As an aspect to be highlighted in the development of the phantom, 3D printing was used as a tool to materialize the necessary models for the fabrication of the first prototype, which served to evaluate and exemplify the relevance of these manufacturing techniques in the development of medical simulators for teaching environments, a Delta Wasp 2040 printer was used in FDM technology because it is one of the printers with height capacity of 40 centimeters, according to the needs of the project and the anatomy of the human torso.

The internal system of the phantom allows to locate the personalized organs or systems of the actual patients in their approximate spatial location within the simulator, through a laminated system coded and customized according to the specific needs of each operation, that allows to support the organs within PhantOscar helps emulate the position and posture of the surgeons at the moment of making a simulation before a surgical intervention by laparoscopy or catheterization in a real patient, always if the operation is provided in a horizontal position and face up on the operation table.

This process is carried out by specialized software of three-dimensional modeling where the 3D modeling file of the organ obtained through a medical scanner in DICOM format is imported and converted into a 3D digital format within a three-dimensional coordinate system where the approximate point of the organ is positioned manually in its natural location according to a virtual guide where all the main organs of the human body are found.



Figure 8. Doctor (right) and his lab assistant (left) practice placing catheters and medical devices inside the 3-D model of a brain aneurysm. Credit Avery Schneider / WBFO News

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

## 7. CONCLUSION

The PhantOscar simulator was realized with modeling techniques and three-dimensional digital sculpture, 3D printing and the work with human body molds, aiming to represent a senior man and with sedation gesture to become a reference for future of medical simulators developments.

Among the main project contributions is the anchoring system that allows to personalize the location of internal organs or systems, to place them in their correct position according to the patient to be treated, allowing the surgeon to be positioned in a realistic way while he is performing the simulation of the operation within the phantom.

This simple but fundamental simulation contribution allows the surgeon to acquire skeletal muscle memory skills according to the procedure to be performed, in an approximate position in which he will be on the operating table and with a symbolic reference that helps training students to develop a more coherent approach.

The project has been supervised by Dr. Jose Dolz , director of the clinical simulation and patient safety area of the Hospital Universitario i Politècnic La Fe, Dr. Armando López y Dr. Dr. Julio César Bermúdez from Universidad El Bosque of Bogotá, Director and Coordinator of the Center for Experimental Surgery, who have opined that this type of technology and advances in simulation help directly the development of training doctor's skills. Activities of approach and recognition of the needs of the clinical simulation laboratories have been carried out, confirming the potential and usefulness of PhantOscar phantom within the clinical practice processes and as training tool.

The potential process does not stop in the practice of real patients, it is anticipated that the most common use is in the physicians training at all stages of their education, using generic models of the human anatomy, also envisioning a potential in the testing of device use and technological prototypes in healthcare fields. [23].

It is intended at a later stage to further validate the results, with a relevant statistical sample, to evaluate some clinical cases that are relevant to showcase the effectiveness of the simulator in terms of realism and benefits to the prognosis.

## REFERENCES

- [1.] Azcaray Fernandez, Joseba K. Product Design & 3D Printing: Integrating New Technologies into The Curriculam - Case Study. International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.6, No.4, December 2017
- [2.] Hongtao, Z., Xuemin, D., Huimin, Y., Zeyang, W., Lijuan, Z., Jinxin, Z., . . . Juan, W. (2016). Dosimetry study of three-dimensional print template-guided precision 125I seed implantation. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, 12(7), 159-165. doi:10.4103/0973-1482.200607
- [3.] 3D printing helps surgeons sharpen their craft. (2017). Surgical Products, Retrieved from <http://ezproxy.unbosque.edu.co:2048/login?url=http://search.proquest.com/docview/1889204044?accountid=41311>
- [4.] Park, J. H., Lee, Y., Shon, O., Shon, H. C., & Kim, J. W. (2016). Surgical tips of intramedullary nailing in severely bowed femurs in atypical femur fractures: Simulation with 3D printed model. *Injury*, 47(6), 1318-1324. doi:10.1016/j.injury.2016.02.026
- [5.] Trigo, G., Paganini, C. I., Saiz, G. F., & Vilachá, M. I. (2016). Precisión en la planificación quirúrgica 3D en un paciente con síndrome de goldenhar. *Revista Española De Cirugía Oral y Maxilofacial*, 38(2), 91-95. doi:10.1016/j.maxilo.2014.07.005
- [6.] Martínez Torán, M. (2016). ¿Por qué tienen tanta aceptación los espacios maker entre los jóvenes? *Cuadernos de Investigación en Juventud*, ISSN 2530-0091. N° 1 Julio 2016. e003. doi: 10.22400/cij.1.e003.

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

- [7.] Ruiz Martín, José Manuel (2015). El crecimiento de los open sources de fabricación digital y su implementación en el media lab. de la high-tech al do it yourself. *Comhumanitas*, 6(1), 67-81.
- [8.] Arias, V., Contreras-Velásquez, J., Chacón, J., Vera, M., Huerfano, Y., Graterol-Rivas, M., . . . Bermúdez, V. (2015). Impresión 3D de estructuras cardíacas: Caso de innovación frugal en sector salud/3D printing of cardiac structures: A case of frugal innovation in the health sector. *Revista Latinoamericana De Hipertension*, 10(4), 91.
- [9.] CUN. Clínica Universidad de Navarra. Diccionario médico. Recuperado el 11 de Julio de 2016, del sitio web de la clínica de la Universidad de Navarra: <http://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/fantoma>
- [10.] Solares, G., M. González, A., Escalante, C., & Delgado, T. (2004). Simuladores en la enseñanza médica en el pregrado, ¿novedad o necesidad? *Medicina Clínica*, 122(20), 798-799. doi:10.1016/S0025-7753(04)74391-2
- [11.] Rodríguez-Díez, M. C., Díez-Goñi, N., Beunza-Nuin, J. J., Auba-Guedea, M., Olartecoechea-Linaje, B., Ruiz-Zambrana, Á., & Alcázar-Zambrano, J. L. (2013). Confianza de los estudiantes de medicina en el aprendizaje de la exploración obstétrica con simuladores. *Anales Del Sistema Sanitario De Navarra*, 36(2), 275-280. doi:10.4321/s1137-66272013000200010
- [12.] Colleen Marzilli, Julie Delello, Shelly Marmion, Rochell McWhorter, Paul Roberts and T. Scott Marzilli. Faculty Attitudes Towards Integrating Technology and Innovation. *International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.3, No.1, March 2014*
- [13.] David A. Zopf, Anna G. Mitsak, Colleen L. Flanagan, Matthew Wheeler, Glenn E. Green, Scott J. Hollister. Computer Aided-Designed, 3-Dimensionally Printed Porous Tissue Bioscaffolds for Craniofacial Soft Tissue Reconstruction. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 2015; 152 (1): 57 DOI: 10.1177/0194599814552065
- [14.] Huotilainen, E., Jaanimets, R., Valášek, J., Marcián, P., Salmi, M., Tuomi, J., . . . Wolff, J. (2014). Inaccuracies in additive manufactured medical skull models caused by the DICOM to STL conversion process. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery : Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 42(5), e259. doi:10.1016/j.jcms.2013.10.001
- [15.] Itagaki, M. W. (2015). Using 3D printed models for planning and guidance during endovascular intervention: A technical advance. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 21(4), 338-341. doi:10.5152/dir.2015.14469
- [16.] Kilic, D., Ustbas, B., Budak, E. P., Eyisoylu, H., Yilmaz, C., Eldem, B., & Akbulut, O. (2016). Silicone-based composites as surgical breast models for oncoplasty training. *Procedia Engineering*, 159, 104-107. doi:10.1016/j.proeng.2016.08.131
- [17.] Berchon, M., & Luyt, B. (2016). La impresión 3D: Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- [18.] Reid-Searl, K., Happell, B., Vieth, L., & Eaton, A. (2012). High fidelity patient silicone simulation: A qualitative evaluation of nursing students' experiences. *Collegian (Royal College of Nursing, Australia)*, 19(2), 77.
- [19.] Amaya Afanador, A. (2010). Simulación clínica: "aproximación pedagógica de la simulación clínica". *Revista Universitas Medica*, 51(2), 204.
- [20.] Popescu, D., Laptoiu, D., Hadar, A., Ilie, C., & Pârvu, C. (2015). workflow for additive manufacturing of an individualized surgical template. *Proceedings in Manufacturing Systems*, 10(3), 131.
- [21.] Pardo-Pumar, M. I. (2009). Tratamiento endovascular de los aneurismas cerebrales mediante la utilización de coils largables. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Compostela.
- [22.] Collective, T. T. (2007;2015;). *Do it yourself: A handbook for changing our world*. GB: Pluto Press.
- [23.] Davis, H. (2016, ). Jacobs, stratasys merge 3D printing, medical research. *TCA Regional News*

International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE) Vol.7, No.1, March 2018

- [24.] Francisco Álvarez, G. (2011). Accesos venosos centrales guiados por ultrasonido: ¿existe evidencia suficiente para justificar su uso de rutina? *Revista Médica Clínica Las Condes*, 22(3), 361-368. doi:10.1016/S0716-8640(11)70436-9
- [25.] Mastmeyer, A., Fortmeier, D., & Handels, H. (2016). Efficient patient modeling for visuo-haptic VR simulation using a generic patient atlas. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 132, 161-175. doi:10.1016/j.cmpb.2016.04.017
- [26.] Mitsuhashi, N., Fujieda, K., Tamura, T., Kawamoto, S., Takagi, T., & Okubo, K. (2009). BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts. *Nucleic Acids Research*, 37(suppl\_1), D782-D785. doi:10.1093/nar/gkn613

#### AUTHORS:

**Juan Sebastian Avila Forero M.Sc.** is a PhD student of design, manufacturing and management of industrial projects from U.Politécnica de Valencia - Spain. He received a bachelor's degree in industrial design from U. Nacional de Colombia and a Master's degree in product design from Politécnico Di Milano - Italy. His current field placement is with U. El Bosque - Colombia where he works as a Professor. He is interested in research of emergent technologies applied to product development for teaching, training and simulation in medical fields.



**Manuel Martínez Torán PhD** is a professor and design researcher at UPV and Director of FabLab Valencia. He has participated in two European and 25 R&D design project as principal researcher (PI). He has published five books, twelve book chapters, fourteen contributions at conferences and has four recognized patents. He has been visiting lecture in Argentina, Mexico, Chile and Colombia. He has seven doctoral thesis read and one live stage of recognized research from Spanish Ministry of Education



**Marco De Rossi Estrada M.Sc.** is a PhD candidate of design, manufacturing and management of industrial projects from U. Politécnica de Valencia - Spain. He received a bachelor's degree in industrial design from U. Pontificia Bolivariana of Medellín - Colombia and a Master's degree in product design from Politécnico Di Milano - Italy. Curious about everything, with a big passion for new technologies. He had the opportunity to live, work and study in many countries, something that has given him an amazing view of the world. He has been an entrepreneur since very young, and hopes to start a new company once he completes his Doctorate studies.





## 20.12. Jornadas Internacionales de Diseño - ITESO 2018. Guadalajara. México

Presentación de la Ponencia: Diseño Industrial en la Innovación médica.

Tallerista: Edición de mallas poligonales con Rhinoceros.



JORNADAS  
INTERNACIONALES  
DE DISEÑO  
2018



ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara



17, 18, 19 y 20  
de Abril

**Hora**  
16:00 - 19:00

**17 abril**  
Taller

9:00 - 11:30

**18 abril**  
Diseñando para el Futuro

11:30 - 12:00

Coffee Break

12:00-14:00

Futuro del Entretenimiento Experiencial

14:00 - 16:00

Comida

16:00 - 19:00

Taller

9:00 - 11:00

**19 abril**  
10 Cosas para Desarrollar Identidades que Cautiven

11:00 - 11:30

Coffee Break

11:30 - 14:00

Diseño Industrial en la Innovación Médica

14:00 - 16:00

Comida

16:00 - 19:00

Taller

9:00 - 11:00

**20 abril**  
Captando Mentes / El Mundo del Neuromarketing

11:30 - 12:00

Coffee Break

11:30 - 14:00

Tengo Una Idea, ¿Ahora Qué Hago?

**Talleres**

Renderizado Asertivo para Diseñadores Daniel Pollman

Mallas Poligonales con Rhino Melissa Rodriguez

Diseño de Imagen Fotográfico Mini Covarrubias

El Usuario en el Mundo Digital Lourdes Castellanos

Animatè 2D Gilberto Higuera

Moviendo Paredes Jorge Arturo Maya

Stopmotion Desde la Raíz Arturo Grande

De la Idea a la Ilustración Vectorial Elmer Sosa

60

IDEAS FOR CONCEPT  
TECNOLOGÍAS FOR RESEARCH  
PROYECTOS FOR EMPRENDER

JORNADAS  
INTERNACIONALES  
DE DISEÑO  
2018

17,18,19 y 20 / abril 2018  
Guadalajara, Jalisco, México

**Conferencias**

Elmer Sosa / Ilustración digital  
Mak Gutierrez / Diseño Digital  
Juan Avila / Diseño Industrial  
Andrés Morales / Diseño digital  
Estudio Menta / Diseño Gráfico  
Hola Copo / Emprendimiento

**Talleres**

Elmer Sosa / Ilustración digital  
Juan Avila / Diseño Industrial  
Andrés Morales / Diseño digital  
Lula Castellanos / Diseño Apps  
Mini Covarrubias / Fotografía  
Daniel Pollman / Diseño 3D  
Jorge Maya / Diseño Entorno

ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara

60 años

Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de anatomía. Caso estudio: Universidad El Bosque.



### Jornadas Internacionales de Diseño ITESO

19 de abril a las 18:35 · 🌐

El maestro Juan Sebastián Ávila, quien nos visita de la Universidad El Bosque, en Bogotá, Colombia, nos comparte sus experiencias en el desarrollo de simuladores médicos en su conferencia Diseño industrial en la innovación médica.



👍 Me gusta

💬 Comentar

➦ Compartir



## 20.13. Microcurrículo proyecto final diseño industrial - UEB.

FORMATO INSTITUCIONAL  
DE ASIGNATURAS

<b>Facultad</b>	Facultad de Creación y Comunicación.					
<b>Programa</b>	DISEÑO INDUSTRIAL					
<b>Nombre de la Asignatura</b>	PROYECTO FINAL 1. Tecnologías digitales aplicadas al diseño y fabricación de productos					
<b>Código de Asignatura</b>	1358	Tipo de Asignatura:	Obligatoria	X	Electiva	
<b>Periodo Académico</b>	Modalidad Asignatura en %:		Teórica	50	Teórica-práctica	X
<b>Área</b>			Práctica	50	Salidas de campo	
Semestre al que corresponde la asignatura:	IX					
Pre requisitos (Código y Nombre):	1351-FACTORES HUMANOS, 1354-DISEÑO V, 1356-DISEÑO VI, 1369-EMPRESA I, 1371-INVESTIGACION I					
Co-requisitos (Código y Nombre):						
Número de créditos:	8	Horas presenciales/semestre				64
Horas presenciales / semana	4	Horas de trabajo independiente / semana				8

## EQUIPO DOCENTE

	Nombre	ESCALAFÓN DOCENTE	CORREO ELECTRÓNICO	HORARIO ATENCIÓN A ESTUDIANTE S (Día - Hora)	LUGAR DE ATENCIÓN A ESTUDIANTES
Coordinador(es)	Leonardo Morales	Profesor Asociado	moralesleonardo@unbosque.edu.co		
Docente(s)	Juan Sebastian Avila	Profesor Asistente	avilajuan@unbosque.edu.co		
Docente(s) laboratorio					
Asesor(es)					
Estudiante - Monitor Ad Honorem					

## Instructivo

## 1. Justificación

Mediante un trabajo elaborado a lo largo de dos semestres académicos el estudiante de Diseño Industrial, pone en manifiesto sus competencias (principalmente integradoras) como futuro profesional, principalmente en la integración de variables de una manera sistémica, para desarrollar proyectos de diseño.

En el transcurso del proyecto de grado debe ser claro el uso de los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, ordenados y concatenados según la necesidad de cada proyecto, evidenciando así la destreza en el manejo de pensamiento multilateral, propio de un buen diseñador. Se habla entonces de evidenciar las competencias profesionales en el marco de sistemas complejos.

En la línea de investigación de tecnologías digitales aplicadas al diseño y fabricación de productos se entiende la influencia de la tecnología en relación con la producción industrial, la cual ha mutado y donde ahora se habla de series cortas, personalización, producción por lotes, bajo pedido con cero desperdicios, factibilidad al 100%, mercados globalizados y manufactura de precisión, siendo el diseño asistido una ventaja que permite integrar la fabricación digital directamente al proyecto de diseño, integrando la producción con máquinas a control numérico e impresión en 3D.

## 2. Objetivo General

Verificar las competencias prácticas, cognitivas, cognoscitivas e integradoras de los estudiantes para salir al mundo laboral como profesionales competitivos con un sesgo importante hacia la formulación de un proyecto de diseño en relación al uso de tecnologías de diseño asistido por computador.

## 3. Objetivos de aprendizaje

Dimensión de aprendizaje significativo	Objetivos de aprendizaje Los estudiantes:
<b>Conocimiento fundamental</b>	- Interpretarán un brief de diseño propuesto por el director de proyecto. - Profundizarán sus conocimientos en herramientas de diseño y fabricación digital
<b>Aplicación Integración</b>	- Construirán un proyecto de diseño entorno a una temática general planteada - Desarrollarán paso a paso de forma metódica cada una de las etapas que conforman un proyecto de diseño. - Documentarán todo el proceso de diseño con el objetivo de evidenciar todas las competencias aplicadas en el desarrollo de su proyecto de grado.
<b>Dimensión humana</b>	- Valorarán las presentaciones y proyectos de sus compañeros con respecto en un ambiente de co-working. - Aportarán más de lo que se le es requerido en temas propios de su gusto como estrategia para aumentar la pasión y compromiso con su profesión.
<b>Compromiso</b>	- Entenderán la importancia del trabajo individual en pro de un resultado grupal, aplicando todas sus habilidades técnicas y conocimientos previos bajo un ambiente profesional y de compromiso con su profesión. - Trabajarán de forma profesional creando un ambiente de competencia y respeto a sus colegas por alcanzar el mejor proyecto y la mejor comunicación de producto - Perfeccionaran su cultura por la atención a los detalles. Bajo el lema "poco pero bien hecho". Buscando que los alumnos construyan un proyecto de primera categoría con esfuerzo y dedicación.
<b>Aprender a aprender</b>	- Desarrollarán la capacidad de formular preguntas que les permitan explorar y relacionar ideas que aparentemente no tienen relación. Así mismo comunicarlás de manera efectiva. - Evaluaran su proceso y resultados de trabajo bajo un punto de vista reflexivo en el ámbito socio-cultural y ambiental. - Organizarán un espacio propicio donde el estudiante se sienta tranquilo y pueda participar en las dinámicas propias del oficio del diseñador de forma activa. - Establecerán criterios de evaluación que les permita auto- evaluar su propio trabajo y el de sus compañeros, fomentando así la crítica constructiva y la retroalimentación entre pares.

## 4. Actividades generales de aprendizaje

- Formulación y viabilidad de proyectos de diseño desde la academia.
- El proceso metodológico de investigación creación. (Experimentación)
- El manejo cuantitativo y cualitativo de la información temática.
- La integridad académica que responde al concatenamiento de todos y cada uno de los contenidos necesarios, vistos a lo largo de la carrera y puestos a la luz del proyecto.
- Sistemas complejos
- La gestión de proyectos en la relación Academia- Alumno- Empresa.
- Profundización en la representación de ideas a mano alzada como herramienta indispensable del diseñador contemporáneo e competitivo en el mercado laboral.
- Comunicación efectiva de proyectos de diseño.
- Ejercicios de observación, descripción y clasificación de actividades, escenarios y momentos susceptibles a una intervención de diseño.
- Análizar un brief de proyecto, un contexto, analizar una actividad, analizar un usuario.
- Componentes del proyecto de diseño.
- Métodos de conceptualización y presentación para proyectos de diseño industrial
- Componentes del proyecto de diseño
- Reformulación del proyecto de diseño
- Factores de éxito en un proyecto de diseño
- Análisis de contexto . Mapping
- Diferencia entre usuario(s) y cliente. Determinar quien es mi público objetivo.

- Presentación de proyectos como eje fundamental para el éxito.
- Análisis de referentes
- Requerimientos y determinantes de diseño.
- Indispensable, necesario y deseable
- Experiencia, estrategia y concepto
- Los lenguajes de la forma: cómo la forma comunica significados, analogías, tipologías, referentes.
- Qué es un producto
- Diseño y desarrollo de producto
- Fabricación digital
- Tecnologías contemporáneas de diseño y fabricación.
- Criterios de evaluación para el proceso y para el producto
- Herramientas de evaluación del proyecto: Comprobaciones operativas, perceptivas y comunicativas. Manejo de protocolos.
- Problemáticas antes, en, y después de una intervención.
- Medio Ambiente, visión desde el Diseño

## 5. Evaluación y calificación

Proyecto de Grado I:

Primer corte; Entregables:

- Propuesta de proyecto
- Título provisional del proyecto.
- Contextualización.
- Justificación del proyecto (Social, político, económico, ambiental, etc.).
- Perfil de usuario.
- Planteamiento del problema.
- Viabilidad.
- Objetivos.
- Límites.
- Alcances.
- Evidencia de trabajo de campo.
- Mapa conceptual del proyecto.
- Marco teórico (Propio del tema).
- Marcos referenciales (mercado, socio cultural, industrial, otros).
- Estado del arte (Estudio de tipologías).
- Pertinencia del diseño industrial.

Segundo corte; Entregables:

- Evidencia de trabajo de campo, experimentación inicial.
- Metodología de investigación y sus resultados, esto es la explicación de las herramientas empleadas (entrevistas, cuestionarios, muestreos, etnografía, etc.) y su forma de uso para la obtención de información.
- Conclusiones de investigación desde todos los factores. (humano, económico, tecnológico, social, ambiental, etc.).
- Concepto de producto.
- Requerimientos, determinantes, normativas.

Entrega final; Entregables:

- Propuesta de producto (esquema de componentes y relaciones entre ellos), estructura base del producto, función práctica, estética y comunicativa.
- Impacto social.
- Plan de trabajo para el Proyecto de grado II. (Cronograma).
- Memoria documento del proyecto de grado (borrador).

Cada alumno entregará el avance de la memoria del proyecto,

- Evidencia de experimentación intermedia (factor humano, volumetría, relación espacial, etc.).

## 6. Cronograma

Semana	Actividades Independiente de Aprendizaje	Actividades Presenciales de Aprendizaje	Tema
(1)		Presentación del microcurrículo a los estudiantes. Presentación temática general del curso.	Presentación general del curso
(2)	Reglas de la asignatura, cronograma. Herramientas de trabajo digital. Uso del correo electrónico, calendarios y cronogramas de trabajo, redes social	Presentación con ejemplos claros, Reflexión grupal. Presentación de objetivos del curso y muestra de algunos ejemplos esperados para el final de semestre.	
(3)	-Analizar un brief de proyecto. -Analizar un contexto. -Analizar una actividad. -Analizar un usuario. -Trabajar en equipo en pro de objetivos individuales	Presentación con ejemplos de temáticas disponibles para el semestre -Estudiante: Cada alumno de forma individual tomará un caso particular para intervenir.	Elaboración de un Brief de Diseño.
(4)	Visita a Biblioteca, Bocetación	Ejercicios de diseño y desarrollo de ideas Componentes del proyecto de diseño	-Design thinking como proceso creativo. Trabajo de campo
(5)	Preparación entrega	Métodos de conceptualización y presentación para proyectos de diseño industrial. Trabajo de Campo	Sustentación de proyectos
(6)	-Sustentar proyectos -Observaciones entre pares -Autocrítica -Valor del trabajo referido a un mercado	Retroalimentación Trabajo de Campo	Evaluación, reestructuración de proyectos.
(7)	Técnicas de presentación de proyectos, documentación	Trabajo de Campo	Trabajo de campo
(8)	Tutoriales y ejercicios prácticos de modelado	Modelado Orgánico 3D	Fabricación digital
(9)	Modelo de aproximación volumétrica	Modelado Orgánico 3D. consideraciones de modelado y fabricación	Fabricación digital
(10)	Representación 3D del proyecto de diseño	Modelado Orgánico 3D. consideraciones de modelado y fabricación	Fabricación digital
(11)	Representación 3D del proyecto de diseño	Técnicas de Prototipado rápido	Modelos de comprobación
(12)	Trabajo individual en casa	Trabajo individual en casa	Trabajo individual en casa
(13)	Validación de modelos digitales	Renderizado de modelos 3D	Presentación de proyectos, documentación
(14)	Pruebas de impresión 3D	Consideraciones para el uso de impresión 3D, corte laser y herramientas manuales	Correcciones
(15)	Trabajo individual proyecto de diseño	Acabados Superficiales	Correcciones
(16)	Trabajo individual proyecto de diseño	Corrección grupal	Correcciones
(17)	Preentrega	Corrección grupal	Correcciones
(18)	Entregas otras asignaturas	Corrección grupal	Correcciones
(19)	Salón de Diseño	Salón de Diseño	Salón de Diseño



### 7. Bibliografía y Webgrafía

Anderson, Stephen P., *Fundamentals of Experience Design*, 2008

Buzan, Tony; Buzan, Barry < El libro de los mapas mentales > Ed. Urano S.A., Barcelona 1996.

Lidwell, William; Holden, Kritina; Butler, Jill < Principios Universales de Diseño> Ed. Blume., Barcelona 2005.

Lippert, H. (2002). *Anatomía: Estructura y morfología del cuerpo humano*. Madrid: MARBAN LIBROS.

Hallgrímsson, B. (2012). *Prototyping and modelmaking for product design*. London: Laurence King Publishing.

Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., Romero Hernández, S., & Flores Valentín, A. (2009). *Diseño y desarrollo de productos*. México; Bogotá; Buenos Aires: McGraw-Hill.

Ferré Masip, R. (2009). *Diseño industrial por computador* Marcombo.

B, W. J., & C, S. R. (1998). *Anatomía dental : Aplicaciones clínicas*. Barcelona: Masson.

Valerius, K., & Frydman, J. (2013). *El libro de los músculos: Anatomía, exploración, función*. Buenos Aires; Bogotá; Caracas: Editorial Médica Panamericana.

## 20.14. Certificado divulgación tecnológica SENA.

Ingeniería y Diseño / Tecnoparque Bogotá

# VIVE LA EXPERIENCIA TECNOPARQUE

2016

Charla + Workshop

• **Procesamiento de Mallas**  
en procesos de Ingeniería Inversa

Workshop  
Procesamiento de Mallas

/ Ponente **D.I Juan Sebastián Avila Forero**  
M.A Diseño de Producto  
Ph.D Diseño, Gestión y Fabricación de productos  
Industriales/ Estudiante.

Fecha **16 Mayo 2016**

Línea Ingeniería y Diseño 4to Piso  
Registro: 8:00 a.m  
Finalización 12:00 m

NODO BOGOTÁ. 57 (1) 546 1500 P. 16862 [sp@bogota@minimam.edu.co](mailto:sp@bogota@minimam.edu.co) Calle 54 No. 51 - 29, Bogotá D.C. [www.senae.edu.co](http://www.senae.edu.co) [tecnoparque.senae.edu.co](http://tecnoparque.senae.edu.co)

Libertad y orden  
REPUBLICA DE COLOMBIA

## El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

En cumplimiento de la Ley 119 de 1994

Hace constar que  
**JUAN SEBASTIAN AVILA FORERO**  
Con Cedula de Ciudadanía No. 80.904.248

Participó en el evento de Divulgación Tecnológica  
**INGENIERIA INVERSA APLICADA AL DISEÑO DE PRODUCTO**  
con una duración de 3 horas

En testimonio de lo anterior, se firma el presente en Bogotá, a los dieciséis (16) días del mes de junio de dos mil dieciséis (2016)


Firmado Digitalmente por  
JAIME GARCÍA DI MOTOLI  
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA  
Autenticidad del Documento  
Bogotá - Colombia

JAIME GARCÍA DI MOTOLI  
SUBDIRECTOR CENTRO DE GESTIÓN DE MERCADOS, LOGÍSTICA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
REGIONAL DISTRITO CAPITAL

3468499 - 16/06/2016  
FECHA REGISTRO

La autenticidad de este documento puede ser verificada en el registro electrónico que se encuentra en la página web <http://certificados.sena.edu.co>, bajo el número 93030086276CC80904248C.

## 20.15. Conferencia Dr. Manuel Martínez Torán, UEB, 2017.



UNIVERSIDAD  
EL BOSQUE  
Programa de Diseño Industrial.

**Dr. Manuel Martínez Torán**  
Profesor Titular Universidad Politécnica de Valencia - España

Diseño, Creatividad y Salud.

**Fecha:** 26 de febrero  
**Lugar:** Salón G203 (Nomenclatura anterior C203)  
**Hora:** 2:00 - 4:00 p.m.

Imagen: Innovación3D



Conferencia  
**Diseño,  
creatividad  
y salud**

**Manuel Martínez Torán**

Manuel Martínez Torán, doctor de la UPV, es Director del Fab Lab Valencia, profesor titular de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño y del Master oficial de Diseño y Fabricación Asistida por Ordenador, de la Universidad Politécnica de Valencia, España.

Dirigió y trabajó en la consultoría de diseño del departamento de diseño e ingeniería en un centro tecnológico de la red IVACE. Asimismo, ha escrito 4 libros completos y diversas publicaciones.

Participó como investigador responsable en más de 25 proyectos sobre la relación del diseño y la empresa.

Actualmente su campo de interés se centra en explorar las relaciones que existen entre los campos de la salud, la creatividad y el Diseño.

**Fecha:** 26 de febrero  
**Hora:** 10:00 a.m -12:00 m

**Lugar:** Salón G303  
(Nomenclatura anterior C303)

Imagen: Innovación3D

UNIVERSIDAD  
EL BOSQUE  
Programa de Diseño Industrial.

**20.16. Simposio Ciencia, Innovación y Tecnología. SENNOVA, 2017.**

Ingeniería y Diseño

**Evento de Divulgación**  
Experiencias Innovadoras  
en Investigación

Diseño y tecnologías  
aplicadas en  
**Proyectos  
de  
Simulación**

**Objetivo:**  
Oportunidad de integración,  
Diseño y fabricación digital  
con entrenamiento en áreas  
de la salud.

**Temática:**  
Oportunidad de investigación  
en simulación  
Fenómeno de la autofabricación, 3D  
Tecnologías de escritorio  
Diseño y fabricación digital 3D  
Realidad Aumentada  
Realidad Virtual  
Ventajas competitivas  
Ejemplos

**Ponentes**  

- Juan Sebastián Avila Forero  
M.Sc.D.I. Profesor Universidad  
El Bosque INVESTIGADOR TECNOPARQUE
- Adela Marcela Triana Arevalo  
Diseñadora Industrial/Gestor TecnoParque
- Jhon Eduard Gomez  
Ing. Aeroespacial/Gestor TecnoParque

**01-02/2017**  
Nov.

**TECNOPARQUE**  
Nodo Bogotá

SENA UNIVERSIDAD EL BOSQUE SENNOVA TECNOLOGIA

NODO BOGOTÁ. 5711 548 1500 P: 16002 info@tecnoparque@sena.edu.co Calle 54 No.10 - 39, Bogotá D.C. www.sena.edu.co

  
Libertad y orden  
REPUBLICA DE COLOMBIA

**El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA**  
En cumplimiento de la Ley 119 de 1994

*Hace constar que*  
**JUAN SEBASTIAN AVILA FORERO**  
Con Cedula de Ciudadania No. 80.904.248

*Participó en el evento de Divulgación Tecnológica*  
**1 ER SIMPOSIO CIENCIA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA**  
*con una duración de 10 horas*

*En testimonio de lo anterior, se firma el presente en Bogotá, a los trece (13) días del mes de abril de dos mil dieciocho (2018)*

Firmado Digitalmente por  
JAIME GARCÍA DI MOTOLI  
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA  
Autenticidad del Documento  
Bogotá - Colombia

JAIME GARCÍA DI MOTOLI  
SUBDIRECTOR CENTRO DE GESTIÓN DE MERCADOS, LOGÍSTICA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
REGIONAL DISTRITO CAPITAL

4281887 - 13/04/2018  
FECHA REGISTRO

La autenticidad de este documento puede ser verificada en el registro electrónico que se encuentra en la página web <http://certificados.sena.edu.co>, bajo el número 930300120644CC80904248C.

La autenticidad de este documento puede ser verificada en el registro electrónico que se encuentra en la página web <http://certificados.sena.edu.co>, bajo el número 930300120644CC80904248C.



Libertad y orden  
REPÚBLICA DE COLOMBIA

## El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

*En cumplimiento de la Ley 119 de 1994*

*Hace constar que*

**JUAN SEBASTIAN AVILA FORERO**  
*Con Cedula de Ciudadanía No. 80.904.248*

*Participó en el evento de Divulgación Tecnológica*  
**1 ER ENCUENTRO DE SEMILLEROS GRUPO SUOMAYA**  
*con una duración de 10 horas*

*En testimonio de lo anterior, se firma el presente en Bogotá, a los diez (10) días del mes de abril de dos mil dieciocho (2018)*

Firmado Digitalmente por  
JAIME GARCÍA DI MOTOLI  
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA  
Autenticidad del Documento  
Bogotá - Colombia

JAIME GARCÍA DI MOTOLI  
SUBDIRECTOR CENTRO DE GESTIÓN DE MERCADOS, LOGÍSTICA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
REGIONAL DISTRITO CAPITAL

4281273 - 10/04/2018  
FECHA REGISTRO

La autenticidad de este documento puede ser verificada en el registro electrónico que se encuentra en la página web <http://certificados.sena.edu.co>, bajo el número 930300120643CC80904248C.



## 20.17. Congreso Interfaces6 - Universidad de Palermo- Buenos Aires-Argentina.

Sexta edición

**22-23**  
MAYO  
2018

**interfaces6**  
EN PALERMO

CONGRESO DE CREATIVIDAD, TECNOLOGÍAS  
E INNOVACIÓN PARA LA CALIDAD EDUCATIVA.

Para docentes, directivos, profesionales e  
instituciones de Nivel Medio y Superior.

**+ 300 actividades**  
Creatividad | Innovación Educativa  
Nuevas tecnologías | Comunicación  
Emprendedorismo | Arte, cultura y diseño

**Juan Sebastian  
Ávila Forero**  
interfaces6

**Proyectos de base tecnológica como  
estrategia para integrar profesionales  
en un ambiente universitario.  
Diseño de material didáctico y simuladores  
para la enseñanza de anatomía de la  
Universidad El Bosque de Bogotá**

**Inscripción libre y gratuita:**  
///// [www.palermo.edu/interfaces](http://www.palermo.edu/interfaces)  
///// [f interfaces.colegios](https://www.facebook.com/interfaces.colegios)

Auspician:

Ministerio de Educación y Ciencia  
Presidencia de la Nación

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
CULTURA Y DEPORTE

Ministerio de Educación  
Buenos Aires Ciudad

Ministerio de Educación  
CULTURA Y DEPORTE  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
CULTURA Y DEPORTE  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
CULTURA Y DEPORTE  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
CULTURA Y DEPORTE  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
CULTURA Y DEPORTE  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
CULTURA Y DEPORTE

Facultad de Diseño  
y Comunicación

**UP**  
Universidad  
de Palermo



**20.18. Reflexión Académica en Diseño & Comunicación**

---

**XL • 2019**

---

ISSN 1668-1673

Año XX. Vol 40. Noviembre 2019. Buenos Aires. Argentina

**Reflexión  
Académica  
en Diseño &  
Comunicación**Interfaces en Palermo VI. Congreso para Docentes, Directivos,  
Profesionales e Instituciones de nivel Medio y Superior

Facultad de Diseño y Comunicación

**Reflexión Académica en Diseño y Comunicación**

Universidad de Palermo.  
Facultad de Diseño y Comunicación.  
Centro de Estudios en Diseño y Comunicación.  
Mario Bravo 1050.  
C1175ABT, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.  
www.palermo.edu  
publicacionesdc@palermo.edu

**Director**

Oscar Echevarría

**Coordinadora de la Publicación**

Diana Divasto

**Universidad de Palermo****Rector**

Ricardo Popovsky

**Facultad de Diseño y Comunicación****Decano**

Oscar Echevarría

**Secretario Académico**

Jorge Gaitto

**Consejo Asesor de la Facultad de Diseño y Comunicación**

Débora Belmes  
Josi María Doldán  
Fernando Rolando

**Textos en inglés**

Diana Divasto

**Textos en portugués**

Julio Adrilih Jara

**Diseño**

Fernanda Estrella  
Constanza Togni

**1ª Edición**

Cantidad de ejemplares: 500  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.  
Noviembre 2019.

**Impresión: Buschi**

Ferr1 2250/52 (C1437FUR)  
Buenos Aires, Argentina.  
ISSN 1668-1673

**Reflexión Académica en Diseño y Comunicación en línea**

Los contenidos de esta publicación están disponibles, gratuitos, on line ingresando en: [www.palermo.edu/dyc](http://www.palermo.edu/dyc) > Publicaciones DC > Reflexión Académica en Diseño y Comunicación



La publicación Reflexión Académica en Diseño y Comunicación (ISSN 1668-1673) está incluida en el Directorio y Catálogo de Latindex. (Evaluación 1: Nivel superior de excelencia)

Prohibida la reproducción total o parcial de imágenes y textos. Se deja constancia que el contenido de los artículos es de absoluta responsabilidad de sus autores, quedando la Universidad de Palermo exenta de toda responsabilidad.

**Comité Editorial**

Lucía Acar. Universidade Estácio de Sá, Brasil.  
Gonzalo Javier Alarcón Vital. Universidad Autónoma Metropolitana, México.  
Fernando Alberto Alvarez Romero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia.  
Gonzalo Aranda Toro. Universidad Santo Tomás, Chile.  
Christian Atance. Universidad de Buenos Aires, Argentina.  
Verónica Barzola. Universidad de Palermo, Argentina.  
Alberto Beckers Argomedo. Universidad Santo Tomás, Chile.  
Renato Antonio Bertao. Universidade Positivo, Brasil.  
Allan Castelnuovo. Market Research Society, Reino Unido.  
Jorge Manuel Castro Falero. Universidad de la Empresa, Uruguay.  
Raúl Castro Zuheda. Universidad de Palermo, Argentina.  
Mario Rubén Dorochesi Fernandois. Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.  
Adriana Inés Echeverría. Universidad de la Cuenca del Plata, Argentina.  
Jimena Mariana García Ascolani. Universidad Iberoamericana, Paraguay.  
Marcelo Ghio. Instituto San Ignacio, Perú.  
Clara Lucía Grisales Montoya. Academia Superior de Artes, Colombia.  
Haenz Gutiérrez Quintana. Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil.  
José Korn Bruzzone. Universidad Tecnológica de Chile, Chile.  
Denisse Morales. Universidad Iberoamericana Uniba, República Dominicana.  
Nora Angélica Morales Zaragosa. Universidad Autónoma Metropolitana, México.  
Candelaria Moreno de las Casas. Instituto Toulouse Lautrec, Perú.  
Patricia Nuñez Alexandra Panta de Solórzano. Tecnológico Espíritu Santo, Ecuador.  
Guido Olivares Salinas. Universidad de Playa Ancha, Chile.  
Ana Beatriz Pereira de Andrade. UNESP Universidade Estadual Paulista, Brasil.  
Fernando Rolando. Universidad de Palermo, Argentina.  
Alexandre Santos de Oliveira. Fundação Centro de Análise de Pesquisa e Inovação Tecnológica, Brasil.  
Carlos Roberto Soto. Corporación Universitaria UNITEC, Colombia.  
Patricia Torres Sánchez. Tecnológico de Monterrey, México.  
Elisabet Taddei. Universidad de Palermo, Argentina.

**Comité de Arbitraje**

Luis Ahumada Hinostroza. Universidad Santo Tomás, Chile.  
Débora Belmes. Universidad de Palermo, Argentina.  
Marcelo Bianchi Bustos. Universidad de Palermo, Argentina.  
Aarón José Caballero Quiroz. Universidad Autónoma Metropolitana, México.  
Sandra Milena Castaño Rico. Universidad de Medellín, Colombia.  
Roberto Céspedes. Universidad de Palermo, Argentina.  
Carlos Cosentino. Universidad de Palermo, Argentina.  
Ricardo Chelle Vargas. Universidad CRT, Uruguay.  
José María Doldán. Universidad de Palermo, Argentina.  
Susana Dueñas. Universidad Champagnat, Argentina.  
Pablo Fontana. Instituto Superior de Diseño Aguas de La Cañada, Argentina.  
Sandra Virginia Gómez Mañón. Universidad Iberoamericana Uniba, República Dominicana.  
Jorge Manuel Iturbe Bermejo. Universidad La Salle, México.  
Denise Jorge Trindade. Universidade Estácio de Sá, Brasil.  
Mauren Leni de Roque. Universidade Católica De Santos, Brasil.  
María Patricia Lopera Calle. Tecnológico Pascual Bravo, Colombia.  
Gloria Mercedes Múnera Álvarez. Corporación Universitaria UNITEC, Colombia.  
Eduardo Naranjo Castillo. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.  
Miguel Alfonso Olivares Olivares. Universidad de Valparaíso, Chile.  
Julio Enrique Putalláz. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.  
Carlos Ramírez Righi. Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil.  
Oscar Rivadeneira Herrera. Universidad Tecnológica de Chile, Chile.  
Julio Rojas Arriaza. Universidad de Playa Ancha, Chile.  
Carlos Torres de la Torre. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.  
Magali Turkenich. Universidad de Palermo, Argentina.  
Ignacio Urbina Polo. ProDiseño Escuela de Comunicación Visual y Diseño, Venezuela.  
Verónica Beatriz Viedma Paoli. Universidad Politécnica y Artística del Paraguay, Paraguay.  
Ricardo José Viveros Báez. Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

## Sumario

Reflexión Académica en Diseño y Comunicación  
Interfaces en Palermo VI. Congreso para Docentes, Directivos,  
Profesionales e Instituciones de nivel Medio y Superior  
Año XX. Vol. 40  
ISSN 1668-1673

Facultad de Diseño y Comunicación  
Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina.  
2019

**Resúmenes**

Español ..... pp. 9-9  
Inglés ..... pp. 9-9  
Portugués ..... pp. 10-10  
Síntesis de las instrucciones para autores ..... pp. 10-10

**Interfaces en Palermo VI. Congreso para Docentes, Directivos, Profesionales e Instituciones de nivel Medio y Superior.**

María Elena Onofre .....pp. 11

**Procedimiento integral de enseñanza y aprendizaje de los lenguajes del multimedia**

Marcelo Luis Aceituno .....pp. 67

**Actitudes, opinión pública y hábitos de consumo de los usuarios jóvenes de redes sociales**

Stella Maris Aguirre, María Florencia Álvarez,  
Facundo Fernández, Indiana Larriera Solanet y  
Jessica Laurent .....pp. 71

***b-Learning* en Educación Superior.**

**Una experiencia desde la lengua inglesa hasta la gastronomía mexicana**

Shaila Álvarez Junco y Jorge Francisco Barragán.....pp. 79

**Espacio móvil itinerante *DiverGenTe* (Diversidad, Género, Transversalidad, Educación)**

Sandra Stella Amorena Ibáñez, Elba Hernández Lamarque, Antonella Lira Collazo, Rossana Molinari Sanz, Leticia Analfá Paulós Techera, Paola Piacenza Liurgo, María Carolina Raimondo Alonso, Roxana Rüginitz Garabedian .....pp. 83

**Con Vivir**

Natalia Andrea Arias .....pp. 90

**Robótica Educativa aplicada al Aprendizaje de los Fundamentos de la Arquitectura de Computadoras y de la Programación en Lenguaje de Máquina**

Matías Sebastián Ávalos y Diego Pablo Corsi .....pp. 93

**Proyectos de base tecnológica como estrategia para integrar profesionales en un ambiente universitario. Diseño de material didáctico y simuladores para la enseñanza de anatomía de la Universidad El Bosque de Bogotá,**

Juan Sebastián Avila Forero .....pp. 96

**“Un recorrido por CABA siguiendo a la fiebre amarilla” ET 36 DE 15 “Almirante Guillermo Brown”**

Silvia Canosa, Alejandra Masgoret Cuéllar y Ana Laura Sánchez .....pp. 100

**Contar para vivirla**

Silvana Cardoso y Axel Horn .....pp. 103

**Docentes enredados: la comunicación virtual en las escuelas secundarias**

Gabriela Casenave .....pp. 105

**Aula Virtual: ¿una posibilidad para la transformación institucional? Reflexiones de experiencias**

Patricia De Angelis .....pp. 109

**Arte, emociones y aprendizaje: una unión posible**

Marcela Díaz Trincado y Darío José Osorio Tillería .....pp. 111

**Desafíos para los usos de las TIC en el proceso pedagógico-didáctico y en la dinámica social de la escuela**

Analfá Errobidart .....pp. 114

**Estimulando las ganas de aprender ¿Cuántas son tus fortalezas?**

Antonella Mariángeles Galanti .....pp. 117

**Co-construyendo y aprendiendo con juegos digitales**

Valeria Callegari, Ricardo Galizia, María Gabriela Galli, Graciela Beatriz Malagamba, Andrea Melana y Patricia Ochoa .....pp. 119

**Scratch en el aula de literatura. Una experiencia con alumnos de escuela secundaria**

María Gabriela Galli y Marcela Liliana Tammaro .....pp. 123

Reflexión Académica en Diseño y Comunicación. Año XX. Vol. 40

*ming Within an Interdisciplinary Framework.* En A. Jimoyiannis (Ed.), *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 197-210). New York: Springer.

Kennedy, K., Koebel, C. y Schreiber, R. (2004). Defining and measuring the productivity of programming languages. *The International Journal of High Performance Computing Applications*, 18(4), 441-448.

Papert, S. (1981). *Desafío a la mente.* Computadoras y educación. Buenos Aires: Ediciones Galápagos.

¿Qué es Robótica para Educar? (s. f.). Recuperado de: [http://www.casarasoda.gov.ar/pdf/robotica\\_para\\_educar.pdf](http://www.casarasoda.gov.ar/pdf/robotica_para_educar.pdf)

**Abstract:** The demand for greater productivity has given rise to programming languages with an increasingly higher level of abstraction. However, sometimes these languages are too slow to solve certain problems, and knowledge of computer architecture and its programming in machine language can help find a solution. Although these issues often represent an insurmountable challenge for many students, there are innovative teaching practices to pave the way, as is the case of Educational Robotics. In this opportunity, we report on an experience carried out at UTN-INSPT where, during some lectures on the subject Computer Systems I, a machine language was used to program a robot capable of drawing turtle graphics. The observation of the experience made it possible to verify, on the one hand, a positive impact on the motivation of the students and, on the other hand, the application of various competences.

**Keywords:** Educational innovation - robotics - computer architecture - machine language - programming

**Resumo:** A exigência de uma maior produtividade tem feito surgir linguagens de programação com um nível de abstração a cada vez mais alto. Com frequência estes temas representam um desafio infranqueável para muitos estudantes, existem práticas de professores inovadoras para allanar o caminho, como é o caso da Robótica Educativa. Nesta oportunidade, relatamos uma experiência realizada em UTN-INSPT onde, durante a cursada da matéria Sistemas de Computação I, se usou uma linguagem de máquina para programar um robô capaz de desenhar gráficos de tortuga. A observação da experiência permitiu constatar, por um lado, um impacto positivo na motivação dos estudantes e, por outro lado, o aplicativo de diversas competências.

**Palavras Chave:** Inovação educacional - robótica - arquitetura - computador - linguagem - programação

<sup>(1)</sup> **Matías Sebastián y Valos.** Técnico Superior en Informática Aplicada (UTN-INSPT) y Técnico en Electrónica (E.T. N°19 D.E. I-GCABA).

<sup>(2)</sup> **Diego Pablo Corsi.** Magíster en Ingeniería en Sistemas de Información y Licenciado en Tecnología Educativa (UTN-FRBA). Profesor en Disciplinas Industriales, especialidad Informática Aplicada (UTN-INSPT).

## Proyectos de base tecnológica como estrategia para integrar profesionales en un ambiente universitario. Diseño de material didáctico y simuladores para la enseñanza de anatomía de la Universidad El Bosque de Bogotá

Juan Sebastián Ávila Forero <sup>(1)</sup>

**Resumen:** La propuesta presenta algunas consideraciones como tópicos de trabajo, que fueron utilizados para crear el proyecto AtlasPro, un proyecto de integración entre diferentes facultades de la Universidad El Bosque de Bogotá, como estrategia para conectar ámbitos de trabajo de diseñadores industriales en formación con escenarios reales de observación, con el objetivo de aportar al desarrollo de material didáctico y de simulación para la enseñanza de anatomía de estudiantes en áreas de la salud; Esta experiencia integra cuatro factores fundamentales para su desarrollo: modelado escultórico asistido por computador, impresión 3D como método de fabricación, moldes y reproducciones con siliconas y por último el concepto de autoproducción.

**Palabras clave:** Anatomía - impresión - integración - diseño industrial - autoproducción - modelado

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 100]

Fecha de recepción: septiembre 2018

Fecha de aceptación: noviembre 2018

Versión final: enero 2019

### Introducción

La Universidad El Bosque (UEB) es una institución de educación superior en Bogotá - Colombia, fundada hace 40 años con un marcado interés por la enseñanza y la investigación en áreas de la salud y calidad de vida.

La UEB ha crecido significativamente después de la primera década del siglo XXI. Este crecimiento se ratifica en la creación de nueva oferta académica, donde se han duplicado los programas en los últimos seis años. La responsabilidad con el crecimiento también se sustenta en el desarrollo de nuevas áreas del conocimiento, como ingenierías, ciencias sociales y artes que complementen su énfasis en las áreas de la salud. (Universidad El Bosque, 2012)

La facultad de creación y comunicación de la UEB, oferta las carreras profesionales de Diseño Industrial, Diseño de Comunicación, Arquitectura, Música, Artes plásticas y Artes escénicas. En 2017 inauguró la maestría en industrias creativas y culturales, y está en proceso de lanzar dos maestrías más, una en Ergonomía y otra en Diseño y Tecnologías Creativas.

Durante los últimos 4 años y como parte de la investigación doctoral del profesor Ávila, se han comenzado a trabajar proyectos de base tecnológica, teniendo como punto de partida el diseño industrial como eje de integración y algunas tecnologías como el modelado 3D, paramétrico y escultórico, la impresión aditiva y el desarrollo de pre-series mediante moldes y reproducciones. Todas estas técnicas y tecnologías bajo la premisa del desarrollo de proyectos enfocados en el sistema de enseñanza - aprendizaje en áreas de la salud, acompañado desde el punto de vista científico por diferentes profesores de las carreras de Odontología y Medicina, en diferentes niveles y alcances en los proyectos.

Entre los resultados más destacados están los proyectos de investigación titulados: AtlasPro, (Ávila Forero 2016), modelos anatómicos (2016) y Anatom3D (2017), simulador de entrenamiento para cirugías por laparoscopia y cateterismo.

### Conceptos fundamentales como ejes de integración

Uno de los factores de cambio con la aparición de la impresión aditiva y su influencia, ha sido la educación industrial y la aproximación a diversos espacios de trabajo que hasta hace algunos años eran un tabú, por la delicadeza, complejidad y dificultad para realizar contribuciones, siempre que no se contaba con una infraestructura y una plataforma tecnológica robusta para materializar ideas, que en su gran mayoría quedaba solamente en papel o en el mundo virtual. (Chaparro García, L. V., & Ávila Forero, J. S. 2015).

Los diseñadores, técnicos, tecnólogos e ingenieros industriales, que se encuentran en formación en universidades y centros de enseñanza a nivel mundial después de la primera década del siglo XXI, encuentran una ventaja y oportunidad, al contar con una brecha generacional en su educación. Esta revolución en los medios de crear, representar, prototipar, validar y transferir sus proyectos de manera fácil, económica y realista, está cambiando exponencialmente lo que tradicionalmente se conoce como industria, las teorías económicas del

mercado de oferta y demanda; conceptos como la personalización, las series limitadas, el diseño de autor, entre otros conceptos que no son del todo novedosos, cobrarán fuerza y serán algunos de los nuevos ejes de emprendimiento en temas de manufactura y producción física. (Martínez Torán, 2016).

El movimiento *Maker*, (McCullough, M. S. 2014) describe una de las tendencias que está redefiniendo la relación de la sociedad con la tecnología: las innovaciones tecnológicas ya no son creadas única y exclusivamente por grandes fabricantes y compañías multinacionales. Cada individuo cuenta hoy con las herramientas y las posibilidades para crear sus propios productos, empoderando a las personas a través de la innovación y el conocimiento abierto, de modo que sus adeptos tengan la posibilidad de crear productos, y hacer realidad sus ideas sin incurrir en grandes inversiones, compartiendo el qué, cómo y por qué crean.

Bajo la misma tendencia, el *do it yourself* (DIY) o hágalo usted mismo, (Collective, T. T. 2007) busca que las comunidades se apropien del conocimiento y creen pequeñas redes de cooperación, donde puedan dar solución a sus inquietudes de forma autónoma, por último, el auge en el desarrollo de tecnologías cada vez más accesibles para un público entusiasta, más potentes y pequeñas en dimensiones, tecnologías como las impresoras 3D y el auge en el desarrollo de software libre, han permitido que muchos creativos se den a la tarea de materializar sus ideas y poderlas llevar al mundo real a partir de prototipos que pueden ser validados en contextos reales. (Berchon, M., & Luyt, B. 2016).

A partir de estos conceptos básicos, pero fundamentales para la educación de las nuevas generaciones de creativos, se encontró una oportunidad interesante dentro de la UEB para poder integrar profesionales, facultades y estudiantes en proyectos que pudieran ser observados, planteados y fabricados dentro de la misma Universidad.

Se encontró que bajo el concepto de enseñanza de -Anatomía- hay un importante campo de investigación con potencial integrador, y aún más, dentro de una Universidad donde el factor diferenciador gira en torno a las áreas de la salud.

### Oportunidad de integración. Diseño y fabricación digital y simulación en áreas de la salud

Desde la visión del diseño industrial y con el boom de las tecnologías de fabricación digital se encuentra una oportunidad de aplicación en el estudio de la anatomía humana, al analizar que, entre las representaciones bidimensionales de los libros y la tridimensionalidad que aportan los especímenes en un anfiteatro, hay una brecha amplia para que los estudiantes puedan apropiarse del conocimiento de una manera más eficiente, para posteriormente asimilar lo que encontrarán en una práctica con un paciente en la vida real.

La simulación clínica en la academia y hospitales es una práctica común y transversal en gran parte de las universidades dedicadas a la enseñanza en áreas de la salud, fundamenta su importancia al ser un pilar importante para diferentes profesionales de medicina, ci-

Reflexión Académica en Diseño y Comunicación. Año XX. Vol. 40

rugía, enfermería, instrumentación quirúrgica y demás especialidades relacionadas, al intentar aproximar a los estudiantes en formación a un entorno real sin el compromiso de tratar con vidas humanas.

La reinterpretación de los modelos anatómicos y de simulación para entrenamiento médico desde la visión del diseño y el uso de tecnologías como la impresión 3D, encuentra un importante campo de investigación y desarrollo tecnológico, al poder mejorar la precisión y nivel de detalle de los modelos existentes, las sensaciones perceptuales, la selección de materiales, la manipulación y la capacidad de transferencia a un menor costo. (García Pellicer, A. J. 2013). Además, brinda la posibilidad de personalizar de manera eficaz las diferentes estructuras frente a las necesidades particulares del entrenamiento médico.

#### Diseño y fabricación de modelos anatómicos y simuladores de entrenamiento

A partir de bibliotecas virtuales de mallas poligonales de uso libre de partes del cuerpo humano, siendo la más representativa, *lifescience.jp* (Mitsubishi, N., et al 2009), se comenzó un proceso de diseño y comprobación virtual, utilizando diferentes herramientas de configuración y representación de modelos 3D, estos desarrollos fueron validados por médicos especialistas de la UEB, permitiendo un proceso de co-creación interdisciplinar con estudiantes de diseño industrial.

Como caso de estudio, se seleccionó las cirugías de laparoscopia para ilustrar la complejidad de los procedimientos que se podrían simular en la plataforma, y la diversidad de modelos, texturas y complejidad de relaciones espaciales, que por medio de impresión 3D se pueden desarrollar con pocos recursos. Desde un punto de vista técnico, las cirugías de tipo mínimamente invasivas (laparoscópicas) proporciona un tratamiento quirúrgico a gran número de enfermedades con muchas ventajas para el paciente tales como:

- Incisiones menores a 1 cm con mejores efectos cosméticos.
- Tiempos de hospitalización reducidos y un rápido regreso a su vida cotidiana, generando menores tiempos de incapacidad. (Hernández Rojas, L. E., & Ávila Forero, J. S. 2016).

Desde un punto de vista formativo, los estudiantes con mejores programas y equipos de entrenamiento, pueden ejecutar operaciones con un grado mayor de precisión y menor riesgo de complicaciones, impactando de forma directa todo el sistema económico entorno a una operación quirúrgica.

La posibilidad de realizar simulaciones con órganos o sistemas específicos y personalizados para cada paciente, puntualmente para el desarrollo de simuladores de entrenamiento para operaciones de alto riesgo, es un valor agregado para el simulador presentado. Utilizando una técnica para la transformación de imágenes médicas, particularmente *.DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)* estándar reconocido mundialmente para el intercambio de pruebas médicas; estos sistemas de transformación están pensados para

su manejo, visualización, almacenamiento, impresión y transmisión, en archivos editables *.STL (Standard Triangle Language)* o *Mesh (Mallas poligonales)* formatos de archivos informáticos de diseño asistido por computador (CAD). (Huotilainen, E., et al 2014).

Retomando ideas de Itagaki (Itagaki, M. W. 2015), estos archivos editables permiten editar de cualquier forma los órganos de los pacientes en un ambiente virtual para posteriormente ser impresos en tres dimensiones, permitiendo a los doctores dimensionar visual y táctilmente, evaluar posibles complicaciones, entrenar la memoria muscular para realizar una intervención y visualizar las relaciones espaciales entre los elementos que interverán en la cirugía.

Estos órganos pueden ser impresos en tres dimensiones con diferentes tecnologías que permiten simular diferentes características necesarias para el entrenamiento o la enseñanza médica, se pueden utilizar materiales de impresión rígidos y flexibles en una extensa gama de posibilidades de propiedades físicas y químicas. (Kilic, D., et al 2016). Asimismo es posible realizar reproducciones por medio del uso de técnicas mixtas de fabricación que incluyen la fabricación por moldeo con siliconas especiales, que permiten obtener réplicas de órganos en diferentes materiales, permitiendo así emular casi cualquier estructura anatómica del cuerpo humano.

Estas técnicas de impresión 3D aún presentan algunas limitaciones en términos de reproducciones para series largas y en la disponibilidad de materiales para representar algunas propiedades necesarias para simular estructuras anatómicas, estos problemas fueron solucionados tomando técnicas tradicionales de reproducción por medio de moldes, permitiendo así realizar vaciados de materiales específicos como siliconas de base de platino con durezas entre 10 y 40 A que emulan algunas propiedades sensoriales de las capas de piel, músculo, grasa y hueso del cuerpo humano, adicionalmente se tomaron técnicas de maquillaje y pintura que permitieron recrear de una forma más realista los sistemas anatómicos.

Cabe resaltar que estas técnicas, como la impresión aditiva o la segmentación de escaner médicos en archivos editables, tienen un aspecto técnico bastante profundo y específico, donde la selección de la tecnología, los parámetros de impresión o conversión y el material específico a utilizar, hacen que sea bastante especializado el proceso para obtener resultados satisfactorios. No obstante estos desarrollos se encuentran aún en constante evolución permitiendo que entusiastas de todo el mundo aporten con investigaciones específicas, abriendo un amplio campo de investigación aplicada para todos los niveles de formación y conocimiento.

#### Conclusiones

Este proyecto hace parte de la investigación doctoral en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) del profesor Ávila titulada "Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque de Bogotá - Colombia.

Los procesos de articulación de profesiones en un proyecto interdisciplinar dentro de una Universidad, es un



desafío que tiene diferentes ámbitos de trabajo que deben ser sincronizados de forma tal, que el trabajo fluya y no se pierda en un mar de ideas en el aire que se olvidan con el tiempo. Se deben tener en cuenta factores temporales, de recursos, de sincronización de actividades, de formas y posturas al abordar un proyecto que por la naturaleza misma de diferenciación en los oficios y estructuras mentales de los integrantes de un proyecto pueden causar dificultades o por el contrario, oportunidades interesantes para ser explotadas. (Ávila-Forero, J.S. 2016)

El proyecto AtlasPro y el Proyecto Anatom3D fueron realizados con técnicas de modelado y escultura tridimensional digital, impresión 3D y el trabajo con moldes de partes del cuerpo humano. A partir del trabajo de estudiantes y profesores de diseño industrial, que materializaron las necesidades de docentes y estudiantes particularmente que hacen uso del anfiteatro de la U. El Bosque. A inicios de 2018 se han realizado más de 10 modelos anatómicos de diferentes partes del cuerpo humano, con diferentes aproximaciones a las que tradicionalmente se encuentran en el mercado. Se han formado cerca de 40 estudiantes de diseño industrial que han desarrollado competencias específicas para el diseño de modelos anatómicos y simuladores de entrenamiento médico a partir de tecnologías de fabricación digital. El proyecto global ha recibido financiación de 3 convocatorias de apoyo a la investigación tanto internas como externas a la Universidad en los últimos 3 años. Para Instituciones de formación de profesionales en áreas de la salud, contar con simuladores a bajo costo para enseñanza de anatomía fabricados localmente puede ser una herramienta estratégica que ayudará a impulsar estas carreras y tendrá impacto a largo plazo en indicadores de salud y calidad de vida de los habitantes del país.

Durante los ejercicios de aproximación con profesores de las diferentes asignaturas de Morfología y Anatomía de la Universidad hay algunas reflexiones importantes para resaltar y enumerar que permitieron el desarrollo exitoso de los proyectos de grado de los diseñadores (7564-%)524-16%(25 < 7)4(25)2&\_j6-8252071)5 (21)0%8%53%46)56)1+\*1718&1)'.-2'20@1 <#16) - reses particulares a desarrollar, con los cuales se aporte a objetivos no contemplados, enriqueciendo los proyectos 625 < "-5325-?1 3%4%64%&% %4 %4-5+2)1 71% %6- tud relajada en donde no hay mucho que perder si una -(%) 126-1)=9-62 <1/%4-(%) (1)6)0%5 () (1)4'.25 de autor, morales, de explotación y reconocimiento de (25%3246)5()(%3%46) <\$)53)62324/25342)525: estructuras mentales en la forma de abordar un proyecto (05)(-4)16)50-4%(5.5.2.-25 <-8-5?1)6)4%& % - .25)+@1/%5,%&-1(%)(53423-%)1)%(%-16)+4%16) < Interés por aprender de los procesos y particularidades de la otra profesión, sin llegar a tener un conocimiento 34271(23)425> +2&%( / ) / %5 %6-8-(%) (5 < 3)467 - ra mental para entender que no hay solo una forma de entender y hacer las cosas, y los procesos tradicionales pueden ser enriquecidos por nuevas ideas o aproximaciones para lograr un objetivo común. Proyectos con impresión 3D aplicada en intervenciones, quirúrgicas, prótesis, entre otras, son hoy temas donde

los nuevos creadores pueden aportar desde una mirada mucho más contundente y donde gracias a su formación en el diseño, gestión y fabricación de proyectos, hoy pueden generar y encontrar nuevos espacios de trabajo.

#### Referencias bibliográficas

- Ávila Forero, J. S. (2016). Design of training materials for teaching anatomy. En E. U. València (Ed.), *IFDP 16 - Systems & Design: Beyond Processes and Thinking* (págs. 1015-1030). Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Chaparro García, L. V., & Ávila Forero, J. S. (2015). *Anatomical 3D: Producción de material médico con enfoque didáctico para la enseñanza y estudio de casos específico a partir de tecnologías de diseño y fabricación digital 3D*. Universidad El Bosque.
- Collective, T. T. (2007). *Do it yourself: A handbook for changing our world*. London: Pluto Press.
- García Pellicer, A. J. (2013). *Impresión 3D y las nuevas tecnologías en el ámbito odontológico*.
- Hernández Rojas, L. E., & Ávila Forero, J. S. (2016). *SI-MULA*, simulador de cirugía laparoscópica
- Huotilainen, E., Jaanimets, R., Valásek, J., Marcián, P., Salmi, M., Tuomi, J. . . . Wolff, J. (2014). *Inaccuracies in additive manufactured medical skull models caused by the DICOM to STL conversion process*. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 42(5), e259. doi:10.1016/j.jcms.2013.10.001
- Itagaki, M. W. (2015). *Using 3D printed models for planning and guidance during endovascular intervention: A technical advance*. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 21(4), 338-341. doi:10.5152/dir.2015.14469
- Kilic, D., Ustbas, B., Budak, E. P., Eyiyoğlu, H., Yilmaz, C., Eldem, B., & Akbulut, O. (2016). *Silicone-based composites as surgical breast models for oncoplasty training*. *Procedia Engineering*, 159, 104-107. doi:10.1016/j.proeng.2016.08.131
- Martínez Torán, m. (2016). *¿Por qué tienen tanta aceptación los espacios maker entre los jóvenes?* Cuadernos de Investigación en Juventud, ISSN 2530-0091. N° 1 Julio 2016. e003. doi: 10.22400/cj.1.e003.
- McCullough, M. S. (2014). *Hatch, mark.the maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkers*. American Library Association CHOICE.
- Mitsuhashi, N., Fujieda, K., Tamura, T., Kawamoto, S., Takagi, T., & Okubo, K. (2009). *BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts*. *Nucleic Acids Research*, 37(suppl\_1), D782-D785. doi:10.1093/nar/gkn613
- Berchon, M., & Luyt, B. (2016). *La impresión 3D: Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Universidad El Bosque. (2012). *Historia y cronología*. Recuperado de <http://www.uelbosque.edu.co/institucional/historia-cronologia>.

Reflexión Académica en Diseño y Comunicación. Año XX. Vol. 40

**Abstract:** The proposal presents some considerations as working topics, which were used to create the project AtlasPro, an integration project between different faculties of the Universidad El Bosque de Bogotá, as a strategy to connect work areas of industrial designers in training with real scenarios of observation, with the aim of contributing to the development of didactic and simulation material for the anatomy teaching of students in health areas; This experience integrates four fundamental factors for its development: Computer-aided sculptural modeling, 3D printing as a manufacturing method, molds and reproductions with silicones and finally the concept of self-production.

**Keywords:** Anatomy - printing - integration - industrial design - self-production - modeling

**Resumo:** A proposta apresenta algumas considerações como tópicos de trabalho, que foram utilizados para criar o projeto AtlasPro, um projeto de integração entre diferentes faculdades

da Universidade O Bosque de Bogotá, como estratégia para ligar âmbitos de trabalho de desenhadores industriais em formação com cenários reais de observação, com o objetivo de contribuir ao desenvolvimento de material didático e de simulação para o ensino de anatomia de estudantes em áreas da saúde; esta experiência integra quatro fatores fundamentais para seu desenvolvimento: modelagem escultórica assistida por computador, impressão 3D como método de fabricação, moldes e reproduções com siliconas e por último o conceito de autoprodução

**Palavras Chave:** Anatomia - impressão - integração - design industrial - autoprodução - modelagem

<sup>(\*)</sup> **Juan Sebastian y vila Forero.** Candidato a Doctor en Diseño, gestión y fabricación de proyectos industriales de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Magister en Diseño de Producto del Politécnico Di Milano (POLIMI), Diseñador Industrial de la Universidad Nacional de Colombia (UN).

## “Un recorrido por CABA siguiendo a la fiebre amarilla” ET 36 DE 15 “Almirante Guillermo Brown”

Fecha de recepción: septiembre 2018

Fecha de aceptación: noviembre 2018

Versión final: enero 2019

Silvia Canosa <sup>(\*)</sup>, Alejandra Masgoret Cuéllar <sup>(\*\*)</sup>  
y Ana Laura Sánchez <sup>(\*\*\*)</sup>

**Resumen:** A partir de una enfermedad viral como la fiebre amarilla, y tomando como base la epidemia de la fiebre amarilla en Buenos Aires ocurrida en el año 1871, se trató de contemplar no solo la dimensión biológica de la enfermedad sino la integridad de las diferentes dimensiones que se desarrollan, tanto aquellas de carácter social, como económicas, políticas, y biológicas. Para ello se plantea la creación de un proyecto en común con materias de diferentes áreas (Ciencias Sociales y Ciencias Naturales), específicamente dentro de las materias Biología, Geografía e Historia. Pudiendo así insertar la problemática de la fiebre amarilla en una perspectiva histórica, geográfico-ambiental y cultural de la salud.

**Palabras clave:** Salud - educación - estudiantes - política - cultura

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 93]

### Introducción

La historia de la ciudad de Buenos Aires y específicamente de la fiebre amarilla tienen mucho escrito, la diversidad de los abordajes bibliográficos sobre dicha temática es muy amplia y nos da la posibilidad de trazar un abordaje interdisciplinario (Historia, Biología y Geografía) y enriquecedor para nuestros alumnos. Para ampliar el trabajo áulico del contenido teórico en cada materia, nos pareció importante trazar un recorrido histórico tomando como referencia la epidemia de la fiebre amarilla por el cual falleció el 8 % de la población de Buenos Aires en el año 1871.

Se trabajará desde las materias del área de Ciencias Sociales y Naturales pasando por:

- El recorrido geográfico de la enfermedad desde su posible punto de partida, hasta su llegada a nuestra Ciudad y las consecuencias demográficas en la ciudad de Bs. As. y los diferentes barrios porteños.

- El contexto histórico y el abordaje de la problemática por el gobierno de dicha década.

- La dimensión biológica de la enfermedad.

Debido a este acontecimiento, algunos barrios se transformaron y otros barrios surgieron, por ejemplo, el cementerio del Sur colapsó y tuvo que ser clausurado; por ello se inauguró el cementerio de la Chacarita, el más conocido hoy en día.

## 20.19. Artículo - Revista Colombiana de Enfermería.

RevColomEnferm. Octubre 2018 Volumen 17 Año 13 Pág81-38 |

## Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

## Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones

### Custom 3D printed anatomical models as tools for learning and preparation of Interventions

Modelos anatómicos personalizados impressos em 3D como ferramentas para aprendizagem e preparação de intervenções

Juan Sebastián **Ávila F.**<sup>1</sup>  
 Marco **De Rossi E.**<sup>2</sup>  
 Manuel **Martínez T.**<sup>3</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.18270/rce.v17i13.2352>

Recibido: 2018-06-29; aprobado: 2018-09-10

## RESUMEN

**Objetivo:** presentar un método de desarrollo basado en dos casos de modelos anatómicos personalizados impresos en 3D, el primero una arteria cerebral y el segundo una estructura ósea del húmero humano, a fin de ejemplificar el uso de herramientas de visualización tridimensionales para planificar intervenciones quirúrgicas. **Método:** se seleccionaron imágenes médicas de tomografías computarizadas o imágenes de resonancia magnética de pacientes anónimos y la sección específica del órgano se segmentó con el *software* 3D Slicer. El modelo se convirtió en mallas poligonales en tres dimensiones, se optimizó y se imprimió en 3D. La morfología del órgano representada en el modelo anatómico se validó con especialistas para determinar si son oportunas para planificar procedimientos médicos. **Resultados:** diversos modelos anatómicos de los mismos casos se elaboraron en

## Citación del artículo

**Vancouver:** Ávila JS, De Rossi M, Martínez M. Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones. Rev. Colomb. Enferm. [Internet]. 2018 [consultado (día mes año)]; 17: 31-38. Disponible en: <http://revistacolombianadeenfermeria.unbosque.edu.co/> o DOI <http://dx.doi.org/10.18270/rce.v17i13.2352>

**APA:** Ávila, J. S., De Rossi, M., y Martínez, M. (2018). Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones. Revista Colombiana de Enfermería, 17, 31-38. Recuperado de <http://revistacolombianadeenfermeria.unbosque.edu.co/> o DOI <http://dx.doi.org/10.18270/rce.v17i13.2352>

1 Diseñador Industrial, magister en Diseño de Producto, candidato a Doctor en Diseño, Gestión y Fabricación de Proyectos Industriales. Profesor asistente, Facultad de Creación y Comunicación, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: [avilajuan@unbosque.edu.co](mailto:avilajuan@unbosque.edu.co)

2 Diseñador industrial, magister en Diseño de Producto, candidato a doctor en Diseño, Gestión y Fabricación de Proyectos Industriales. Investigador FabLab. Valencia, España. Correo Electrónico: [marco.de.rossi.industrial@gmail.com](mailto:marco.de.rossi.industrial@gmail.com)

3 Diseñador Industrial y Gráfico, doctor en Bellas Artes. Profesor titular, Universidad Politécnica de Valencia, Director FabLab. Valencia, España. Correo electrónico: [mmoran@upv.es](mailto:mmoran@upv.es)

| Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones  
 Juan Sebastián Ávila F., Marco De Rossi E., Manuel Martínez T.

dos laboratorios de fabricación digital, uno en la Universidad El Bosque y otro en el FabLab Valencia, con diferentes variables en su proceso técnico y características, dada la dificultad de morfologías y delicadeza de las estructuras presentes en el cuerpo humano. **Conclusiones:** con el método presentado sí es posible realizar modelos anatómicos personalizados en 3D para visualizar y simular estructuras anatómicas de pacientes útiles en la planeación de cirugías y la enseñanza de anatomía, que podrían mejorar el éxito en las intervenciones y el entrenamiento de profesionales en áreas de la salud.

**Palabras clave:** modelos anatómicos; impresión tridimensional; imagen por resonancia magnética; simulación.

#### ABSTRACT

**Objective:** To present a method of development based on two cases of custom anatomical models printed in 3D; the first one a cerebral artery and the second a bone structure of the human humerus, to exemplify the use of three-dimensional visualization tools to perform planning of surgical operations. **Method:** It consisted of: a) Searching CT or MRI images of anonymous patients, b) Segmenting with the 3D Slicer software the specific section of the organ, c) Converting the model into polygonal meshes in three dimensions, d) Optimizing and printing in 3D, e) Validating with specialists the organ morphology to determine if they are pertinent to planning medical procedures. **Results:** Models were made in two different manufacturing laboratories; El Bosque University and FabLab in Valencia, with various anatomical models manufactured of the same case with different variables in their process and characteristics given the difficulty of morphologies and delicacy of the structures present in the human body. **Conclusion:** The method presented does provide useful results as an example for the planning of surgeries and anatomy teaching of anatomical structures in different scenarios that could improve the success in interventions and the training of professionals in health areas.

**Key words:** models, anatomic; three-dimensional printing; magnetic resonance imaging; simulation.

#### RESUMO

**Objetivo:** apresentar um método de desenvolvimento de modelos anatómicos personalizados em 3D para exemplificar o uso de ferramentas de visualização para realizar planificação de operações cirúrgicas. Realizaram-se dois modelos como exemplo; o primeiro uma artéria cerebral e o segundo uma estrutura óssea do úmero humano. **Método:** o método de trabalho consistiu em a) Buscar imagens médicas realizadas com CT ou MRI de pacientes anônimos, b) Segmentar com o software 3D Slicer a seção específica do órgão, c) Converter o modelo em malhas poligonais em três dimensões, d) Otimizar e imprimir em 3D, e) Validar com especialistas a morfologia do órgão para determinar se são pertinentes para planejar procedimentos médicos. **Resultados:** fabricou-se em dois laboratórios de fabricação diferentes, um na Universidad El Bosque e outro no FabLab Valencia, diversos modelos anatómicos do mesmo caso com diferentes variáveis em seu processo e características dada a dificuldade de morfologias e delicadeza das estruturas presentes no corpo humano. **Conclusão:** o método apresentado proporciona resultados úteis para o planejamento de cirurgias e ensino de anatomia de estruturas anatómicas em diferentes cenários que poderiam melhorar o êxito das intervenções e o treinamento de profissionais na área de saúde.

**Palavras-chave:** modelos anatómicos; impressão tridimensional; imagem por ressonância magnética; simulação.

## INTRODUCCIÓN

La impresión tridimensional o 3D para el área médica está emergiendo como una herramienta de visualización física de imágenes clínicas relevante en las actividades de planificación preoperatoria en muchas especialidades quirúrgicas. Además, dado su componente técnico y tecnológico, conduce a la colaboración interdisciplinaria entre diseñadores, ingenieros, radiólogos, enfermeros, cirujanos o cualquier profesional relacionado con las áreas de la salud (1, 2). Imágenes médicas de tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM), tomografía axial computarizada (TAC), entre otras,

pueden usarse para fabricar modelos de tamaño natural de partes anatómicas humanas normales o patológicas (3), así como implantes específicos para el paciente o guías quirúrgicas.

Los modelos impresos en 3D pueden mejorar el diagnóstico y permitir una planificación preoperatoria avanzada; sus aplicaciones se reportan en campos como la cardiología, la ortopedia y la neurocirugía (4). También son un recurso didáctico para la enseñanza de estructuras anatómicas y patologías difíciles de visualizar tanto para los profesionales

Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones | Juan Sebastián Ávila F., Marco De Rossi E., Manuel Martínez T.

de la salud, como para los pacientes. Los modelos impresos son adecuados para planear procedimientos quirúrgicos y mínimamente invasivos (5, 6), aportan un valor agregado para mejorar resultados en toda la cadena de tratamiento, reducen el riesgo perioperatorio y desarrollan nuevos procedimientos que pueden ser practicados fuera del quirófano.

Los profesionales en las áreas de la salud están utilizando la impresión 3D para evaluar la invasión de tumores en estructuras vitales y ayudar en el diagnóstico y el trabajo con proveedores médicos para valorar herramientas e implantes antes de las operaciones, lo cual reduce costos y optimiza tiempos al elegir el enfoque quirúrgico más adecuado y realizar la cirugía en menos tiempo (7, 8). Los modelos anatómicos permiten a los cirujanos, los enfermeros y el cuerpo médico asimilar la información más rápidamente al ser tangible. La impresión 3D constituye un campo de rápido crecimiento y evolución con un potencial amplio para aportar a la industria de la salud; además, prelude escenarios de investigación más complejos como la bioimpresión, guías quirúrgicas, entre muchas otras aplicaciones.

Este artículo presenta un método de desarrollo basado en dos casos de modelos anatómicos personalizados impresos en 3D, el primero una arteria cerebral y el segundo una estructura ósea del húmero humano, para ejemplificar el uso de herramientas de visualización tridimensionales para planificar operaciones quirúrgicas. Se busca determinar si es una tecnología útil para visualizar y simular antes de intervenir un paciente.

## MÉTODO

El primer paso para la impresión 3D de modelos anatómicos para el estudio de pacientes implica la adquisición de datos a partir de una imagen médica, idealmente entre 0,75 a 1,00 mm entre una capa y otra de la imagen en Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) (9), formato estándar internacional para el intercambio de imágenes médicas. En este punto cabe resaltar que la calidad del modelo físico está directamente relacionada con la calidad del conjunto de datos DICOM utilizado. El segundo paso consiste en segmentar cuidadosamente cada tejido en las imágenes de origen con el fin de delimitar sus paredes respecto a la de los

tejidos adyacentes (10) y luego se reconstruye en un conjunto de datos 3D volumétrico en programas informáticos especializados. Para esta experimentación, se utilizaron los *softwares* de uso libre 3D Slicer (11, 12) y el Invesalius (13); el formato más común para la edición de estos modelos tridimensionales son las mallas poligonales o MESH en formato STL (estereolitografía) (3). Este proceso de conversión de imágenes 2D en 3D permite diferenciar estructuras anatómicas a partir del contraste entre pixel y pixel en una escala de grises que representan las diferentes densidades de los tejidos del cuerpo en cada imagen. A partir de estas imágenes, y con el uso de logaritmos, se convierten estos píxeles en vóxeles (píxeles en tres dimensiones) al fusionar imágenes bidimensionales adquiridas en diferentes planos geométricos (5): se seleccionan solo aquellos tejidos relevantes para el procedimiento quirúrgico propuesto y que se quieran imprimir en 3D. La segmentación y conversión de estas imágenes en volúmenes virtuales en tres dimensiones es una tarea que requiere tiempo, siendo un proceso con un alto grado de interpretación manual de los comandos y variables del programa, que dependen del conocimiento específico y la adecuada manipulación de las imágenes médicas, lo cual hace necesario el trabajo conjunto del médico especialista y el diseñador o ingeniero que fabrica el modelo.

Por su utilidad clínica, el modelo es pertinente dependiendo de su capacidad de comunicar rápidamente la información relevante, algo que añade un factor de complejidad adicional al tener tiempos cortos de producción (14). Elegir la modalidad de imagen apropiada y el protocolo de adquisición para maximizar el contraste tisular, la relación señal/ruido y la resolución espacial de un área anatómica de interés aumenta la precisión del modelo impreso y reduce la carga de los pasos de segmentación intensiva y posterior al procesamiento (15).

Es importante tener en cuenta que hoy en día todas las tecnologías de impresión 3D disponibles en el mercado requieren bastantes horas de trabajo para producir un modelo tangible. En este contexto, la impresión 3D de modelos anatómicos complejos exige un componente artístico de perfeccionamiento para seleccionar los tejidos relevantes y permitir su visualización óptima, por lo cual se convierte en un trabajo altamente especializado que necesita

Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones  
 Juan Sebastián Ávila F., Marco De Rossi E., Manuel Martínez T.

de profesionales capacitados en escultura digital (16). También es relevante el factor tecnológico en la manufactura pues se debe disponer de una impresora 3D. El tipo de impresión aditiva o tridimensional utilizada para materializar los modelos virtuales fue la Fused Deposition Modeling (FDM) (2). En el Laboratorio de Modelos y Prototipos de la Universidad El Bosque se utilizó un material en filamento PLA en una impresora Delta WASP 2040 y en el FabLab Valencia, una impresora PrusaI3; las dos impresoras cuentan con características similares desde el punto de vista técnico.

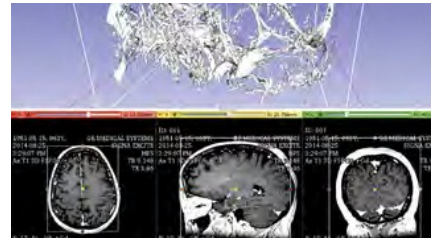
La impresión FDM es la tecnología más popular en la literatura científica de impresión 3D médica (10), dado el bajo precio de las impresoras y el costo razonable de los insumos. Esta tecnología consiste en un filamento de material termoplástico como acrílonitrilo butadieno acrilato (ABS) o ácido poliláctico (PLA) enrollado en una bobina que alimenta continuamente un extrusor metálico que calienta el material hasta su punto de fusión y que se mueve en el plano horizontal a través de la bandeja de impresión para depositar el material fundido en las ubicaciones espaciales ocupadas por el objeto impreso en cada sección transversal (17). Una vez que se ha tendido la sección transversal más baja del objeto, la bandeja retrocede o el extrusor se eleva en un espesor de capa entre 0,1 mm y 0,4 mm, y deposita la siguiente capa (18). El acabado superficial suele ser áspero y es posible realizar procesos de acabados superficiales y mecanizados con facilidad, lo que permite simular algunos procedimientos con el modelo plástico antes de intervenir en el paciente real (19). Cabe resaltar que estos modelos anatómicos son solamente una herramienta adicional para planificar una intervención y no deben sustituir otros medios de diagnóstico. Esta responsabilidad sigue siendo un trabajo conjunto de interpretaciones a partir de diferentes fuentes de información.

Para la realización de los modelos fueron utilizadas imágenes médicas sin nombres de pacientes para mantener la confidencialidad de los casos clínicos.

## RESULTADOS

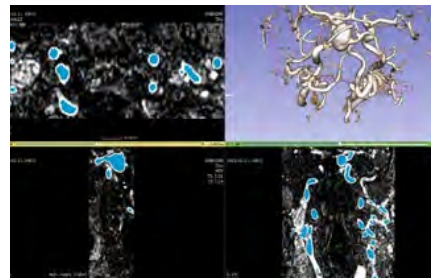
Se ha podido comprobar que es posible la creación de modelos impresos para el estudio anatómico a partir de imágenes médicas de potenciales pacientes reales (1, 2, 4). El primer modelo de estudio fue

realizado en 2016 a partir de un TAC de aneurisma cerebral, ubicado en el polígono de Willis de un paciente; se segmentó utilizando *software* 3D Slicer (véase Figura 1), usando el módulo preestablecido de segmentación del sistema vascular, el cual arrojó resultados satisfactorios iniciales de visualización en 3D en un ambiente virtual porque permitía distinguir las estructuras que componen la anatomía básica del polígono de Willis.



**Figura 1.** Captura de pantalla del *software* 3D Slicer: visualización de una cavidad craneal y polígono de Willis a partir de una tomografía axial computarizada

Posteriormente se ajustaron algunos parámetros del espectro de sensibilidad del *software* para perfilar de mejor forma los límites entre una estructura anatómica y otra del tejido vascular con el fin de eliminar algunas partes que no correspondían al área de interés de segmentación y conversión en lenguaje de impresión 3D (véase Figura 2).

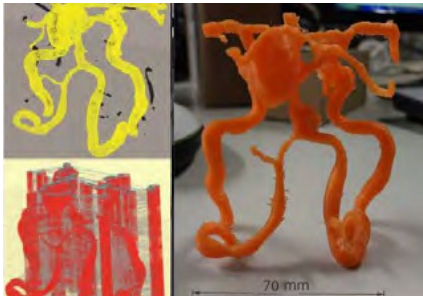


**Figura 2.** Captura de pantalla del *software* 3D Slicer: segmentación de un aneurisma cerebral en el polígono de Willis a partir de una tomografía axial computarizada



Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones | Juan Sebastián Ávila F., Marco De Rossi E., Manuel Martínez T.

Luego de este proceso de optimización del modelo virtual en 3D, el modelo tridimensional se convirtió a un formato STL con el fin de exportarlo a un *software* de edición de mallas poligonales (véase Figura 3). En este caso se utilizaron los programas de modelado tridimensional Rhinoceros (20) y Mesh-mixer (21) para optimizar el modelado y prepararlo para impresión 3D. Durante este proceso, es posible que se pierda información dado el componente de interpretación en los pasos mencionados para obtener el modelo tridimensional optimizado para impresión 3D; sin embargo, dada la imposibilidad de cotejar de forma efectiva los resultados obtenidos con la anatomía del paciente, esta afirmación queda enmarcada en el ámbito especulativo y no se encontró algún factor determinante para validar esta suposición.

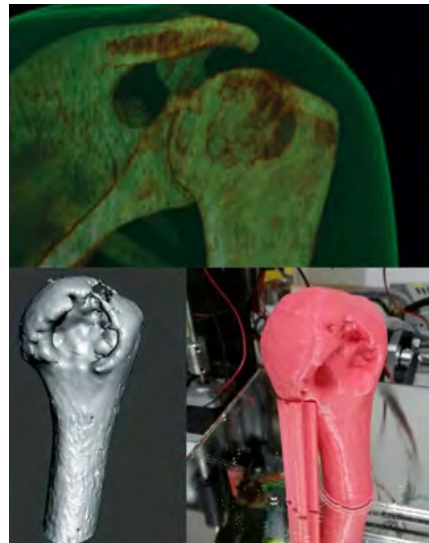


**Figura 3.** De izquierda a derecha: optimización del modelado 3D en Rhinoceros y posterior impresión 3D en PLA en una impresora Prusa I3. Resolución de 200 micras, velocidad de impresión 55 mm/s, relleno del 90%, espesor externo 2. Soportes automáticos impresos en el mismo material y retirado posteriormente de forma manual. (16)

El segundo modelo de estudio fue fabricado a partir de una TC del hueso húmero izquierdo de un paciente, el cual presentaba un tejido canceroso ubicado en la cabeza del rotador (véase Figura 4). Este modelo fue realizado en un tiempo de trabajo aproximado de veinte horas, incluyendo el proceso de segmentación, optimización e impresión 3D FDM, mientras que el modelo del aneurisma requirió algo más de 48 horas. El proceso de segmentación del modelo del hueso húmero fue mucho más

sencillo que el del modelo del aneurisma, ya que el *software* reconoce y aísla muy bien los tejidos óseos tanto sólidos como blandos. Se usaron los *softwares* Invesalius (13) y 3D Slicer (11); este último tuvo mayores parámetros de intervención.

Estos modelos han sido evaluados cualitativamente por docentes y profesionales de la salud de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad El Bosque de Bogotá en reuniones desarrolladas principalmente con el doctor Fernando Aparici, jefe de Servicio Diagnóstico por Imagen en Hospital Casa de Salud en Valencia, en el año 2016.



**Figura 4.** Proceso de impresión de un modelo anatómico del hueso húmero con tejido tumoral de un paciente a partir de una imagen médica. Superior: visualización de la imagen médica; inferior izquierda: optimización del modelo tridimensional en lenguaje Mesh; inferior derecha: impresión 3D tipo FDM.

## DISCUSIÓN

Las fortalezas y debilidades de la experiencia descrita se relacionan directamente con la forma como se gestionan los siguientes factores: el

| Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones  
 Juan Sebastián Ávila F., Marco De Rossi E., Manuel Martínez T.

primero, la calidad de la imagen médica como punto de partida: depende de la configuración técnica de captura, el tipo y marca del equipo y las variables usadas por el radiólogo para obtener la información del paciente. El segundo factor está asociado con la sensibilidad en la interpretación de los comandos de *software* de conversión y el movimiento de cada uno de los parámetros de los diferentes programas utilizados de segmentación para aislar la estructura anatómica específica de las demás que la circundan. El tercero depende de la resolución y la tecnología disponibles para realizar la impresión 3D; factores como la temperatura, la velocidad de impresión, la calidad del material, la marca de la impresora son algunos factores que pueden afectar el resultado final, debido a la creación de un objeto a través de múltiples capas de plástico añadidas una sobre otra, no muy diferente de la forma en que una TC puede recrear una imagen en 3D a partir de cortes en dos dimensiones.

Según la experiencia de los autores de esta investigación, los factores antes mencionados son relevantes para la persona encargada de realizar el modelo anatómico desde el punto de vista de la tecnología y la técnica de construcción; sin embargo, no representan un problema para los profesionales en áreas de la salud, quienes suelen usar las ayudas de visualización como herramientas adicionales para realizar una imagen mental de lo que se encontrarán al intervenir al paciente, y no como una directriz estricta a seguir.

Estas tecnologías emergentes, como la impresión 3D, son herramientas que necesitan un estudio más amplio para determinar su potencial como asistentes para estudios previos de intervenciones quirúrgicas. Como mencionan Byrne y otros autores (22), el papel fundamental de los modelos anatómicos está en la capacitación del personal de la salud: el bajo costo de impresión en 3D de los modelos brinda la posibilidad de que los alumnos puedan disponer de ellos sin restricciones, a diferencia de simuladores más costosos donde la utilización de modelos está limitada a la duración de un curso de formación. Esta experiencia presenta un ejercicio práctico aplicando técnicas integradas de diseño y fabricación asistida por computador para desarrollar y describir un proceso de creación completo

utilizando procesos de bajo costo en comparación con otros métodos como el fresado a control numérico computarizado (CNC). Vale la pena señalar que el método utilizado en este estudio, en general, ha sido también discutido en diferentes comunicaciones científicas en los últimos cinco años; se han cambiado estructuras anatómicas, tecnologías, programas de segmentación, entre otros, pero manteniendo la misma esencia en el proceso constructivo y de aproximación (22).

Otras experiencias encontradas en la literatura científica, como la presentada por Mashari y colegas (23), presentan métodos más complejos en relación con la tecnología utilizada, con resultados más completos, pero similares en cuanto a fabricación, acabados y propiedades de los materiales empleados. Los estudiantes de los primeros años de medicina, enfermería, odontología y demás profesiones del área de la salud podrían emular experiencias de centros de investigación que obtuvieron mejores resultados en la identificación de la anatomía cuando se utilizaron modelos anatómicos versus materiales cadavéricos para el aprendizaje (24).

## CONCLUSIONES

La experiencia permite concluir que con el método presentado sí es posible realizar modelos anatómicos personalizados para visualizar y simular estructuras anatómicas de pacientes potenciales con la tecnología que tenemos a disposición en la Universidad El Bosque, igualando algunas de las experiencias que, en varios países, investigadores de diversas profesiones relacionadas con las áreas de la salud han elaborado a partir de esfuerzos por perfeccionar técnicas de conversión de imágenes médicas digitales en objetos tangibles (23). El procedimiento general descrito permite crear réplicas volumétricas de diferentes partes del cuerpo para planificar alguna intervención quirúrgica o tratamiento. Para crear cualquier modelo es posible utilizar el mismo método, pero su complejidad dependerá de factores como: las características de la captura de la imagen médica, el nivel del procesamiento posterior, la claridad de la morfología de la patología y las características físico-mecánicas de la estructura anatómica a replicar, siendo las óseas las de más fácil fabricación por la clara dife-

Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones | Juan Sebastián Ávila F., Marco De Rossi E., Manuel Martínez T.

renciación en la imagen médica, en contraste con una estructura blanda y con fluidos internos como en una arteria.

En esta experimentación e investigación sobre cómo crear estos modelos se usaron dos de los *softwares* gratuitos más representativos del mercado: Invesalius (13) y 3D Slicer (11), siendo este último el que mejores resultados presentó al tener mayores parámetros de intervención. Se recomienda el uso de Invesalius como primera herramienta de aproximación a este campo de trabajo dada su interfaz de trabajo sencilla y amigable con el usuario. Para las próximas experimentaciones se espera utilizar Mímics de Materialise (25), el *software* de segmentación más potente y completo del mercado, pero que requiere una licencia comercial con un costo considerable para su uso.

Cabe resaltar que los modelos impresos en 3D empleados para planificar cirugías son solamente una herramienta adicional aproximada que en la actualidad puede complementar, pero no sustituir, otros medios de diagnóstico; tampoco garantiza una precisión del 100 % respecto a lo que va encontrar el especialista en salud en la intervención real, dada la pérdida de información o las variables de interpretación en cada uno de los pasos mencionados. Sin embargo, cabe aclarar que la precisión de una impresora 3D de última tecnología, por ejemplo de tipo Polyjet (26), permite garantizar una capa microscópica y una precisión de hasta 0,1 mm en impresiones con múltiples materiales y presentaciones.

Esta experiencia brinda un precedente fáctico de cómo realizar estos modelos con recursos presentes en la mayoría de laboratorios de fabricación universitarios, ya sea como referente de uso académico o profesional de miembros de la comunidad universitaria. Es importante poner atención a este tipo de nuevas tecnologías que seguramente están cambiando la práctica de muchos procedimientos y seguirá influenciando el desarrollo de destrezas médicas en sus diferentes escenarios en las siguientes décadas.

### CONFLICTO DE INTERESES

Este artículo hace parte de un conjunto de experiencias realizadas por el profesor Ávila en el marco de su investigación doctoral titulada Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital

en la enseñanza de anatomía, caso de estudio: Universidad El Bosque, elaborada en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y el FabLab Valencia. En el artículo se presentan experiencias realizadas junto con el doctorando Marco De Rossi, para comparar tecnologías y métodos de fabricación de modelos anatómicos a partir de imágenes médicas. Los modelos realizados para ilustrar el método de elaboración no fueron utilizados en prácticas clínicas. Parte de los textos, imágenes y bibliografía serán parte del compendio de artículos y publicaciones en la tesis doctoral de los autores, que contempla entre su normativa esta modalidad, por lo tanto no hay conflicto de intereses.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bangeas P, Voulalas G, Ktenidis K. Rapid prototyping in aortic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016;22(4):513-4.
2. Avila JS. Design of training materials for teaching anatomy. *Systems & design: beyond processes and thinking* [Internet]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia; 2016 [consultado 27 de marzo de 2017]. p. 1015-30. doi: <http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.2955>
3. Chung P, Heller J, Etemadi M, Ottoson P, Liu J, Rand L, et al. Rapid and low-cost prototyping of medical devices using 3D printed molds for liquid injection molding. *J Vis Exp.* 2014;(88): 1-11. doi: 10.3791/51745
4. Park J, Lee Y, Shon O, Shon H, Kim J. Surgical tips of intramedullary nailing in severely bowed femurs in atypical femur fractures: Simulation with 3D printed model. *Injury.* 2016;47(6):1318-24. doi: 10.1016/j.injury.2016.02.026
5. Hazelaar C, Van Eijnatten M, Dahele M, Wolff J, Forouzanfar T, Slotman B, et al. Using 3D printing techniques to create an anthropomorphic thorax phantom for medical imaging purposes. *Med Phys.* 2018;45(1):92-100. doi: 10.1002/mp.12644
6. Zopf D, Mitsak A, Flanagan C, Wheeler M, Green G, Hollister S. Computer aided-designed, 3-dimensionally printed porous tissue bioscaffolds for craniofacial soft tissue reconstruction. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2015;152(1):57-62. doi: 10.1177/0194599814552065
7. Hongtao Z, Xuemin D, Huimin Y, Zeyang W, Lijuan Z, Jinxin Z et al. Dosimetry study of three-dimensional print template-guided precision 125I seed implantation. *J Cancer Res Ther.* 2016;12(7):159. doi: 10.4103/0973-1482.200607

| Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones  
 Juan Sebastián Ávila F., Marco De Rossi E., Manuel Martínez T.

8. Liu H, Zhou H, Lan H, Liu T, Liu X, Yu H. 3D Printing of artificial blood vessel: study on multi-parameter optimization design for vascular molding effect in alginate and gelatin. *Micromachines*. 2017;8(8):237. doi: <https://doi.org/10.3390/mi8080237>
9. Burgess J. Digital DICOM in dentistry. *Open Dent J*. 2015;9: 330-6. doi: 10.2174/1874210601509010330
10. Rodríguez-Díez M, Díez-Goñi N, Beunza-Nuin J, Auba-Guedea M, Olartecoechea-Linaje B, Ruiz-Zambrana Á, et ál. Confianza de los estudiantes de medicina en el aprendizaje de la exploración obstétrica con simuladores. *Anales Sis San Navarra*. 2013;36(2):275-80. doi: <http://dx.doi.org/10.4321/S1137-66272013000200010>
11. 3D Slicer. Slicer.org [Internet]. 2017 [consultado 27 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.slicer.org>
12. Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, Finet J, Fillion-Robin J, Pujol S, et ál. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network. *Mag Reson Imaging*. 2012;30(9):1323-41. doi: 10.1016/j.mri.2012.05.001
13. InVesalius home | CTI Renato Archer. Cti.gov.br [Internet]. [consultada 17 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius>
14. Kaneko N, Mashiko T, Ohnishi T, Ohta M, Namba K, Watanabe E, et ál. Manufacture of patient-specific vascular replicas for endovascular simulation using fast, low-cost method. *Sci Rep*. 2016;6(1): 1-6. doi: 10.1038/srep39168
15. Inzunza O, Caro I, Mondragón G, Baeza F, Burdiles Á, Salgado G. Impresiones 3D, nueva tecnología que apoya la docencia anatómica. *Int J Morphol*. 2015;33(3):1176-82. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000300059>
16. Avila JS, Martinez M, De Rossi M. Design of an anatomical simulator for medical training. A 3D printing project of industrial designers and medical students. *International Journal on Integrating Technology in Education* [Internet]. 2018 [consultado 17 de abril de 2018];7(1):12-24. Disponible en: <http://airconline.com/ijite/V7N1/7118ijite02.pdf> doi: 10.5121/ijite.2018.7102
17. De la Torre-Cantero J, Saorín JL, Meier C, Melián-Díaz D, Drago-Díaz Alemán M. Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad*. 2015;27(3): 429-46. doi:10.5209/rev\_ARIS.2015.v27.n3.45864
18. Roque W. Trabecular bone modeling with support of 3D printing of physical replicas. En: Canessa E, Fonda E, Zennaro M. editores. *Low-cost 3d printing for science, education & sustainable development* [Internet]. Trieste, Italia: ICTP; 2013, 133-145 [consultado 11 de marzo de 2018]. Disponible en: [http://web.archive.org/web/20150407185109/http://sdu.ictp.it/3d/book/Low-cost\\_3D\\_printing\\_screen.pdf](http://web.archive.org/web/20150407185109/http://sdu.ictp.it/3d/book/Low-cost_3D_printing_screen.pdf)
19. Gutiérrez M, Romero MS, Solórzano M. El aprendizaje experiencial como metodología docente: aplicación del método Macbeth. *Argos* [Internet]. 2011 [consultado 27 de junio de 2018];28(54):127-58. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-16372011000100006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-16372011000100006&lng=es&nrm=iso)
20. Rhinoceros. rhino3d.com [Internet]. [consultada 25 de julio de 2018]. Disponible en: <https://www.rhino3d.com/es/>
21. MeshMixer. meshmixer.com [Internet]. [consultada 25 de julio de 2018]. Disponible en: [www.meshmixer.com/](http://www.meshmixer.com/)
22. Byrne T, Yong S, Steinfors D. Development and assessment of a low-cost 3D-printed airway model for bronchoscopy simulation training. *J Bronchology Interv Pulmonol* [Internet]. 2016 jul. [consultado 31 de agosto de 2018];23(3): 251. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27070341> doi: 10.1097/LBR.0000000000000257
23. Mashari A, Montealegre-Gallegos M, Jeganathan J, Yeh L, Qua Hiansen J, Matyal R, et ál. Low-cost three-dimensional printed phantom for neuraxial anesthesia training: development and comparison to a commercial model. *Plos ONE* [Internet]. 2018 jun. 18 [consultado 31 de agosto de 2018]; 3(6):1-13. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191664>
24. Lim KH, Loo ZY, Goldie SJ, Adams JW, McMenamin PG. Use of 3D printed models in medical education: a randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anat Sci Educ*. 2015;9(3):213-21. doi: 10.1002/ase.1573
25. Mimics. Materialise [Internet]. [consultada 27 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.materialise.com/es/medical/software/mimics>
26. Tecnología PolyJet | Stratasys. Stratasys.com [Internet]. 2017 [consultada 25 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.stratasys.com/es/impresoras-3d/technologies/polyjet-technology>

## 20.20. Capítulo de Libro. Experiencias en innovación educativa. Convirtiendo conocimiento en nuevas oportunidades.



Bogotá D.C., junio 6 de 2018

### A QUIÉN CORRESPONDA

La *Fundación Universitaria Panamericana* con el apoyo académico de *Universidad Santo Tomás (sede Los Ángeles, Chile)*, realizó en diciembre de 2017 la invitación a investigadores, académicos y profesionales que buscan incrementar su productividad en las tareas propias de la investigación y la docencia, a participar en la compilación, elaboración y publicación de un libro arbitrado en formato impreso y digital con registro ISBN.

A través de la presente, se certifica que **JUAN SEBASTIÁN ÁVILA FORERO** identificado con cédula de ciudadanía 80.904.248 de Bogotá, presentó un capítulo a la presente convocatoria y después de llevarse a cabo un ejercicio de revisión por parte del grupo editorial, el capítulo fue aceptado para su publicación. En este momento la obra se encuentra en etapa de ajustes y publicación con la editorial Ediciones de la U. El capítulo aceptado ha sido titulado **Proyecto Atlaspro: Modelos anatómicos de la Universidad el Bosque**.

Dado en Bogotá D.C. a los 6 días del mes de junio de 2018.

**GARETH BARRERA SANABRIA**  
Directora de investigación y transferencia  
Fundación Universitaria Panamericana

VIGILADA MINEDUCACIÓN



# EXPERIENCIAS EN INNOVACIÓN EDUCATIVA

Convirtiendo conocimiento  
en nuevas oportunidades

Albenis Cortés Rincón  
Compiladora

 **compensar** | unipanamericana  
fundación universitaria

de la  
ediciones 



# EXPERIENCIAS EN INNOVACIÓN EDUCATIVA

## Convirtiendo conocimiento en nuevas oportunidades

**Compiladora:** Albenis Cortés Rincón

**Autores:**

Albenis Cortés Rincón

Héctor Alexander Afanador  
Castañeda

Evelyn Garnica Estrada

Breiner Francisco Quiroga López

Carlos Mario Gómez Ruiz

Paulo Cesar Parra Beltrán

Juan Sebastián Ávila Forero

Manuel Martínez Torán

Javier Orlando Cruz Garzón

Luz Mary Mora Díaz

William Norbey Quiceno Muñoz

Sergio Andrés Nieto Uribe

Orfi Yineth Delgado Santamaría

Yadira Carolina Vaca González

Paulo Cesar Cotrino

Jenny Marcela Cardona Bedoya

Diana Milena Riaño Cuevas

Gabriel Maldonado Gómez

Sandy Yanet Ruiz Meneses

Enrique Moreno Vargas

Felipe Sarmiento

Bibiana Paola Ríos Cortes

Alexander Agudelo Cárdenas

Norman Moreno Cáceres

Gina Rocío González Sandoval

Dolly Yasmín González Sandoval

Carmen Leonor Cruz Zubieta

Fabián Andrés Llano

Giovanny Enrique Araque Suárez

  
compensar  
unipanamericana  
fundación universitaria

de la  
ediciones 

BOGOTÁ - MÉXICO, DF

Cortés Rincón, Albenis, *et al*

Experiencias en innovación educativa / Albenis Cortés Rincón, *et al.* – Bogotá:  
Ediciones de la U, 1a.ed. 2018

p. ; 442 cm.

ISBN 978-958-762-935-4

e-ISBN 978-958-762-936-1

1. Educación 2. Innovación en la educación I. Tit.

382 cd 24 ed.

Área: Educación

Primera edición: Bogotá, Colombia, diciembre de 2018

ISBN 978-958-762-935-4

- © Albenis Cortés Rincón, Héctor Alexander Afanador Castañeda, Evelyn Garnica Estrada, Breiner Francisco Quiroga López, Carlos Mario Gómez Ruiz, Paulo Cesar Parra Beltrán, Juan Sebastián Ávila Forero, Manuel Martínez Torán, Javier Orlando Cruz Garzón, Luz Mary Mora Díaz, William Norbey Quiceno Muñoz, Sergio Andrés Nieto Uribe, Orfi Yineth Delgado Santamaría, Yadira Carolina Vaca González, Paulo Cesar Cotrino, Jenny Marcela Cardona Bedoya, Diana Milena Riaño Cuevas, Gabriel Maldonado Gómez, Sandy Yanet Ruiz Meneses, Enrique Moreno Vargas, Felipe Sarmiento, Bibiana Paola Ríos Cortes, Alexander Agudelo Cárdenas, Norman Moreno Cáceres, Gina Rocío González Sandoval, Dolly Yasmín González Sandoval, Carmen Leonor Cruz Zubieta, Fabián Andrés Llano, Giovanni Enrique Araque Suárez
- © Compensar Unipanamericana Fundación Universitaria  
Avda. Calle 32 No. 17-30 - Tel. (+57 1) 3380666  
[www.unipanamericana.edu.com](http://www.unipanamericana.edu.com) - E-mail: [albeniscortes@unipanamericana.edu.co](mailto:albeniscortes@unipanamericana.edu.co)  
Bogotá, Colombia
- © Ediciones de la U - Carrera 27 # 27-43 - Tel. (+57-1) 3203510 - 3203499  
[www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com) - E-mail: [editor@edicionesdelau.com](mailto:editor@edicionesdelau.com)  
Bogotá, Colombia

Coordinación editorial: Adriana Gutiérrez M.

Carátula: Ediciones de la U

Impresión: DGP Editores SAS

Calle 63 #70D-34, Pbx. (57+1) 7217756

*Impreso y hecho en Colombia*

*Printed and made in Colombia*

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

## Contenido

<b>Presentación.....</b>	<b>9</b>
<b>Comunidad de saberes y prácticas pedagógicas para el desarrollo profesional docente y política educativa para el uso y apropiación de TIC en Colombia .....</b>	<b>13</b>
Comunidad de saberes y prácticas pedagógicas para el desarrollo profesional docente apoyado en el componente tecnológico .....	16
Cortés, A.	
Interpretación crítica a la política educativa para el uso y apropiación de TIC en Colombia durante el 2002 al 2010 .....	40
Afanador, H.	
<b>Innovación en educación: un reto donde la tecnología y la pedagogía son protagonistas.....</b>	<b>65</b>
Diseño de un sistema de juegos interactivos para niños y niñas con déficit atencional e hiperactividad .....	69
Garnica, E. & Quiroga, B.	
Materiales educativos digitales (MED): una propuesta innovadora para el fortalecimiento de competencias en estudiantes de diseño visual, caso animación 3D .....	99
Gómez, C. & Parra, P.	
Proyecto AtlasPro, Modelos anatómicos de la Universidad El Bosque. ¿Son los proyectos de base tecnológica una buena estrategia para integrar creativos con profesionales de las áreas de la salud? .....	138
Ávila, J. & Martínez-Torán M.	

## Proyecto AtlasPro, Modelos anatómicos de la Universidad El Bosque. ¿Son los proyectos de base tecnológica una buena estrategia para integrar creativos con profesionales de las áreas de la salud?

Ávila, J. & Martínez-Torán M.

### Resumen

El proyecto "AtlasPro, Modelos Anatómicos desarrollados a partir de tecnologías de diseño y fabricación 3D" es un proyecto resultado de la integración de diferentes facultades de la Universidad El Bosque (UEB) de Bogotá, como estrategia para conectar ámbitos de trabajo de diseñadores industriales en formación con escenarios reales de observación, con el objetivo de aportar al desarrollo de material didáctico para la enseñanza de anatomía de estudiantes en áreas de la salud, siendo el principal desafío del proyecto la gestión de proyectos de base tecnológica, se presenta como un caso de éxito considerando cómo aprovechar los actuales recursos tecnológicos a los que se ven enfrentados la nueva generación de creadores en centros de enseñanza, y cómo pueden ser estos un mecanismo de integración de profesionales.

AtlasPro es el resultado del trabajo de más de tres años de experimentación, iniciando en el año 2015, integrando cuatro factores fundamentales para su desarrollo, el primero, el modelado escultórico 3D asistido por computador, el segundo, la impresión aditiva como método de fabricación y prototipado, el tercero, el uso de moldes y reproducciones con siliconas y resinas especializadas para obtener pre series de los productos diseñados y por último el concepto de autoproducción, fenómeno con el cual gracias a las denominadas tecnologías de escritorio, actualmente es posible crear productos totalmente finalizados y con prestaciones similares a las producidas por una fábrica industrial, pero con la ventaja de poder personalizar y atender un nicho de mercado más pequeño y especializado, con todas las ventajas que este fenómeno aporta a

#### INNOVACIÓN EN EDUCACIÓN: UN RETO DONDE LA TECNOLOGÍA Y LA PEDAGOGÍA SON PROTAGONISTAS

las dinámicas culturales, sociales y económicas del siglo XXI.

Este proyecto se presenta como resultado del uso de estos factores, como complemento a las metodologías ya establecidas de trabajo para perfilar usuarios, analizar espacios de trabajo, documentar información entre otras habilidades necesarias para el desarrollo de un proyecto de diseño, posicionando la facultad de creación y

comunicación de la UEB como un recurso importante para el desarrollo de proyectos relacionados con áreas de la salud al interior de la Universidad.

Se presentan algunos factores clave para el desarrollo de un primer set concepto de ocho tomos de una "Organoteca 3D", con modelos anatómicos de la anatomía del corazón, un diente molar y un diente incisivo.

**Palabras clave:** anatomía, impresión 3D, escultura digital, educación, manufactura aditiva.



Este libro es el resultado de una iniciativa personal, que busca identificar esfuerzos realizados por docentes en relación con su práctica profesional. Cuando los docentes se reúnen, planean y estructuran proyectos que generan nuevas formas, no solo de aprender sino de ver el mundo, se está innovando.

En los últimos años, la divulgación de experiencias ha permitido desarrollar nuevas formas de reflexión, aprendizaje y promoción de prácticas, así como legitimar la profesión docente. Escenarios de divulgación y socialización como el que propicia este libro, genera nuevas dinámicas que permite comunicar lo que se está haciendo, impactando positivamente la valoración de la profesión. La posibilidad de legitimar los conocimientos que tiene el docente a través del intercambio de experiencias con otro le da mayor seguridad frente a las acciones que desarrolla diariamente en el aula. Sin embargo, se hace necesario crear propuestas desde la administración que potencien la investigación para que, de esta forma, el docente no trabaje de manera aislada e incorpore en sus prácticas aspectos claves de investigación.

Es por ello que el presente libro está compuesto por siete capítulos que se encargan de agrupar 17 artículos académicos alrededor de diversas temáticas, donde la innovación educativa toma un sentido especial en la medida que permite la transformación de las prácticas docentes que, tradicionalmente, se han venido desarrollando en el aula.

ISBN: 978-958-762-935-4



9 789587 629354

ediciones de la 



compensar | unipanamericana  
fundación universitaria





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA