

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**



**“EVALUACIÓN FINANCIERA-ECONÓMICA DEL PROYECTO DE  
AMPLIACIÓN DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

**GABRIELA GUADALUPE MEDRANO RIVAS**

**SAUL GUARDADO PEÑA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE**

**MAESTRO/A EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**

**NOVIEMBRE 2021**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



## AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR : MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO  
SECRETARIO GENERAL : INGENIERO FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

## AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DECANO : MAESTRO NIXON ROGELIO HERNÁNDEZ VÁSQUEZ  
VICEDECANO : MAESTRO MARIO WILFREDO Crespín ELÍAS  
SECRETARIA : LICENCIADA VILMA MARISOL MEJÍA TRUJILLO  
ADMINISTRADOR ACADÉMICO : LICENCIADO EDGAR ANTONIO MEDRANO MELÉNDEZ  
TRIBUNAL EXAMINADOR : MAESTRO JUAN VICENTE ALVARADO RODRÍGUEZ  
: MAESTRO/A

NOVIEMBRE 2021

CIUDAD UNIVERSAGITRARIA, SAN SALVADOR, CENTROAMÉRICA

## Agradecimientos

Quiero agradecer primero a Dios y la Virgen por ser mi guía y cuidarme siempre.

A mis padres por siempre creer y confiar en mí, por enseñarme que con esfuerzo y determinación puedo lograr todo lo que me proponga. Me siento afortunada de tener su amor, son increíbles y gracias por enseñarme a que nunca debo parar de aprender y siempre debo ser yo misma. Gracias mami y papi por todo su amor.

A Mari por ser la hermana más increíble y siempre transmitirme valor. Por estar siempre para mí y por hacer mi vida más alegre.

A mi familia en Santa Ana, mi mamá Ana, mi Titita, tío Julio, tío Carlos, tío Neto, tía Gris, tía Clarita y mis primos Ale, Julito, Karly, Michi, Charly, Lidia, Daniel y Junior porque siempre han creído en mí de la misma manera que lo hacen mis papas y mi hermana. Son la familia más hermosa y soy afortunada de tenerlos en mi vida. Gracias por enseñarme el valor de la familia y hacerme sentir tan amada que nada me parezca imposible de lograr si los tengo conmigo.

A Saúl por ser mi mejor amigo y el mejor compañero, es genial tener a alguien con quién puedas trabajar en equipo, superar retos y la vez sea super divertido, alguien con la misma determinación.

A mis compañeros de clase por todas las veces que resolvimos dudas juntos, por compartir sus conocimientos y por su amistad.

Y finalmente a mis profesores y asesor por compartirnos sus conocimientos en nuestra formación como profesionales, por cada una de sus lecciones.

Gabriela Guadalupe Medrano Rivas

## **Agradecimientos**

A la virgen de Fátima y a Dios por siempre escucharme y guiarme.

A mis padres, Saul Guardado e Indalecia Peña por siempre apoyarme y darme consejos que sin duda me ayudan a crecer como persona y profesional, a no desistir de seguir creciendo académicamente y espiritualmente, a mis hermanos Joe y Lucy por cuidarme la espalda y ayudarme siempre que he necesitado, y el resto de hermanos Enma, Elba, Gela, Pepé, Tere, Amparo, Virginia, Lupe y Roberto, mi sobrino Diego que es como un hermano más. Gracias totales a todos.

A Gaby por elegirme y seguir en este proceso formativo y en muchos proyectos más con mucha paciencia y dedicación, agradecido con Dios por ponernos en el mismo camino, y deseos de superarnos siempre.

A mis compañeros que sin duda fue lo máximo compartir tiempo, dudas, diversión y sobre todo la sensación de superar obstáculos como grupo.

Finalmente, a todos mis profesores y en especial a nuestro asesor de trabajo de grado que fue de mucha ayuda a lo largo de este proceso.

Saul Guardado Peña

## RESÚMEN EJECUTIVO

La educación ha cambiado a lo largo de los años, a medida que se descubre, experimenta, teoriza y desarrolla conocimiento nuevo, la educación también debe evolucionar por lo tanto deben adoptarse y actualizarse los planes de estudio, mejorar los métodos de enseñanza de forma que beneficien a la formación profesional y mejoren la calidad del aprendizaje-enseñanza.

La cuarta revolución industrial está contribuyendo al desarrollo tecnológico aceleradamente lo que se traduce en innovación constante, acceso a información de manera inmediata y remota, los procesos industriales, médicos, científicos han visto cambios significativos con el uso de las nuevas tecnologías como la manufactura aditiva, el internet de las cosas, la realidad aumentada, la simulación de procesos, la robótica etc. Y por supuesto la academia se está viendo en la obligación de adaptarse, innovar e implementar tecnologías para que la experiencia de aprendizaje sea más integral y también competitiva.

El aprendizaje en el área odontológica requiere de que los estudiantes realicen prácticas en modelos anatómicos con características especiales que desafíen al estudiante a la hora de tomar decisiones mientras realiza las intervenciones, una forma de realizarlo es a través de modelos extraídos de cuerpos de donantes y también a partir de modelos creados en resinas y cerámicas de una forma tradicional, creando un molde de un modelo de un paciente y posteriormente poniendo vaciando la resina o cerámica en dicho molde. Sin embargo la fabricación aditiva está impactando directamente la odontología tradicional, llegando ya a hablarse de odontología digital, la cual consiste a través de un escáner 3D obtener las medidas reales dentales de un paciente y luego a través de un impresor 3D obtener un modelo muy preciso, con el cual pueden planearse cirugías, tratamientos, prótesis etc., y lo mejor de todo es que en un tiempo menor, la odontología digital ha

venido para quedarse sin duda y sigue evolucionando, disminuyendo sus costes, precisión y velocidad.

Este estudio presenta el resultado de una evaluación económico financiera de la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, para que pueda brindar servicios de fabricación aditiva y asesoría técnica a proyectos requeridos por las diferentes cátedras de la carrera de odontología de la Universidad de El Salvador, en dicho estudio se definió en base a la demanda la capacidad instalada requerida extra para dar abastecimiento a los proyectos odontológicos y los costos extra anuales que tendrá que asumir la Universidad para el funcionamiento del mismo.

## INDICE

<b>RESÚMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>1.2 Definición del problema.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Preguntas de investigación .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Objetivos de la investigación .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Justificación de la investigación.....</b>	<b>9</b>
<b>1.6 Hipótesis de la investigación.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Evaluación de proyectos del sector público .....</b>	<b>11</b>
2.1.1 Metodología general para la evaluación. ....	11
2.1.2 Evaluación Privada.....	14
<b>2.2 Tecnologías de fabricación digital y la Odontología .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1 Fabricación Digital.....</b>	<b>17</b>
2.2.2 Laboratorios de fabricación digital. ....	18
2.2.3 Aplicación de la fabricación digital en la odontología.....	20
2.2.4 Beneficios actuales de la fabricación digital en la odontología y en la mejora de las competencias estudiantiles. ....	23

2.2.5 Oportunidades para el desarrollo de nuevas formas de aplicación y desarrollo de nuevas soluciones.....	23
2.2.6 Open Source e innovación abierta. ....	24
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Tipo de investigación .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Población y muestra.....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Población.....	28
3.2.2 Muestra.....	28
3.2.3 Unidades de análisis.....	29
<b>3.3 Técnica e instrumento de recolección de datos .....</b>	<b>29</b>
3.3.1 Técnica .....	29
3.3.2 Instrumento .....	30
3.3.3 Procedimiento .....	30
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Análisis de datos .....</b>	<b>32</b>
4.1.1 Resultados de las entrevistas .....	32
4.1.2 Evaluación económica-financiera .....	36
4.1.3 Análisis de sensibilidad y riesgo .....	57
<b>4.2 Comprobación de la hipótesis .....</b>	<b>62</b>
<b>4.3 Cumplimiento de los objetivos .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4 Oportunidad de investigaciones futuras .....</b>	<b>64</b>

<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>5.1 Conclusiones .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Recomendaciones .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo 1: Guías de entrevista.....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo 2: Respuestas de la guía de entrevista .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo 3: Cálculos para inversión fija .....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 4: Cálculo para capital de trabajo .....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 5: Cálculos para los costos del proyecto .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 6: Especificaciones de maquinaria.....</b>	<b>92</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Laboratorios de Fabricación Digital en El Salvador .....	4
Tabla 2. Cálculo del tiempo total de producción por proyecto .....	34
Tabla 3. Total inversión fija del proyecto .....	40
Tabla 4. Resumen de la inversión total del proyecto .....	43
Tabla 5. Valores máximos de vida útil permitidos por la ley de impuesto sobre la renta	46
Tabla 6. Resumen de costos anuales año 1 .....	46
Tabla 7. Costos de administración .....	47
Tabla 8. Resumen de costos totales para el laboratorio de fabricación digital año 1 .....	48
Tabla 9. Comportamiento de la demanda del Laboratorio de Fabricación Digital .....	48
Tabla 10. Clasificación de costos fijos y variables del proyecto .....	50
Tabla 11. Estimación de ingresos para los primeros 5 años .....	53
Tabla 12. Cálculo de la capacidad instalada .....	54
Tabla 13. Estimación de los cambios en el capital de trabajo para los primeros 5 años del proyecto.....	54
Tabla 14: Calculo del WACC .....	56
Tabla 15. Flujo de caja financiero sin deuda ni impuestos .....	57
Tabla 16. Análisis e interpretación de resultados de la simulación .....	59
Tabla 17. Análisis de sensibilidad.....	61

**INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Asignación eficiente de recursos.....	13
Ilustración 2. Metodología de análisis de riesgo.....	16
Ilustración 3. Guías quirúrgicas .....	21
Ilustración 4 Evaluación económica -financiera.....	36
Ilustración 5 Clasificación de los costos de inversión. ....	37
Ilustración 6. Clasificación de costos.....	44

## INTRODUCCIÓN

La tecnología evoluciona de forma acelerada, las facilidades para compartir conocimiento a través del internet lo hacen posible, el desarrollo tecnológico y la ciencia a nivel mundial han dado paso a la cuarta revolución industrial, principalmente por sus facilidades de integración, innovación y autonomía de procesos. La fabricación digital forma parte de esta revolución y está conformada por tres grandes ramas, el Diseño asistido por computadora (CAD), la Ingeniería Asistida por computadora (CAE) y manufactura asistida por computadora (CAM). De esta manera podemos obtener un producto digital (en bits) a un producto físico tangible (átomos).

Por lo anterior, se realiza el presente trabajo y evaluar la factibilidad económica-financiera de la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital que tiene como fin el brindar apoyo a la Facultad de Odontología en la formación de profesionales integrales y capaces de desempeñarse con excelencia en un ambiente laboral competitivo y que está conformado por cinco capítulos.

El primer capítulo presenta los antecedentes de la problemática planteada, la justificación de la investigación, los objetivos planteados, hipótesis y presuntas de investigación y la determinación de la hipótesis.

El segundo capítulo hace contiene la metodología general que se emplea en el desarrollo de la investigación, las técnicas aplicadas para la evaluación económica-financiera, muestra los laboratorios de fabricación digital que actualmente existen en EL Salvador, la aplicación de estas tecnologías en la odontología, sus beneficios y oportunidades para el desarrollo de nuevas formas de aplicación y creación de nuevas y mejores soluciones para la odontología.

El tercer capítulo muestra la metodología que se utilizó en la investigación y describe la aplicación del instrumento que permitió alcanzar los objetivos planteados.

El cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos a través de las entrevistas, los cuales sirven como insumos para la determinación de la demanda proyectada, la inversión inicial del proyecto, la inversión en capital de trabajo y la determinación del costo de los nuevos servicios. El capítulo cuatro muestra los costos e ingresos futuros proyectados y el flujo de caja financiero proyectado para un horizonte de 5 años que, es el modelo matemático base para el análisis de sensibilidad y riesgo del proyecto. Se analizan los resultados obtenidos también a través de la evaluación financiera y de riesgo que buscan ser información útil para la toma de decisiones. Y finalmente el capítulo demuestra si la hipótesis y los objetivos planteados se cumplieron a través del desarrollo del trabajo de investigación y presenta las oportunidades de investigaciones futuras.

Y finalmente, el capítulo quinto presenta las conclusiones y recomendaciones que surgen a partir de la investigación realizada.

## **CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Los Laboratorios de Fabricación Digital se han implementado como centros de innovación, emprendimiento y como aliados al diseño y producción personal. Este fenómeno se produce por el bajo costo de las máquinas y el software libre (Troxler y Wolf, 2010), y porque el costo de una pieza o componente “está basado en el tiempo de la máquina, no en la forma ni variedad, es decir, no hay un cargo adicional por la complejidad o diferencia” (SHoP, 2012). Por lo tanto, no se requiere un proceso de producción único, pueden ser muchas variantes, porque el proceso es el mismo. Esta evolución se ha evidenciado en conferencias como Non Standard Praxis (MIT Cambridge, 2004).

A nivel mundial, la iniciativa de los Laboratorios de Fabricación Digital en las universidades busca potenciar el poder creativo de las personas que, bajo las condiciones del sistema industrial actual, se han convertido en consumidores pasivos cuyo mayor espacio de libertad es decidir sobre las creaciones que otros han preestablecido. De esta manera se ofrece libertad a los individuos y se promueve el desarrollo de comunidades creativas, porque se basa en la cooperación y trabajo multidisciplinario.

En Latinoamérica, es difícil generalizar estas experiencias en iniciativas de Laboratorios de Fabricación Digital. Alrededor del 2007, se empiezan a formalizar iniciativas en diferentes universidades latinoamericanas como parte de investigaciones de grupos académicos. Se destacan entre ellas: UNICAMP LAPAC (Campinas, Brasil, 2007); Pontificia Universidad Católica de Chile, Taller de Ensamble Digital (Santiago de Chile, 2007); Universidad del Bio-Bio (Concepción, Chile, 2008); Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS (Porto Alegre, Brasil, 2008); UFRGS y el LFD en la Universidad Técnica Federico Santa María, Labomat (2010).

En el 2016 nace el primer Fab Lab en la Casa Tomada, San Salvador, espacio financiado y creado por la Embajada Española en el Salvador, después de la creación de este, otras entidades y universidades se fueron sumando a la creación de estos espacios.

*Tabla 1. Laboratorios de Fabricación Digital en El Salvador*

<b>Nombre</b>	<b>Fecha de creación</b>	<b>Dirección web</b>
<b>Laboratorio de Fabricación Digital de la Universidad de El Salvador (FIALAB EII)</b>	2018	<a href="https://www.facebook.com/fialab.ues">https://www.facebook.com/fialab.ues</a>
<b>Laboratorio de Fabricación Digital de la Universidad Tecnológica de El Salvador. (3DLAB)</b>	2019	<a href="https://www.facebook.com/3dlabutec">https://www.facebook.com/3dlabutec</a>
<b>Fab Lab El Salvador</b>	2014	<a href="https://www.facebook.com/FablabElSalvador/">https://www.facebook.com/FablabElSalvador/</a>
<b>Fab Lab Escuela Americana</b>	2019	<a href="https://www.fablabs.io/labs/fablabescuelaamericana">https://www.fablabs.io/labs/fablabescuelaamericana</a>

Bajo ese concepto, se tomó la iniciativa por parte de la de la Universidad de El Salvador, en 2018, de formar el primer Laboratorio de Fabricación Digital donde buscaba integrar diversas disciplinas en proyectos de investigación y desarrollo que potencien el desarrollo de nuevas competencias en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, acorde a los avances tecnológicos de vanguardia, que además fortalezcan la oferta académica de El Salvador y que a largo plazo, sea un apoyo para el sector empresarial de El Salvador, por medio del desarrollo de nuevos productos y mejoras a los existentes. Esta iniciativa fue financiada por el Ministerio de

Educación de El Salvador a quienes se les presento el estudio de factibilidad realizado como trabajo de grado por estudiantes de Ingeniería Industrial.

Ahora, si bien esta iniciativa nació por parte de la de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, su apoyo a los estudiantes a trascendido hacia las demás Facultades que conforman la Universidad y en el último año se ha tenido una demanda e interés creciente en especial por parte de la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador.

El director de escuela de la Facultad de Odontología, sus docentes y estudiantes han sido beneficiados de este espacio creativo que es el Laboratorio de Fabricación Digital y lo han valorado haciéndose con el tiempo más conscientes que la digitalización está transformando todas las industrias, incluido el sector dental, que, en el futuro cercano, los odontólogos adaptarán cada vez más el tratamiento a su genética personal y su fisiología particular. Además, se han tenido interés por parte de profesional del sector que han buscado formarse en el uso de estas tecnologías para implementarlas en sus clínicas o laboratorios dentales a través de los cursos, actividades de aprendizaje y diplomados impartidos por parte del este Laboratorio de Fabricación Digital. Esta demanda creciente en los servicios por parte de los docentes y estudiantes y el interés por parte de la Facultad de Odontología y sus autoridades en desarrollar nuevas competencias en sus estudiantes han dado lugar a la iniciativa de invertir en la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital como centro de innovación en el diseño de nuevas y mejores soluciones para la Odontología.

Para la odontología la precisión y calidad de los materiales son sumamente importantes, las piezas fabricadas como guías quirúrgicas, prótesis dentales, puentes, coronas etc. Así lo requieren, además de procesos sumamente inocuos y que no perjudiquen al paciente mientras son

utilizados. Actualmente el Laboratorio de Fabricación Digital, no cuenta con el equipo y materiales especializados que cumplan con las características necesarias para la aplicación de odontología digital por lo que, a pesar de tener los conocimientos técnicos a cerca de los procesos y materiales, no se puede satisfacer esa necesidad debido a la falta de inversión.

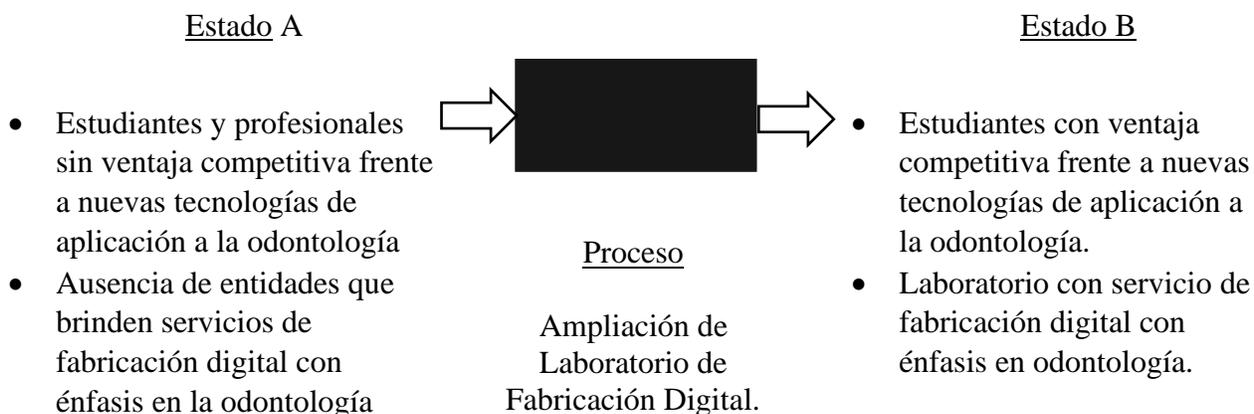
## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El área odontológica está sufriendo un fuerte cambio pasando de la odontología tradicional a la odontología digital, los profesionales y docentes de la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador que quieren enseñar y aplicar la odontología digital se ven obligados a contratar servicios fuera del país, los cuales, tienen altos costos, tiempos de espera largos, imposibilidades de realizar cambios en caso el producto no sea el requerido, además de no poder implementar dichas tecnologías en las nuevas generaciones de odontólogos de forma accesible.

Por lo antes expuesto se puede deducir que la causa por la que no se aplica la odontología digital en El Salvador es porque no existen espacios físicos como Laboratorios de Fabricación Digital con las tecnologías mínimas necesarias lo cual nos lleva a cuestionarnos:

**¿Cómo justificar a través de una evaluación y análisis económico financiero la ampliación del actual Laboratorio de Fabricación Digital con el fin de impulsar la formación de competencias como la innovación, el diseño y la creatividad en los profesionales y estudiantes de las ramas Odontológicas de la Universidad de El Salvador?**

## Caja Negra



### 1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los motivos por los cuales a la fecha no se han implementado este tipo de proyectos?
2. ¿Cuáles serían los costos en infraestructura, capacitación y tecnología necesarios para desarrollar el proyecto?
3. ¿Qué tipo de equipo es el adecuado para poder cumplir las calidades requeridas para desarrollar soluciones odontológicas?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General**

Determinar la factibilidad económica-financiera de la inversión en la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador que contribuya en el desarrollo de novedosas competencias para los estudiantes y profesionales vinculados al área odontológica en El Salvador.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar y cuantificar la población estudiantil la demanda de los servicios requeridos por los profesionales odontólogos externos a la Universidad que será beneficiada con la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador
- Determinar y cuantificar la inversión, costos y beneficios del proyecto para realizar la evaluación económica, financiera y social derivada de ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para evaluar la viabilidad del proyecto.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que actualmente en el mundo está experimentando un fenómeno socioeconómico que se conoce como “La cuarta revolución Industrial” o “La Industria 4.0”, el cual se puede resumir como el desarrollo tecnológico e industrial que tiene un vínculo directo con los procesos, organización y medios de producción, cosa que también fue un factor común en las tres anteriores revoluciones industriales.

El alcance de la cuarta revolución industrial es muy amplio y no sólo influirá en los procesos de fabricación, su influencia ya se está viendo reflejado en todas las industrias y sectores e incluso en la sociedad. Una buena forma de resumir el fin último de la industria 4.0 es una innovación constante, nuevas formas de producir, de organizar y de gestionar.

Los datos para El Salvador en materia de Innovación y Competitividad no son tan alentadores, actualmente el país se encuentra en la posición 98 de 140 países en el Índice de Competitividad Global 4.0/2018, y en la posición 104 entre 126 países según el Índice mundial de Innovación 2018, el aporte de la investigación radica en una propuesta de ampliación de Laboratorio de Fabricación Digital que impulse el desarrollo tecnológico y la innovación en el área odontológica en El Salvador, esto responderá a las necesidades presentadas por los estudiantes y profesionales del área odontológica, que se están viendo superados en materia de innovación y aplicación tecnológica con relación a otros países como México, Argentina, Costa Rica.

## **1.6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Hipótesis nula**

La falta de equipos relacionados a la odontología digital es lo que imposibilita el desarrollo de los profesionales y futuros profesionales del área odontológica de la Universidad de El Salvador

### **Hipótesis alternativa**

La falta de equipos relacionados a la odontología digital no es el factor que imposibilita el desarrollo de los profesionales y futuros profesionales del área odontológica de la Universidad de El Salvador

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 EVALUACIÓN DE PROYECTOS DEL SECTOR PÚBLICO**

El análisis costo beneficio (ACB) es una herramienta de soporte para la asignación eficiente de recursos para la sociedad (Boardman et al., 2011). Consiste en la cuantificación de los costos y beneficios asociados a la implementación de un proyecto o política para el inversor y/o la sociedad a lo largo de un período de tiempo, y la comparación de estos frente a un escenario alternativo de acuerdo al concepto de eficiencia económica, que se explica más adelante. Es decir, el objetivo del ACB es identificar si el proyecto evaluado genera una asignación de recursos más eficiente en relación con otros proyectos alternativos o el statu quo.

El ACB puede realizarse desde una perspectiva privada o desde una perspectiva social, través de la evaluación privada o evaluación económica de proyectos, respectivamente. Desde la perspectiva privada se busca determinar el beneficio de llevar adelante una inversión, según el punto de vista del inversor o accionista. Sin embargo, hay efectos que superan ese enfoque, y que, siendo irrelevantes para el inversor, no lo son para otros involucrados o para la sociedad en su conjunto. La evaluación social se realiza respecto a criterios de bienestar de la sociedad y permite determinar si la ejecución del proyecto generará o no mejoras en el bienestar de la sociedad desde el enfoque de la eficiencia económica.

#### **2.1.1 METODOLOGÍA GENERAL PARA LA EVALUACIÓN.**

¿Qué tipo de análisis sistémico es el ABC? Está dividido en 5 secciones:

- Selección de variables: contiene todos los datos relevantes a ser usados en el análisis.
- Análisis del proyecto: Valor del proyecto a precios de mercado.

- Análisis privado: Estima el valor del proyecto para el promotor del mismo, implica un estudio financiero y un análisis de riesgo (sensibilidad, escenarios, simulación Montecarlo, árboles de decisión)
- Análisis de eficiencia: Estima el valor desde el punto de vista económico
- Análisis del grupo referente: estima el valor del proyecto para los participantes (stakeholders). Efectos sobre el gobierno, trabajadores, otros productores, sociedad.

### **2.1.1.1 EL CONCEPTO DE EFICIENCIA ECONÓMICA**

Uno de los conceptos centrales del ACB es el de eficiencia económica. La eficiencia económica o eficiencia en sentido de Pareto se logra cuando ningún agente económico puede estar en una mejor situación sin empeorar la situación de otro (Perman et al., 2003; Nicholson y Snyder, 2008). En la ilustración 1 se presenta el concepto de eficiencia desde el punto de vista de una firma, para la cual los niveles de producción  $Q_1$  y  $Q_2$  de determinado bien o servicio generan beneficios netos positivos, pero no tan grandes como el nivel de producción  $Q^*$ , que corresponde al óptimo de producción. Es decir, para esa cantidad producida los recursos son asignados de manera eficiente, ya que cualquier otra asignación de sus factores de producción generaría una reducción en el nivel de beneficios netos.

Asociado al concepto de eficiencia anterior, el primer teorema fundamental de la economía del bienestar establece que las economías que funcionan con mercados en condiciones de competencia perfecta asignan de manera eficiente los recursos disponibles (Nicholson y Snyder, 2008). A partir de esto, la ineficiencia se entiende como los problemas por los cuales el mercado no logra asignar de manera eficiente los recursos por sí solo, también llamados fallas de mercado (HM Treasury, 2003). Según HM (HM Treasury, 2003), las principales cuatro fallas de mercado son: i) la



trabajadores de baja calificación. ¿Es posible decir que el proyecto anterior aumenta el bienestar social? El ACB desde una perspectiva social puede mostrar el resultado agregado a nivel de toda la sociedad, asumiendo en general el supuesto de que los cambios en el bienestar son ponderados de igual forma para todos los sectores de la sociedad. En este sentido, la función de bienestar social para el análisis ACB se enfoca en la eficiencia económica. Se considera que un proyecto aumenta el bienestar social cuando genera una ganancia neta para la sociedad en su conjunto (SNIP, 2013), independientemente de que la compensación finalmente ocurra o no.

### **2.1.2 EVALUACIÓN PRIVADA.**

La evaluación privada consiste en analizar la conveniencia de llevar adelante el proyecto o intervención desde el punto de vista del inversor o accionista, pudiendo ser este un agente tanto del sector privado como del sector público (por ejemplo, un municipio o el Gobierno central) (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En este sentido, la función objetivo será, en general, la maximización de los beneficios del agente en cuestión (aunque puede ser otra distinta, como en el caso de empresas sociales u organizaciones no gubernamentales). A partir de ello, se deberán tomar en cuenta únicamente los costos y los beneficios que afectan a los ingresos y egresos financieros, es decir, los provenientes de los efectos directos, valorados a precios de mercado. Con este criterio, lo primero será construir el flujo de fondos incrementales según el momento en que realmente ocurre cada uno de los costos o beneficios. Para ello se recomienda distinguir los diferentes costos y beneficios según la siguiente clasificación: costo de la inversión, beneficios, costos de operación y mantenimiento, y valor de rescate.

### **2.1.2.1 ESTUDIO FINANCIERO: FLUJOS DE CAJA DESCONTADO Y TASA DE DESCUENTO.**

La metodología de ACB requiere analizar únicamente los efectos incrementales generados por el proyecto evaluado en comparación a la situación base. En la práctica, eso significa que se deberá construir un flujo de fondos, en el cual se toman en cuenta cada uno de los costos y beneficios incrementales que ocurren durante el período evaluado. Una consecuencia directa de ello es que no basta con conocer si el proyecto es bueno en sí mismo; se debe establecer si es mejor que i) la situación sin proyecto, o que ii) el mejor proyecto alternativo.

Como se planteó, la evaluación privada se realiza desde el punto de vista del inversor o ejecutor del proyecto. Por lo tanto, el VAN del proyecto deberá ser calculado de acuerdo al costo de oportunidad que enfrenta el inversor o ejecutor del proyecto, quien puede ser una persona o más de una (por ejemplo, cuando hay más de un accionista). En consecuencia, la tasa de descuento no va a ser única y va a variar dependiendo de quién sea el agente, debido a que cada accionista, inversor, prestamista o ejecutor del proyecto va a tener sus propias alternativas de inversión y, por tanto, su propio costo de oportunidad por su alternativa no emprendida (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En cualquier caso, si el VAN del proyecto es mayor que cero, el proyecto será más rentable que la mejor alternativa que el inversor tenga para invertir sus fondos. Otra forma de usar el criterio de VAN a nivel privado es examinar si el proyecto supera el costo que tiene el capital. Supóngase que el total de los fondos para llevar adelante el proyecto proviene de un banco que exige una tasa de interés anual de X%. En ese caso, se podría calcular el VAN usando una tasa de descuento de X% para evaluar si el proyecto puede cubrir el costo del capital. Con lo cual, si el VAN es menor a cero, el proyecto debe ser descartado, ya que no será capaz de cubrir el costo del capital y resultará en una pérdida de riqueza para el inversor. En cambio, si el VAN es mayor a cero, se

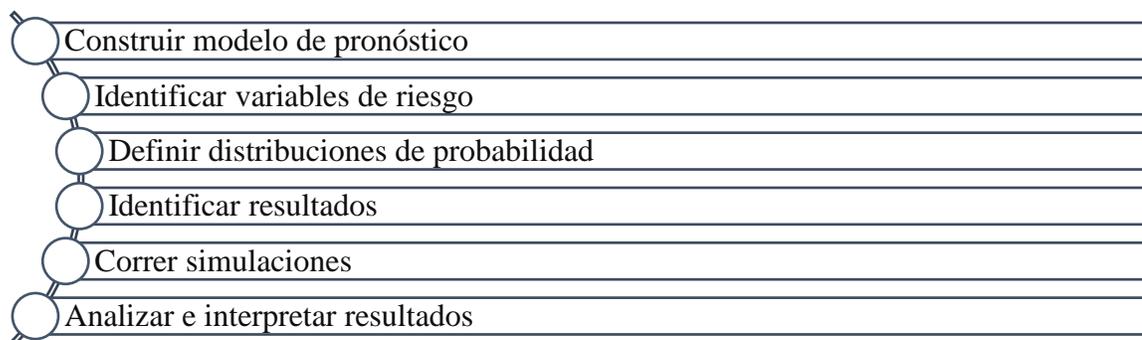
podrá decir que el proyecto genera riqueza por encima del costo del capital a través del tiempo y se deberá analizar la liquidez del inversor para concluir que el proyecto podrá cubrir el costo del capital o no.

### **2.1.2.2 ANÁLISIS DE RIESGO: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD, ESCENARIOS, SIMULACIÓN MONTECARLO.**

La simulación es una herramienta Es una herramienta descriptiva para estudiar el comportamiento de un sistema bajo determinadas condiciones. La simulación se basa en un modelo matemático, probabilístico. Es decir que las relaciones matemáticas incluyen variables aleatorias

Analiza el comportamiento (resultados) cuando las entradas (parámetros y variables) cambian según sus distribuciones de probabilidad.

En la simulación Montecarlo el modelo matemático es sometido a muchas simulaciones o “corridas”, cada corrida constituye un escenario de resultados generado a partir de un conjunto de valores de las variables de entrada. Luego, los resultados se analizan estadísticamente, con indicadores adecuados y la variabilidad de los resultados indica su riesgo. La metodología a aplicar en el análisis de riesgo es la siguiente:



*Ilustración 2. Metodología de análisis de riesgo*

## **2.2 TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL Y LA ODONTOLOGÍA**

### **2.2.1 FABRICACIÓN DIGITAL**

Para comprender el origen de la fabricación digital debemos mirar las evoluciones tecnológicas ocurridas a lo largo de la historia y cuáles de estas debido a su impacto tanto social como económico provocaron las denominadas Revoluciones industriales.

En la primera Revolución Industrial, entre los siglos XVIII y XIX, se mecanizaron los procesos de producción, transformando la economía agraria y artesanal en otra liderada por la industria.

La segunda transición, en el siglo XX, trajo la producción en serie, con la aparición de fábricas y líneas de montaje que permitieron fabricar productos para el gran consumo. El final del Siglo XX trae una nueva transformación. El despliegue de la electrónica y la informática en los procesos industriales permitió automatizar las líneas de producción y que las máquinas reemplazaran a las personas en tareas repetitivas.

Dos décadas de vertiginosos avances en la tecnología de Internet han producido un impacto radical en la economía y en la sociedad. La convergencia de las tecnologías de la información con la sensorial y la robótica están transformando el internet tradicional (información y personas) en internet de las cosas (IoT). Y este nuevo escenario aplicado a la industria ha producido un impacto disruptivo en ésta, abriendo un escenario de enormes oportunidades basado en el aprovechamiento de la informática.

La fabricación digital es el conjunto de tecnologías integradas mediante las cuales se hace posible la digitalización de los procesos de fabricación. Gracias a ella, en lugar de requerirse técnicos cualificados para el manejo de maquinaria compleja en el proceso de

producción, son los ordenadores los que controlan las máquinas de prototipado. Con ello se consigue una mayor precisión en el acabado final del producto, pero además y lo que es más importante, se hace posible el acceso de más personas a los medios de producción, ya que tan sólo se requiere de un modelado tridimensional del objeto a fabricar —generado en un software de diseño que posteriormente se fabrica empleando máquinas controladas por ordenador como fresadoras, cortadoras láser, cortadoras por cuchilla de precisión o impresoras 3D (Cueva,2017, pág. 3).

La inteligencia de la nueva fábrica es el resultado de la convergencia de las tecnologías de la información, su unión en un “ecosistema digital” con otras tecnologías industriales y el desarrollo de nuevos procesos de organización.

### **2.2.2 LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL.**

Los laboratorios de fabricación digital son “plataformas de cooperación entre personas y organizaciones con el fin de democratizar el acceso a nuevas tecnologías, brindando a las personas la capacidad de crear y experimentar de forma sinérgica, compartiendo sus conocimientos con el resto de usuarios”. (Perú, Laboratorios de fabricación digital)

El objetivo de un laboratorio de fabricación digital es acercar la tecnología a la comunidad, sobre todo a las comunidades necesitadas y aisladas a partir de la fabricación de objetos de beneficio claro, sustentable, identidad cultural. (Amenta, 2014)

Existen tres corrientes principales de los denominados “espacios tecnológicos” que ofrecen acceso compartido a tecnología, equipos para la creación, prueba productos, experiencias y servicios antes de su lanzamiento

**1. HACKLABS:** Este término se utiliza para designar a un “colectivo de programadores informáticos, según el uso tradicional de hacker, que comparten un espacio de trabajo”. Un hacklab es un “sitio físico donde gente con intereses en ciencia, nuevas tecnologías y artes digitales o electrónicas se puede reunir para compartir ideas, equipo y conocimientos”. (Oxford University Press, s.f.)

**2. MAKERSPACES:** es definido como “un espacio en el que personas que comparten intereses, especialmente en la computación o tecnología se reúnen para trabajar de forma conjunta en proyectos, compartir ideas, equipo y conocimiento”. (Oxford University Press, s.f.)

**3. TECHSHOP:** estos laboratorios ofrecen a los usuarios una suscripción, anual o mensual, para permitir el acceso a herramientas y materiales variados; además de ofrecer una mini tienda de artículos y asesoría sobre su uso, por personal disponible a tiempo completo, una vez que son adquiridos para ayudar a desarrollar ideas y mejorar las habilidades técnicas (Cavalcanti, 2013).

**4. FABLABS:** Los fablabs son una red de espacios creada en 2005 en el entorno del MIT Media Lab bajo la idea de permitir el aprendizaje en el uso de una amplia serie de herramientas de diseño y fabricación a quien quiera iniciarse en ello, cobrando poco o nada y gestionados por ONG locales (Grupo Durga, 2016)

Un laboratorio de fabricación digital es un “espacio de producción de objetos físicos a escala personal o local que agrupa máquinas controladas por ordenadores, capaces de fabricar casi cualquier objeto”; su particularidad reside en su tamaño y en su fuerte vinculación con la sociedad, su funcionamiento se alrederor de dos movimientos: el DIY,

Do It Yourself por sus siglas en inglés, conocido como autoproducción y el Open Source o el libre flujo de información y conocimiento (Alicante., s.f.).

### 2.2.3 APLICACIÓN DE LA FABRICACIÓN DIGITAL EN LA ODONTOLOGÍA.

La odontología digital es un área de la odontología moderna que utiliza tecnologías disruptivas de digitalización y procesamiento de imagen junto con un sistema de construcción de nuevas piezas dentarias, órtesis y prótesis.

La idea subyacente en la incorporación de estas tecnologías es la de hacer de manera más eficiente las tareas que en la actualidad se realizan de una manera artesanal, y que puede llevar a errores y posibles problemas futuros una vez implementados en el paciente. Por otro lado, supone una manera de brindar una solución personalizada para cada paciente que requiera tener una nueva pieza dentaria, puente, prótesis, entre otras aplicaciones.

La odontología digital está basada en tres partes principales:

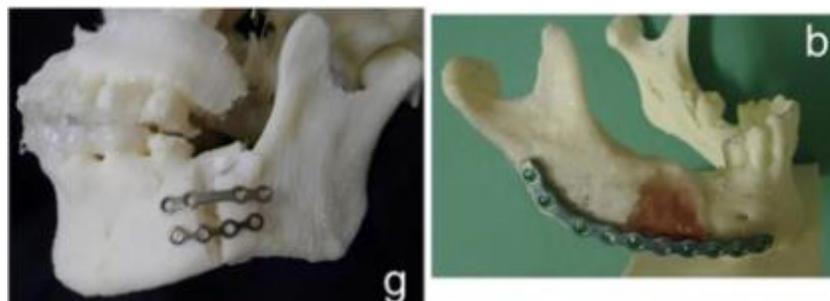
- **Digitalización:** en este caso puede ser un escáner intraoral, un escáner externo o tomografía dental. Con el escáner intraoral se puede obtener directamente la réplica digital de las piezas dentarias, mientras que con el escáner externo es necesaria una réplica en yeso para poder escanear la dentadura. Los datos obtenidos mediante un tomógrafo servirán sólo para la planificación de posicionamiento de implantes.

- **Procesamiento de datos:** mediante este sistema se realiza la reconstrucción de modelos digitales de las distintas piezas. A partir del modelo digital se realizarán los ajustes necesarios y se diseñará la nueva prótesis o puente de piezas dentales.

• **Impresión 3D:** a partir de estos sistemas se puede avanzar sobre la fabricación de la geometría final. Actualmente con impresoras 3D se puede obtener piezas tanto de plástico que sirven como modelos de estudio o moldes, como de cera para luego utilizarlos en procesos de ceras perdidas. Mediante esto se pueden construir prótesis removibles como las realizadas en aleaciones metálicas de cromocobalto.

La principal utilidad de la fabricación digital en la odontología actualmente, radica en la creación de:

1. Prótesis dentales
2. Guías quirúrgicas
3. Reproducir lesiones para planificar cirugías.
4. Reproducir modelos anatómicos para comprender cual procedimientos seguir (Brackets)
5. Entrenamiento a especialistas
6. Explicar al paciente los procesos que realizaran en su cuerpo.



*Ilustración 3. Guías quirúrgicas*

### 2.2.3.1 PRODUCTOS Y SERVICIOS PARA EL ÁREA DE LA ODONTOLOGÍA.

#### Servicios

- a. **Digitalización:** en este caso puede ser un escáner intraoral, un escáner externo o tomografía dental. Con el escáner intraoral se puede obtener directamente la réplica digital de las piezas dentarias, mientras que con el escáner externo es necesaria una réplica en yeso para poder escanear la dentadura. Los datos obtenidos mediante un tomógrafo servirán sólo para la planificación de posicionamiento de implantes.
- b. **Procesamiento de datos:** mediante este sistema se realiza la reconstrucción de modelos digitales de las distintas piezas. A partir del modelo digital se realizarán los ajustes necesarios y se diseñará la nueva prótesis o puente de piezas dentales.
- c. **Impresión 3D:** a partir de estos sistemas se puede avanzar sobre la fabricación de la geometría final. Actualmente con impresoras 3D se puede obtener piezas tanto de plástico que sirven como modelos de estudio o moldes, como de cera para luego utilizarlos en procesos de ceras perdidas. Mediante esto se pueden construir prótesis removibles como las realizadas en aleaciones metálicas de cromocobalto.

#### Productos

- a. Coronas.
- b. Dentaduras Completas
- c. Carillas Palatinas.
- d. Guías Quirúrgicas.
- e. Guardas Nocturnas
- f. Puentes
- g. Implantes Dentales

#### **2.2.4 BENEFICIOS ACTUALES DE LA FABRICACIÓN DIGITAL EN LA ODONTOLOGÍA Y EN LA MEJORA DE LAS COMPETENCIAS ESTUDIANTILES.**

1. Mejora la calidad de las prótesis dentales y en cualquiera de los productos que son realizables mediante fabricación digital
2. Costes de producción se ven disminuidos
3. Acelera la producción de las prótesis dentales
4. Los estudiantes pueden realizar prácticas y cometer errores sin el temor de perjudicar la salud dental de una persona
5. Las prácticas en modelos dentales impresos en 3D tienen mucha precisión y ayudan a los estudiantes a explorar su creatividad lo que desemboca en innovación.
6. La Universidad se ve beneficiada con estos espacios de creación y creatividad puesto que se fomenta la investigación científica.
7. Comprender mejor los procesos de fabricación digital para poder exigir calidad cuando se piden los servicios a terceros.

#### **2.2.5 OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS FORMAS DE APLICACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVAS SOLUCIONES.**

1. Disminuye tiempos de cirugías dentales brindada información precisa de la zona que se va a intervenir por lo que el especialista puede estudiar el procedimiento con detenimiento lo que lleva a abordajes muy diferentes y menos invasivos.
2. Promueven el
3. Permite guardar una copia digital de cada pieza para su posterior reproducción, lo cual podría beneficiar para buscar mejores abordajes con otros pacientes futuros.

4. Se reducen los errores, ya que se puede probar la pieza antes de ser colocada en el paciente e incluso también se pueden imprimir varios modelos distintos de la misma pieza.
5. Permite procedimientos personalizados y mínimamente invasivos.

### **2.2.6 OPEN SOURCE E INNOVACIÓN ABIERTA.**

Durante buena parte de la era industrial la idea de innovación estuvo asociada al establecimiento de laboratorios de I+D (innovación y desarrollo) basados en instrumentos de propiedad intelectual y prácticas de secreto industrial. Esta cultura, profundamente arraigada en las empresas y, más recientemente, en las instituciones académicas, está cambiando a partir del ascenso del open source y la innovación abierta. (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015).

Esta última constituye un nuevo modelo de creación de productos e ideas que aprovecha la creatividad de personas y expertos de diferentes disciplinas y pertenencias sociales. La idea básica de este modelo de innovación se encuentra resumida en una de las máximas del software libre, que afirma: cuanto mayor es la cantidad de ojos, la solución a los problemas se convierte en obvia. De esta manera, la innovación abierta apela a la inteligencia colectiva para ampliar el potencial creativo. La implementación de estrategias de innovación abierta requiere de una serie de elementos que combinan: (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015)

- Participación abierta: Transformando a los usuarios en colaboradores. Cualquier usuario puede aportar a la definición de los problemas y soluciones. La colaboración no es obligatoria, sino que está guiada por el interés común en resolver los problemas. Esto genera compromiso por parte de los participantes y permite

aumentar la flexibilidad en la construcción de grupos de trabajo. Se evita que las personas se vean limitadas por las restricciones de pertenencia laboral o jerarquías arbitrarias.

- **Diversidad:** permite incluir personas de diferente origen y formación. La posibilidad de mezclar diferentes saberes aumenta la creatividad, la capacidad para aprender en la práctica y, sobre todo, el aprendizaje por interacción. Cuando la participación se abre a comunidades online, la diversidad se multiplica de manera exponencial, permitiendo atraer expertos de diferentes partes del mundo.
- **Flexibilidad:** a partir del uso de licencias abiertas cualquier persona puede modificar el diseño de las tecnologías o productos. Esto permite que los usuarios colaboren con los fabricantes en la resolución de errores o fallos. Pero también permite modificar los productos ad-hoc de acuerdo con nuevas necesidades y contextos.
- **Velocidad:** las prácticas de innovación abierta aceleran el proceso de resolución de problemas. Los espacios experimentales como los laboratorios de fabricación digital ayudan a los emprendedores a construir el problema, aprender las capacidades necesarias para resolverlo y testear posibles soluciones en poco tiempo.

Los laboratorios de fabricación digital constituyen un locus privilegiado para el desarrollo de innovación abierta ya que utilizan herramientas open source, establecen colaboraciones online con creativos de diferentes partes del mundo y establecen días específicos para la participación de personas que no trabajan diariamente en el laboratorio. Algunas empresas están empezando a adoptar las metodologías

participativas de innovación abierta que promueven los laboratorios de fabricación digital. En particular les interesa la facilidad para crear nuevos productos, hacer prototipos rápidos y desarrollarlos con un costo mucho más bajo que un laboratorio de I+D cerrado. (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015).

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Este capítulo tiene como fin mostrar la metodología que se utilizó en la investigación y describir la aplicación del instrumento que permitió alcanzar los objetivos planteados.

### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación que permitió recabar la información necesaria para realizar la evaluación económica-financiera fue de tipo cualitativa. El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados (Punch, 2014; Lichtman, 2013; Morse, 2012; Encyclopedia of Educational Psychology, 2008; Lahman y Geist, 2008; Carey, 2007, y DeLyser, 2006).

Este tipo de investigación permitió recolectar información que será insumo para la construcción de nuestro modelo para la evaluación económica-financiera del proyecto de ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital. Esta información hizo posible determinar los beneficios y la inversión necesaria para cumplir los objetivos y preguntas de investigación antes planteados.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 POBLACIÓN**

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Lepkowski, 2008b). Para este estudio en particular, la población o universo fueron los docentes y autoridades de la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador; asimismo, profesionales odontólogos, clínicas y laboratorios dentales que puedan solicitar los servicios del laboratorio.

### **3.2.2 MUESTRA**

En las investigaciones cualitativas los tipos de muestra utilizados son no probabilística o dirigidas. Por lo anterior, para responder a las preguntas de investigación y debido al tipo de información que se desea recolectar para el análisis del proyecto, no se calculó muestra probabilística.

En los estudios cualitativos, el tamaño de muestra no es importante desde una perspectiva probabilística, pues el interés del investigador no es generalizar los resultados de su estudio a una población más amplia (Hernández Sampieri, H., Fernández, C. y Baptista, P., 2010)

El tipo de muestro que se utilizó es un muestro no probabilístico de bola de nieve, o también conocido como muestreo por referencia o muestreo en cadena. El muestreo de bola de nieve se refiere a una técnica no probabilística en la que un investigador comienza con una pequeña cantidad de individuos conocidos, y amplía la muestra pidiéndoles a los participantes iniciales que identifiquen a otros que deberían estar en el estudio. En otras palabras, la muestra comienza pequeña pero el efecto “bola de nieve” la hace crecer a lo largo de la investigación.

### **3.2.3 UNIDADES DE ANÁLISIS**

Con las unidades de análisis se definió sobre qué o quiénes se recolectarían los datos, es decir, los participantes, objetos o sucesos de estudio que pueden ser e individuos, organizaciones, periodos, comunidades, situaciones, piezas producidas, eventos, etc.

Para este estudio en particular, las unidades de análisis fueron:

a. La Universidad de El Salvador, Facultad de Odontología. Esta entidad proporcionó información valiosa con el apoyo de docentes y autoridades de la facultad.

b. Clínicas y laboratorios dentales. Estas entidades brindaron información con la ayuda de profesionales odontólogos potenciales usuarios y clientes que requieran algunos de los servicios que el Laboratorio proveerá.

## **3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1 TÉCNICA**

La investigación se llevó a cabo con la ayuda de fuentes de información primaria y secundaria.

#### **Fuentes de Información Primaria**

- Entrevistas a profesores y autoridades de la Facultad de Odontología, entrevistas a profesionales odontólogos. Con el propósito de conocer la información no documentada de la operatividad de facultad y de las clínicas o

laboratorios que permita calcular insumos necesarios para el diseño de modelo de evaluación económico financiero.

Fuentes de Información Secundaria:

- Artículos de revista
- Libros de texto
- Internet
- Reseñas de artículos
- Plan de estudios de la carrera de Odontología

### **3.3.2 INSTRUMENTO**

El instrumento utilizado es una guía de entrevista. La guía de entrevista es un documento que contiene los temas, preguntas sugeridas y aspectos a analizar en una entrevista.

### **3.3.3 PROCEDIMIENTO**

La recopilación de información se realizó a través de entrevistas con las partes interesadas en el proyecto, se organizó y documentó la información recopilada para posteriormente ejecutar el análisis de los datos determinando así el tamaño del proyecto de inversión, dichas entrevistas se realizaron a través de plataformas virtuales o por teléfono, dependiendo del medio con el que se sienta más cómodo el entrevistado.

Los pasos que se realizaron para recopilar la información son los siguientes:

**Para Docentes y autoridades:**

- Contactar al docente u autoridad
- Realizar reunión vía Google meet o Google Teams.
- Solicitar al docente, que recomiende a alguien más para que pueda brindar información y que además dicha persona pertenezca a la población de estudio.
- Vaciar la información en Excel tabulándola.
- Analizar la información

**Para clínicas y laboratorios:**

- Contactar la clínica o laboratorio
- Realizar reunión de forma presencial o por algún medio electrónico.
- Solicitar al entrevistado que recomiende una clínica o laboratorio donde se pueda seguir investigando
- Vaciar información en Excel.
- Analizar la información

## **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISIS DE DATOS**

#### **4.1.1 RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS**

Las entrevistas fueron pieza clave para obtener insumos base para los cálculos de requerimientos de inversión, determinación de costos y demanda, así como otros insumos base para la evaluación económica-financiera del proyecto.

Los hallazgos más importantes de las entrevistas son los siguientes:

**Pregunta 1. ¿Tiene algún conocimiento o noción de la Fabricación Digital en la odontología?** Todos poseían una noción de la fabricación digital y uno de los entrevistados ya hacía uso de ella y había tomado un diplomado sobre fabricación digital impartido por la Escuela de Ingeniería Industrial.

**Pregunta 2. ¿Podría mencionar las áreas de aplicación de las tecnologías de Fabricación Digital en la Odontología?** De esta pregunta se puede destacar que actualmente existe más de una posible aplicación de la fabricación 3D en la odontología. La primera a mencionar es el escaneo 3D que actualmente ya se práctica al igual que el fresado 3D y la Escuela de Odontología cuenta con el equipo de escaneo 3D. La siguiente aplicación es la impresión 3D en la fabricación de diferentes productos. Los entrevistados mencionaron los siguientes: restauraciones, fabricación de férulas para problemas articulares y musculares, guardas, guías para colocar implantes, reconstrucciones con defectos anatómicos importantes en los pacientes, confección de aditamentos como guardas que se colocan para controlar el apretamiento o rechinamiento.

**Pregunta 3. ¿Cuáles considera que podrían ser los beneficios de la aplicación de esas tecnologías?** Los principales beneficios identificados por parte de los entrevistados fueron: la exactitud, modelos más limpios y fáciles de procesar porque al escanear ya no se tiene que tomar impresiones al paciente, ya no tiene que vaciar modelos del paciente y si el estudiante u profesional quiere hacer modificaciones en un modelo de yeso solo las puede hacer una vez porque después se pierden y tendría que volver a tomar otro modelo en cambio en un programa puede hacer adiciones, puedo verlo, imprimirlo y ver si el resultado final cumple los requerimientos y si no lo puede replantear en el mismo programa y ahí puede hacer las modificaciones.

**Pregunta 4. ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de Odontólogos?** En esta pregunta, todos los entrevistados coincidieron en sus respuestas: Impresión 3D, fresado 3D y asesorías en diseño de modelos anatómicos. En base a esta información y tomando en cuenta que ya se cuenta con escáner 3D en la facultad de odontología y que también ya se hace uso de la aplicación del fresado 3D, comprobamos la necesidad del servicio de impresión 3D al cual la facultad tiene acceso limitado a través del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial.

**Pregunta 5. ¿En qué materias del pensum de la carrera de Odontología cree que tendrían aplicación estas tecnologías?** Los entrevistados consideran que materias donde es necesario tomar un modelo son aplicables las tecnologías descritas en la pregunta anterior. En términos de materias, la siguientes son las consideradas como materias que se pudieran apoyar en el Laboratorio de Fabricación Digital para el desarrollo de proyectos asignados a los estudiantes:

- Anatomía dental: Morfo función 2 y 3
- Tratamientos 3, 4 ,5 y 6
- Preclínica de restaurativa 1 y 2
- Área clínica: Clínica de restaurativa 1, 2 y 3

- Operatorias 1 y 2
- Practica disciplinaria profundizada con énfasis en maxilofacial, ortopedia y ortodoncia y restaurativa.

**Pregunta 6. ¿Cuántos estudiantes estiman en promedio que serían beneficiados con la implementación de estas tecnologías?** La información de las entrevistas nos indica un promedio de 200-250 proyectos al año. Con esta información, se tiene una base para proyectar demanda recursos necesarios para la implementación del proyecto y poder cubrir la demanda en proyectos que serán solicitados al año por estudiantes de la Facultad de Odontología.

Para la maquinaria y equipo, se estimó que anualmente se estará dando el servicio a 200-250 estudiantes de la carrera. Además, después de tener una entrevista con el director de la Escuela de Ingeniería Industrial lugar en el que se encuentra el laboratorio, se estima que los recursos por proyecto son los siguientes:

Materia prima por proyecto: 200-300 g

$N^{\circ} \text{ proyectos} \times \text{materia prima por proyecto} = \text{cantidad de materia prima requerida}$

200 proyectos x 250 g = 40,000 g - 60,000 g ---- equivalente a **40 kg – 60 kg**

*Tabla 2. Cálculo del tiempo total de producción por proyecto*

<b>Tiempos de fabricación</b>	<b>Cantidad</b>
Tiempo de preparación:	0.5:00 h - 1:00 h
Tiempo de fabricación:	4:00 – 6:00 h
Tiempo de post procesado:	2:00 h – 3:00 h
<b>Tiempo total por proyecto</b>	<b>6.5:00 h – 10:00 h</b>

$$N^{\circ} \text{ proyectos } \times \text{ tiempo total de proyecto } = \text{ tiempo total requerido}$$

Por lo tanto:

$$200 \text{ proyectos } \times 6.5 \text{ h} - 10 \text{ h} = \mathbf{1300 \text{ h} - 2000 \text{ h.}}$$

**Capacidad de la máquina.** Tomando en cuenta que una Impresora 3D de resina puede realizar 2 proyectos a la vez, una maquina podrá realizar el trabajo diario equivalente a **13h –20h.**

Además, tomando en cuenta que las asignaturas pueden esperar entre 1y 2 semanas por sus proyectos (tiempo que tardan los depósitos dentales en suplir a la facultad con modelos lo que equivaldría a 80 horas.

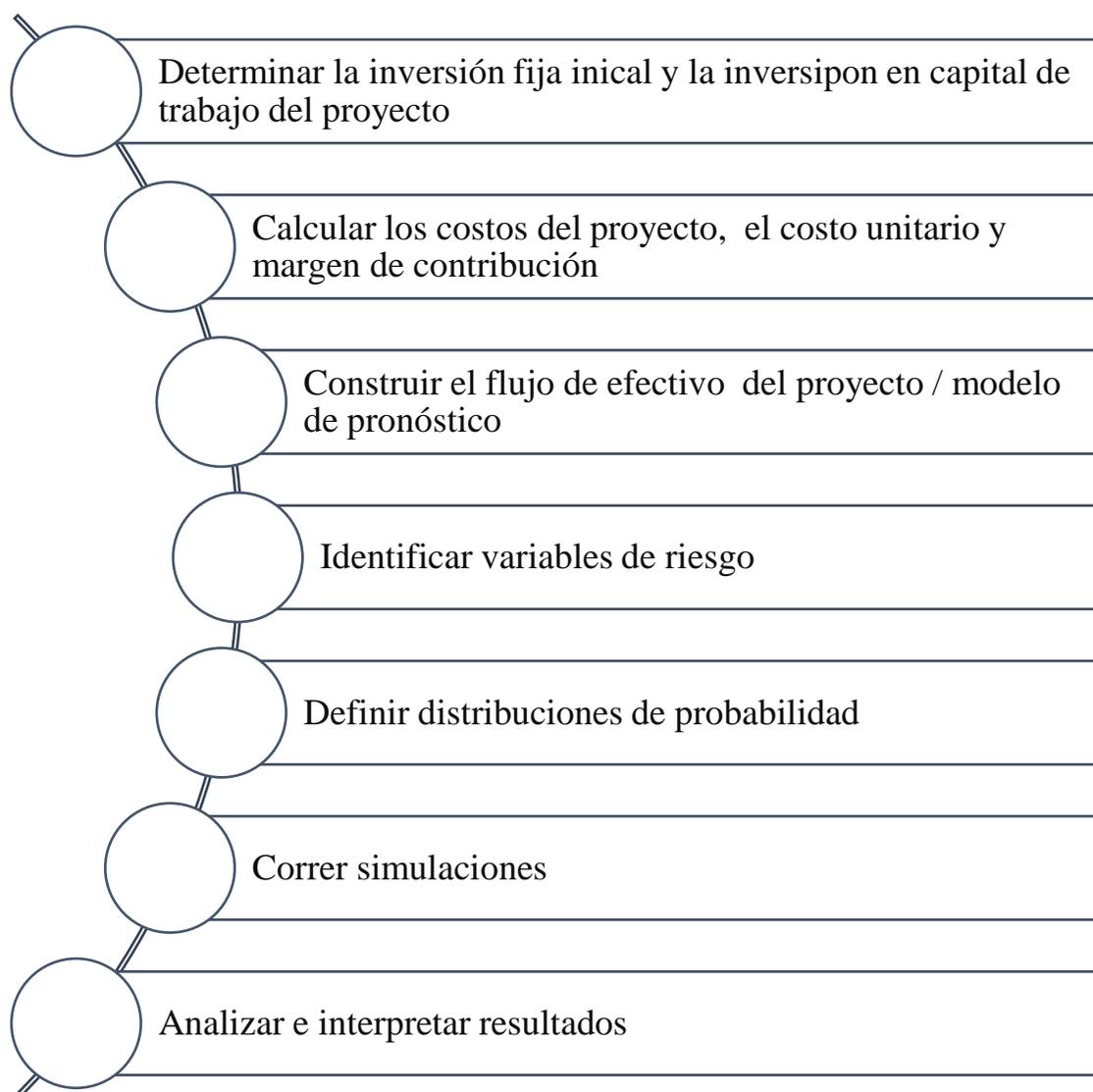
En base a lo anterior, se puede calcular la cantidad de impresoras 3D y estaciones de lavado y curado necesarias.

Tiempo total requerido por 200 proyectos / cantidad de horas disponibles en 2 semanas / capacidad de la maquina = número de máquinas requeridas

$$2000 \text{ h} / 80 \text{ h} / 13 \text{ h} = 1.9 \text{ máquinas } 2 \text{ máquinas de impresión } 3D$$

#### 4.1.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA

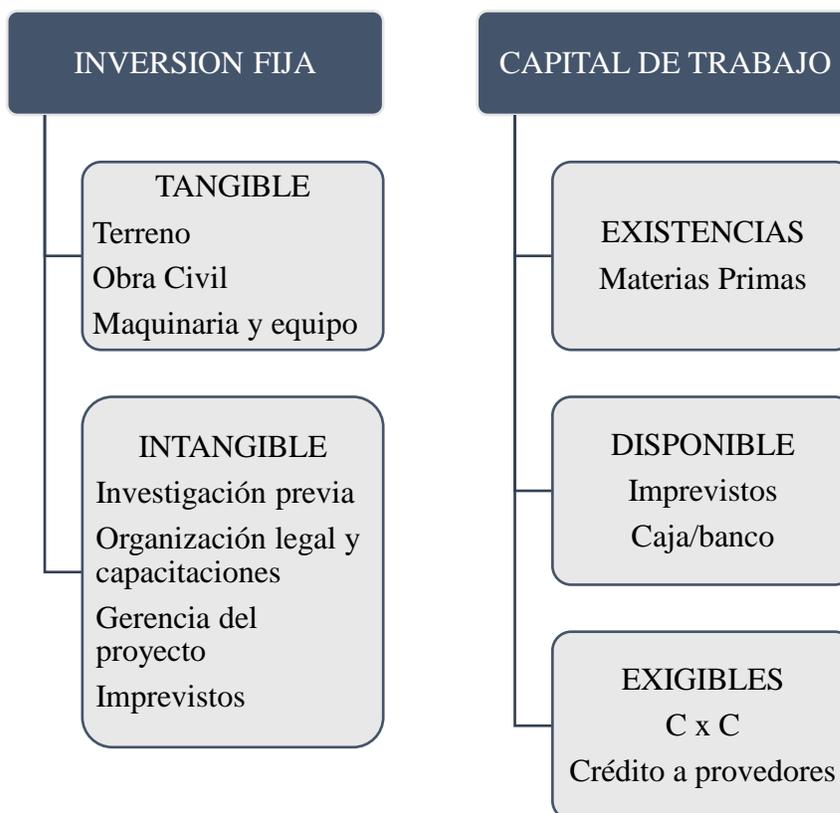
El desarrollo de la evaluación económica financiera se realizará siguiendo los pasos que se muestran en el siguiente flujo de información:



*Ilustración 4 Evaluación económica -financiera.*

#### 4.1.2.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO

El cálculo de la inversión del proyecto se llevará a cabo siguiendo la siguiente clasificación de costos de inversión:



*Ilustración 5 Clasificación de los costos de inversión.*

## **INVERSIÓN FIJA**

El cálculo de la inversión fija nos brindará la estimación de la inversión de los bienes y servicios a utilizarse en la ejecución del proyecto formado parte de la infraestructura operativa del proyecto, es decir la base para iniciar la producción.

**Terreno.** El proyecto es una ampliación del ya existente Laboratorio de Fabricación Digital. El laboratorio se encuentra ubicado actualmente en la Escuela de Ingeniería Industrial, dicho salón tiene un área de 41.2 m<sup>2</sup> y un área expandible de 18.8 m<sup>2</sup> que está disponible en caso de aumento en la demanda de servicios o ampliación y es el área a remodelar para este proyecto. Por lo anterior no habrá costos de compra de lote, gastos notariales o gastos de demolición.

**Obra civil.** Para la adecuación y preparación de las instalaciones se establecieron los siguientes requerimientos: modificación del sistema eléctrico e instalación de estructuras metálicas para la protección del laboratorio, abrir acceso e instalar puerta desde el actual laboratorio, colocar cielo falso y luminarias nuevas y pintura. El costo total de la obra es de \$1,250.

**Maquinaria y equipo.** Comprende la inversión necesaria para satisfacer las necesidades maquinaria, equipo, instrumentos y utensilios necesarios para poder brindar los servicios a la facultad de Odontología que serán: impresoras 3D de resina, estación de curado, estación de lavado, utensilios de producción, licencias de software.

**Mobiliario y equipo de oficina.** Comprende equipo y mobiliario para la realización de las actividades administrativas.

**Investigación previa y estudios.**

Este apartado se refiere a la inversión necesaria para el desarrollo del presente análisis de factibilidad de la ampliación del laboratorio. Sin embargo, el presente estudio ha sido elaborado como tesis de grado y este costo no será tomado en consideración dentro del costo de la inversión.

**Gasto de organización legal.** En el proyecto no es considerada la inversión necesaria para el trámite de reconocimiento de los servicios adicionales que ofrecerá el laboratorio de fabricación digital como un Proyecto Académico Especial<sup>1</sup>, debido a que es un trámite interno y por lo tanto no es necesario realizar una inversión para obtener la aprobación de Consejo Superior Universitario. El desarrollo de los costos relacionados al pago de salarios del personal a cargo del desarrollo de estos procesos se incluye como parte de la administración de la implementación del proyecto.

**Administración del proyecto.** Esta sección comprende las actividades necesarias para la implementación del proyecto; incluye la inversión necesaria para el desarrollarlas y el personal para para lograr su ejecución hasta su implantación.

**Imprevistos.** Se ha considerado un porcentaje del 5% de la inversión total del proyecto destinada a imprevistos.

El resumen de la inversión fija necesaria para la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital aplicando el 5% es el siguiente ((Ver detalle de cálculos en Anexo 3 y especificación de la impresora 3D en Anexo 6):

---

<sup>11</sup> El proceso de reconocimiento de un proyecto académico especial por parte de Junta Directiva permite obtener la ratificación de la programación de actividades del proyecto y su pliego tarifario, además de la de captación de los fondos generados por la venta de dichos servicios en la cuenta bancaria destinada a los proyectos Académicos Especiales.

Tabla 3. Total inversión fija del proyecto

<i>Inversión fija del proyecto de ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital.</i>		
Rubro	Monto de la inversión	Monto total
<b>Inversión fija tangible</b>		
Obra civil	\$ 1,250.00	\$ 27,384.05
Maquinaria y equipo de producción	\$ 24,360.00	
Maquinaria y equipo de oficina	\$ 1,774.05	
<b>Inversión fija intangible</b>		
Investigación y estudios previos	no	\$ 2,600.00
Gastos de organización legal	no	
Administración del proyecto	\$ 2,600.00	
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 29,984.05</b>
<b>Imprevistos</b>		
Imprevistos del proyecto (5%) (Subtotal + imprevistos)	\$ 1,499.20	\$ 1,499.20
<b>TOTAL INVERSION FIJA</b>		<b>\$ 31,483.25</b>

### **CAPITAL DE TRABAJO**

El capital de trabajo es el recurso económico permanente destinado para el funcionamiento del laboratorio, ya que cubrirá desde la compra de materia prima y suministros necesarios para llevar a cabo sus operaciones y brindar los nuevos servicios (Ver anexo 4 para detalle de cálculos).

Generalmente, para calcular el capital de trabajo necesario se deben considerar los siguientes aspectos: política de inventario de producto terminado, política de inventario de materia prima, política de crédito para los clientes, política de salarios. A continuación, se presentan la clasificación del capital de trabajo que se presentan en el desarrollo del proyecto:

---

CAPITAL DE TRABAJO	PASIVO CIRCULANTE
--------------------	-------------------

---

ACTIVO CIRCULANTE

Activo circulante

Inventarios

Cuentas por Cobrar

---

Algunos aspectos a considerar para el presente proyecto previo al cálculo del capital de trabajo para el laboratorio son los siguientes:

1. No se contará con una política de inventario de producto terminado, dado que los proyecto a realizar serán únicos en sus especificaciones. .
2. La política de inventario de materia prima será de 6 meses o cada ciclo. Se toma en cuenta el tiempo de los procesos internos de compra y adquisiciones y, tiempo de respuesta de la universidad en el reabastecimiento de materias primas y suministros.
3. No existirá política de créditos a los clientes del laboratorio.
4. El pago de salarios se realiza mensualmente

**Inventario de materia prima y materiales directos.** La cantidad de materia prima necesaria para el primer mes de operaciones se estimó en base al cálculo de requerimiento total de materiales para satisfacer la demanda proyectos estudiantiles de la Facultad de Odontología. Además, tomando en cuenta que un inventario de seguridad del 10%.

*Materiales directos.* Engloba todos aquellos materiales que se adicionan a la materia prima en el proceso de modificación de la pieza, agregándole valor; en el caso del laboratorio, los materiales directos tienen el objetivo de brindar un mejor acabado a la pieza y realizar ensamble de partes para crear piezas de mayor tamaño.

**Efectivo**

***Mano de obra directa.*** El pago de salarios se hará mensualmente los últimos días del mes y el empleado gozará de todas las prestaciones que la Ley exige (Vacaciones, aguinaldo, ISSS, AFP e INSAFORP).

***Mano de obra indirecta.*** Engloba los salarios del personal que trabajan en el área de producción pero no directamente en el proceso productivo. En este proyecto, estas actividades se llevarán a cabo de estudiantes del programa de Servicio Social y no se realizará pago de salario.

***Personal administrativo.*** Las actividades administrativas del laboratorio serán parte de las responsabilidades del coordinador técnico del mismo.

**Suministros de Laboratorio: Energía eléctrica y agua potable.**

***Energía eléctrica.*** El cálculo del consumo mensual de energía eléctrica tanto de la maquinaria y equipo del laboratorio de fabricación digital, estimando un tiempo de trabajo de 8 horas al día y 19 días al mes.

***Agua potable.*** Para su cálculo se toma de base el pliego tarifario para el servicio de agua potable y alcantarillado establecido por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Este suministro es destinado principalmente a actividades de limpieza y al uso personal de usuarios y trabajadores del laboratorio, por lo que se estima un consumo diario de 1 m<sup>3</sup> o mensual de 19 m<sup>3</sup> para dichas actividades.

***Insumos área administrativa.*** Materiales necesarios para el desarrollo de las actividades administrativas en el laboratorio.

## RESUMEN DE LA INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO

La inversión total para el proyecto se detalla a continuación:

Tabla 4. Resumen de la inversión total del proyecto

Inversión		Rubro	Monto de la inversión	Subtotal
<b>Inversión fija</b>	Inversión fija tangible	Obra civil	\$ 1,250.00	\$27,384.05
		Maquinaria y equipo de producción	\$ 24,360.00	
		Maquinaria y equipo de oficina	\$ 1,774.05	
	Inversión fija intangible	Investigación y estudios previos	-	\$ 4,099.20
		Gastos de organización legal	-	
		Administración del proyecto	\$ 2,600.00	
		Imprevistos del proyecto (5%)	\$ 1,499.20	
<b>Capital de trabajo</b>	Inventario de Materia prima, Materiales Directos e Indirectos	\$ 2,200.00	\$4,196.76	
	Inventario de Producto Terminado	-		
	Efectivo (Caja/Banco)	\$ 1,796.92		
	Cuentas por Cobrar	-		
	Cuenta por pagar	-		
	Imprevistos (5%)	\$ 199.85		
<b>TOTAL INVERSION DEL PROYECTO</b>				<b>\$35,680.01</b>

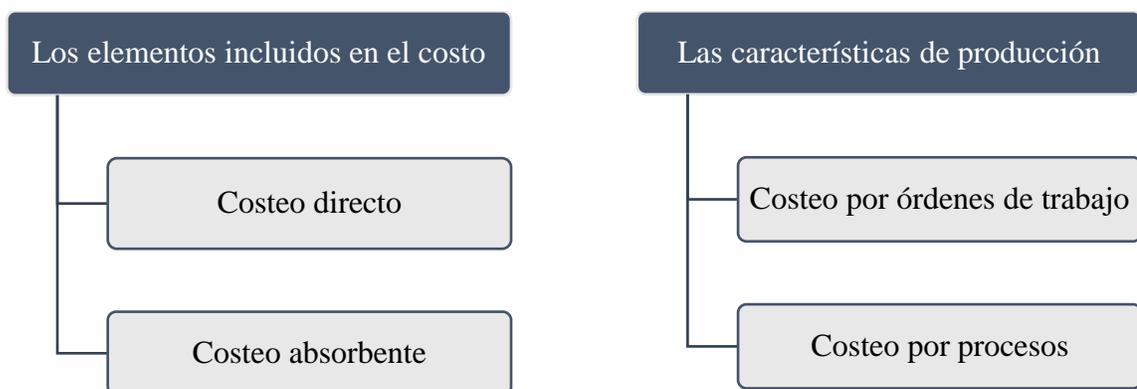
### 4.1.2.2 FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

La entidad principal para el financiamiento es la Universidad de El Salvador, sin embargo no se descarta que se reciba apoyo de un ente cooperante internacional.

### 4.1.2.3 COSTOS DEL PROYECTO

Los costos son todos aquellos gastos en los que incurrirá el laboratorio para realizar las tareas, trabajos o proyectos determinado.

La clasificación de costos se realiza en base los diversos aspectos (Baires, Doñan, & Palacios, 2005):



*Ilustración 6. Clasificación de costos*

### **ESTRUCTURA DE COSTOS A UTILIZAR**

La estructura de costos será una estructura mixta. Una de las estructuras a utilizar y que se considera más apropiada para costear los servicios a ser brindados por el laboratorio es el sistema de costos por absorción tomando como supuesto que el volumen de ventas coincide con el volumen de producción y es posible distribuir el costo entre todas las unidades producidas. Además, se consideró el sistema de costos por pedidos dado que los productos serán fabricados según especificaciones requerimientos de los clientes y cada proyecto será único.

### **COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. Para el proyecto presente, son todos los costos necesarios para que el laboratorio pueda ofrecer sus servicios de diseño e impresión 3D a la Facultad de Odontología. Los costos de producción se clasifican de la siguiente manera:

- Mano de obra directa
- Materia prima

- Materiales indirectos
- Mano de obra indirecta
- Insumos
- Depreciación de maquinaria y equipo

**Mano de obra directa.** Comprende el salario del coordinador técnico del laboratorio que se contratará para suplir la demanda de la facultad de odontología.

**Costo de materia prima.** Son los costos de la materia prima que formarán parte del producto terminado. Este cálculo toma de base la demanda de servicios para el laboratorio previamente determinada.

**Costos de materiales directos.** Se define como los materiales añadidos en el proceso productivo que contribuyen con la obtención del producto final pero que no forman parte directa del producto. En este caso son aquellos materiales que contribuirán al acabado de la pieza.

**Costo de materiales indirectos.** Para este caso en particular, no se consideran materiales indirectos de fabricación.

**Costo de suministros de producción.** Representa los costos de consumo de energía eléctrica, y consumo de agua potable.

**Depreciación de maquinaria y equipo.** Para determinar la depreciación de maquinaria y equipo del proyecto se considerará la vida útil considerando los valores máximos de la Ley de Impuestos sobre la Renta, que en el título IV Capítulo único “Determinación de Renta Neta” en el artículo 30 del apartado depreciación establece los valores máximos de vida útil permitidos para los activos fijos como se muestra a continuación.

Tabla 5. Valores máximos de vida útil permitidos por la ley de impuesto sobre la renta

<b>Tipo de activo fijo</b>	<b>Vida útil</b>
Edificaciones	20 años
Maquinaria	5 años
Otros bienes inmuebles	2 años

## **RESUMEN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**

El resumen de costos de producción anuales del Laboratorio de Fabricación Digital para los servicios a brindar a la Facultad de Odontología son los siguientes (Ver detalle de cálculos en anexo 5):

Tabla 6. Resumen de costos anuales año 1

	<b>Año 1</b>
Mano de obra directa	\$ 17,838.60
Costo de materia prima	\$ 4,400.00
Costos directos	\$ 3,400.00
Energía eléctrica	\$ 2,030.58
Agua potable	\$ 265.20
Depreciación de maquinaria y equipo de producción	\$ 1,950.00
Depreciación de mobiliario y equipo	\$ 494.29
Depreciación de equipo y mobiliario administrativo	\$ 53.57
<b>Total</b>	<b>\$ 30,432.24</b>

## **COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN**

Estos costos están compuesto por los costos relacionados a actividades de comercializar los servicios o productos. Sin embargo para este proyecto de ampliación no se consideran estos costos y se explica por qué:

- Material publicitario. La promoción de los servicios se realizará a través de redes sociales con el apoyo de los estudiantes del programa de horas sociales.
- Fletes de comercialización. La entrega final de los productos fabricación o diseños realizados será en las instalaciones del laboratorio.
- Instalaciones de comercialización. La comercialización del producto a entes externos a la universidad se llevará a cabo en las instalaciones del laboratorio.
- Pago de salarios. No se realizará contratación para dichos servicios y las actividades relacionadas a este rubro serán realizadas por el coordinador técnico del laboratorio.
- Depreciación de maquinaria y equipo. No se incurren en gastos de equipo, por ejemplo, mobiliario de reuniones con posibles clientes dado que la Escuela de Ingeniería Industrial ya cuenta con espacios que cumplen la función de sala de reuniones.

## COSTOS DE ADMINISTRACIÓN

*Tabla 7. Costos de administración*

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>	<b>Vida útil (años)</b>	<b>Depreciación</b>
Escritorio ejecutivo 1.60 x 0.70 x 0.75	1	\$375	\$375	7	\$ 53.57
<b>Total</b>					\$ 53.57

## COSTOS FINANCIEROS

La inyección de fondos para el funcionamiento del laboratorio no requerirá de préstamos de entidades financieras, por lo que no se incurrirá en costos para su implementación y funcionamiento

## RESUMEN DE COSTOS TOTALES PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

*Tabla 8. Resumen de costos totales para el laboratorio de fabricación digital año 1*

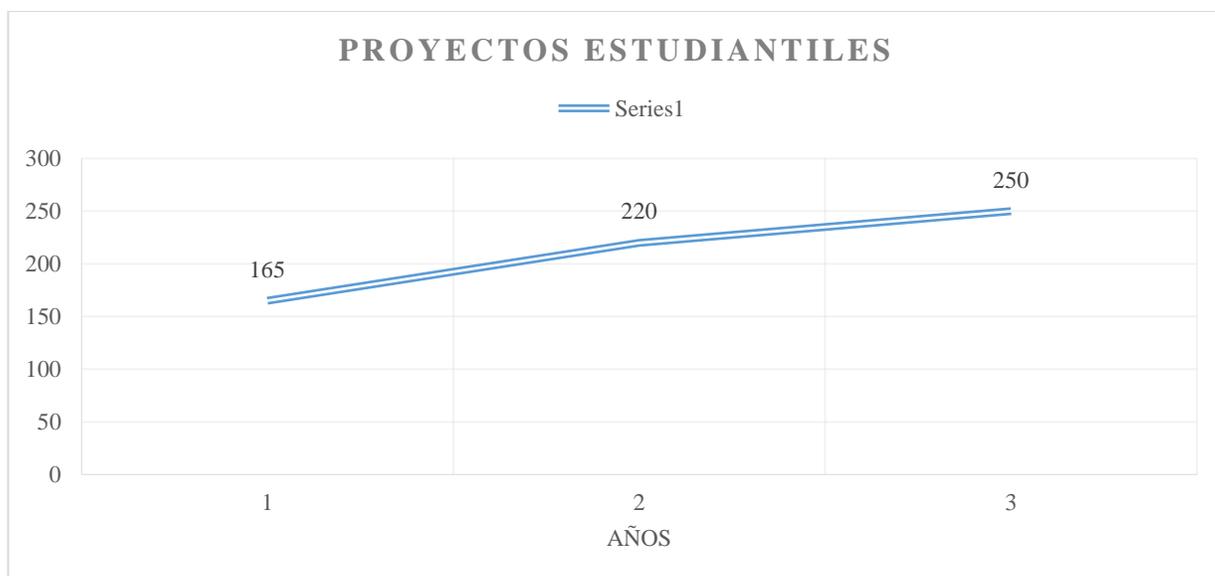
<b>Rubro</b>	<b>Total anual</b>
Costos de producción	\$ 30,378.67
Costos de comercialización	-
Costos Administrativos	\$ 53.57
Costos financieros	-
<b>Total</b>	<b>\$ 30,432.24</b>

### 4.1.2.4 COSTOS VARIABLES Y COSTOS FIJOS

Para la proyección de costos variables, se tomará una tasa estimada en base a la tasa de crecimiento en la demanda de proyectos que el Laboratorio de Fabricación Digital desde su creación hasta diciembre del año 2020. El comportamiento de la demanda de proyectos del laboratorio ha sido la siguiente:

*Tabla 9. Comportamiento de la demanda del Laboratorio de Fabricación Digital*

<b>Año</b>	<b>Proyectos estudiantiles</b>	<b>% crecimiento</b>
2018	165	
2019	220	33.3%
2020	250	13.6%
<b>total</b>	<b>635</b>	



*Gráfico 1. Comportamiento de la demanda del Laboratorio de Fabricación Digital*

La tecnología de fabricación digital, al ser parte importante de la revolución industrial 4.0 presentan actualmente crecimientos altos y se espera que su crecimiento siga siendo mayor ya que es el futuro de la industria por lo que las posibilidades de aplicación crecen cada año y es un efecto que afectará el crecimiento en demanda del laboratorio requiriendo en futuro incluso la necesidad de otro proyecto de ampliación. En base a la información anterior se estimó el crecimiento en la demanda de servicios por parte de los alumnos de la Facultad de Odontología tomaría un crecimiento parecido al que ya experimento el laboratorio en los primeros 2 años y tomando en cuenta que en el tercer año su disminución se debe la pausa en los proyectos debido a la emergencia Covid-19 que imposibilito a os alumnos acceder a los servicios del laboratorio.

Su impacto en los costos variables se presenta en la siguiente proyección:

La clasificación de costos involucrados en las actividades del laboratorio en fijos y variable para un periodo de 5 años se presenta a continuación:

Tabla 10. Clasificación de costos fijos y variables del proyecto

Tasa de crecimiento año 2           33%  
Tasa de crecimiento año 3-5       13%

Tipo de costo	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		
	Cv	Cf	Cv	Cf	Cv	Cf	Cv	Cf	Cv	Cf	
Costos de producción	Mano de obra directa		\$ 17,838.60		\$ 17,838.60		\$ 17,838.60		\$ 17,838.60		\$ 17,838.60
	Materia prima	\$ 4,400.00		\$ 5,852.00		\$ 6,612.76		\$ 7,472.42		\$ 8,443.83	
	Materiales directos	\$ 3,400.00		\$ 4,522.00		\$ 5,109.86		\$ 5,774.14		\$ 6,524.78	
	Energía eléctrica	\$ 2,030.58		\$ 2,700.67		\$ 3,051.76		\$ 3,448.49		\$ 3,896.79	
	Agua potable		\$ 265.20		\$ 265.20		\$ 265.20		\$ 265.20		\$ 265.20
	Depreciación maquinaria y equipo de producción	\$ 1,950.00		\$ 2,593.50		\$ 2,930.66		\$ 3,311.64		\$ 3,742.15	
	Depreciación mobiliario de producción	\$ 494.29		\$ 657.40		\$ 742.86		\$ 839.43		\$ 948.56	
Costos de admón	Depreciación de equipos y mobiliario de administración	\$ 53.57		\$ 71.25		\$ 80.51		\$ 90.98		\$ 102.81	
	<b>Total</b>	\$ 12,328.44	\$ 18,103.80	\$ 16,396.82	\$ 18,103.80	\$ 18,528.41	\$ 18,103.80	\$ 20,937.10	\$ 18,103.80	\$ 23,658.93	\$ 18,103.80
	<b>Total anual</b>	<b>\$ 30,432.24</b>		<b>\$ 34,500.62</b>		<b>\$ 36,632.21</b>		<b>\$ 39,040.90</b>		<b>\$ 41,762.73</b>	

#### 4.1.2.5 COSTO UNITARIO DE LOS PRODUCTOS

Para la determinación de los costos, en este caso tenemos un único servicio de impresión 3D en resina y parte del proceso tenemos subprocesos de acabado en las estaciones de curado y lavado. Por lo anterior el costo unitario se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costo Unitario} = \frac{(Cv + Cf)}{\text{total}} \text{ de proyectos}$$

$$\text{Costo unitario:} \quad \$ 76.08$$

#### 4.1.2.6 PRECIO DE VENTA

Para la proyección de los ingresos por venta, el horizonte de estimación será siempre de 5 años.

#### MARGEN DE CONTRIBUCIÓN

El margen de contribución varía de una idea de negocio o de un proyecto a otro ya que existen muchos factores a ser tomados en cuenta entre los que podemos mencionar la competencia. En el caso particular del proyecto de ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital, la generación de utilidades no es el objetivo principal, por lo cual se han tomado las siguientes consideraciones para el cálculo de margen de contribución para el precio de venta:

1. Proyectos de estudiantes de odontología. Para la fabricación de los modelos o piezas dentales como parte de proyectos asignados por docentes, los alumnos contribuirán únicamente con el costo del material requerido para la fabricación de su proyecto. De acuerdo a los cálculos de consumo de materia prima promedio por proyecto, se estima que el costo promedio por estudiante será de aproximadamente \$20.00. el cálculo se estimó de la siguiente manera:

$$\text{Costo de materiales} = \frac{\text{Costo materia prima} + \text{costo materiales directos}}{\text{Total de proyectos}}$$

$$\text{Costo de materiales} = \frac{(\$4,400 + \$3,400)}{400}$$

$$\text{Costo de materiales} = \$19.50$$

2. En el caso de los proyectos a desarrollarse como parte de un requerimiento por parte de profesionales o laboratorios externos a la universidad que no tengan fines académicos, se ha determinado un margen de utilidad del 10%, el cual es un margen razonable tomando en cuenta que el fin principal de este laboratorio no es lucrarse. Con lo anterior se estima un precio venta para un producto impreso en resina de  $\$76.08 \times (1+10\%) = \$83.69$  que se puede aproximar a \$84.00

#### **4.2.1.7 PROYECCIÓN DE INGRESOS POR VENTA**

Para la estimación de los ingresos por ventas futuros se considerará la siguiente información:

- Las proyecciones de crecimiento en número de proyectos por parte de los estudiantes tomando como base la tasa de crecimiento que ha experimentado el laboratorio por 3 años desde su creación.  
Tasa de crecimiento año 2: 33%  
Tasa de crecimiento año 3-5: 13%
- El costo de los materiales por proyecto estimado en la sección anterior que será el costo aproximado para el estudiante por cada proyecto que solicite que es de \$20.00.

- La proyección de la demanda por profesionales o laboratorios externos a la universidad. Respecto a esta demanda se estima una demanda de 1 proyecto por semana para el primera año, duplicando ese número para el segundo año y para el 3 año hasta el año 5 tener una demanda de un proyecto diario.  
Proyectos externos años 1: 45 proyectos  
Proyectos externos años 2: 90 proyectos  
Proyectos externos años 3-5: 450 proyectos
- El precio de venta definido para los proyectos externos a la universidad con el margen de utilidad considerado de 10%.

## ESTIMACIÓN DE INGRESOS

Las proyecciones de ingresos por ventas para los primeros 5 años de operación del laboratorio brindando sus servicios a la Facultad de Odontología son los siguientes:

*Tabla 11. Estimación de ingresos para los primeros 5 años*

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ingresos por venta alumnos</b>	\$ 8,000.00	10,640.00	\$12,023.20	\$ 12,023.20	\$ 12,023.20
<b>Ingresos por ventas externas</b>	\$ 3,765.99	\$ 7,531.98	\$37,659.90	\$ 37,659.90	\$ 37,659.90
<b>Ingresos por venta totales</b>	<b>\$ 11,765.99</b>	<b>18,171.98</b>	<b>\$49,683.10</b>	<b>\$ 49,683.10</b>	<b>\$ 49,683.10</b>

#### 4.1.2.8 FLUJO DE EFECTIVO

##### CAMBIOS EN EL CAPITAL DE TRABAJO

Para determinar los cambios en el capital de trabajo de los 5 años a proyectar se estimó el capital necesario de cada año tomando como base la capacidad instalada a ser utilizada en los primeros 5 años tomando como base que el primera año que solo se estará haciendo uso del 25% de la capacidad instalada de la impresoras 3D. El 25% parte del hecho que las impresoras pueden imprimir 24 horas una vez programada una cola de impresión, sin embargo, el primer año solo se realizan impresiones en las 8h laborales por lo que el comportamiento en los porcentajes de capacidad instalada conforme aumenta la demanda se ilustra en la siguiente tabla:

*Tabla 12. Cálculo de la capacidad instalada*

Cálculo de la capacidad instalada de las impresoras 3D					
	1	2	3	4	5
Proyectos estudiantes	400	532	601	679	768
Proyectos externos	45	90	450	450	450
Total proyectos	445	622	1,051	1,129	1,218
<b>Capacidad instalada</b>	<b>25.00%</b>	<b>34.94%</b>	<b>59.05%</b>	<b>63.44%</b>	<b>68.41%</b>

*Tabla 13. Estimación de los cambios en el capital de trabajo para los primeros 5 años del proyecto*

Cambios en el capital de trabajo					
	1	2	3	4	5
Capital de trabajo	\$ 4,196.76	\$ 4,614.08	\$ 5,625.92	\$ 5,810.18	\$ 6,018.39
<b>Cambios en el capital de trabajo</b>	<b>\$ 4,196.76</b>	<b>\$ 417.32</b>	<b>\$ 1,011.84</b>	<b>\$ 184.26</b>	<b>\$ 208.21</b>

## VALOR RESIDUAL

La universidad en conformidad a sus reglamento interno, prohíbe la venta de cualquier bien que haya sido adquirido por la universidad. Lo anterior limita a que cualquier bien en mal estado o reemplazado es únicamente almacenado e inventariado en bodegas asignadas. Dada la anterior situación el valor residual de los bienes depreciados es igual a cero.

## COSTO PROMEDIO PONDERADO DE CAPITAL (WEIGHTED AVERAGE COST OF CAPITAL WACC)

El WACC está determinado por la suma ponderada del costo de la deuda y el costo de capital,

$$WACC = \frac{K}{D+K} ke + \frac{D}{D+K} kd (1-t)$$

Donde:

K: capital

D: deuda

Ke: costo de capital

Kd: costo de la deuda

t: tasa fiscal

El WACC se calculará utilizando la forma simplificada debido a que el proyecto no posee deuda en este caso el WACC se convierte en el costo de capital (ke)

$$WACC = ke$$

$k_e = R_f + B (R_m - R_f) + \text{Riesgo País}$

Donde:

$R_f$  = tasa libre de riesgo

$B$  = Beta o riesgo sistémico

$(R_m - R_f)$  = Prima de riesgo

Tabla 14: Calculo del WACC

Variable	Valor	Nombre	Fuente
Beta no apalancada	0.97	Damodaran /Industry: Education	<a href="http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html">http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html</a>
$R_f$	1.47%	Damodaran/ Respecto a bonos del tesoro (10 años)	<a href="https://datosmacro.expansion.com/bono/usa?dr=2021-10">https://datosmacro.expansion.com/bono/usa?dr=2021-10</a>
$R_m - R_f$	14.34%	Damodaran/ Respecto a bonos del tesoro (10 años)	<a href="http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pc/datasets/histretP.xls">http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pc/datasets/histretP.xls</a>
Riesgo País	6.30%	Damodaran /Country	<a href="http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html">http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html</a>

		Risk Premium	
WACC	21.68%		

## FLUJO DE EFECTIVO

Se presenta a continuación el flujo de caja financiero sin deuda ni impuestos:

*Tabla 15. Flujo de caja financiero sin deuda ni impuestos*

### Proyecto de Ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital

(Flujo de caja financiero, sin deuda ni impuestos)

	0	1	2	3	4	5
Ventas	-	11,765.99	18,171.98	49,683.10	49,683.10	49,683.10
Costos		\$ (30,432.24)	\$ (34,500.62)	\$ (36,632.21)	\$ (39,040.90)	\$ (41,762.73)
Inversion	\$ (31,483.25)					
Capital de Trabajo		\$ (4,196.76)	\$ (417.32)	\$ (1,011.84)	\$ (184.26)	\$ (208.21)
Valor de salvamento						\$ -
<b>Flujo de caja neto</b>	<b>\$ (31,483.25)</b>	<b>\$ (22,863.01)</b>	<b>\$ (16,745.96)</b>	<b>\$ 12,039.04</b>	<b>\$ 10,457.93</b>	<b>\$ 7,712.16</b>

VAN -\$47,239 "Antes de impuestos y sin deuda"

TIR -24% "Antes de impuestos y sin deuda"

## 4.1.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGO

### Simulación Montecarlo

Haciendo uso de la simulación Montecarlo se someterá el modelo matemático, en este caso es el flujo de efectivo, a muchas simulaciones o corridas. Cada corrida constituirá un escenario de resultados generados a partir de un conjunto de valores de las variables que se seleccionarán como variables de entrada. La variabilidad de estos resultados nos indicará el riesgo. Para la simulación se ha utilizado el complemento de Excel, Crystal ball.

## Variables de riesgo y distribución de probabilidad

Se definen las variables críticas, las cuales son las que tienen relación directa con las fluctuaciones de los resultados y no dependen de las variaciones del mercado y la demanda, las variables a tomar en cuenta son las siguientes:

- a) Materias primas
  - a. Resina estándar; Triangular (\$45, \$50, \$55)
  - b. Resina dental; Triangular (\$72, \$80, \$88)
  - c. Resina para fundiciones; Triangular (\$81, \$90, \$99)
  - d. Alcohol isopropílico; Triangular (\$90, \$100, \$110)
  
- b) Proyectos estudiantiles
  - a. Demanda de proyectos estudiantiles; Normal (400, 50), truncada en 400 como máximo
  - b. Tasa de crecimiento año 2; Uniforme (20%, 33%), truncada en 33% como máximo
  - c. Tasa de crecimiento año 3-5; Uniforme (8%, 13%), truncada en 13% como máximo
  - d. Precio promedio por proyecto; Triangular (\$15, \$20, \$25)
  
- c) Proyectos Externos
  - a. Demanda de proyectos externos año 1; Normal (38, 15), truncada en 38 como máximo
  - b. Demanda de proyectos externos año 2; Normal (90, 30), truncada en 90 como máximo
  - c. Demanda de proyectos externos año 3-5 Normal (450, 100), truncada en 450 como máximo
  
- d) Margen de utilidad
  - a. La distribución del margen es: Uniforme (5%-10%), truncada al 10%

En total se han introducido a Crystal Ball 12 variables críticas que generaran las fluctuaciones, dichos valores fluctúan tomando como máximo investigado en las encuestas y los mínimos valores pesimistas, en general la simulación brindará datos que recogen escenarios negativos, hasta los ideales recogidos por las encuestas.

También se definen variables de interés, o de previsión en este caso al tener una TIR negativa las simulaciones de TIR no pueden realizarse a través de un software por lo que solo se han hecho simulaciones relacionadas a la VAN, siendo esta la única variable de previsión

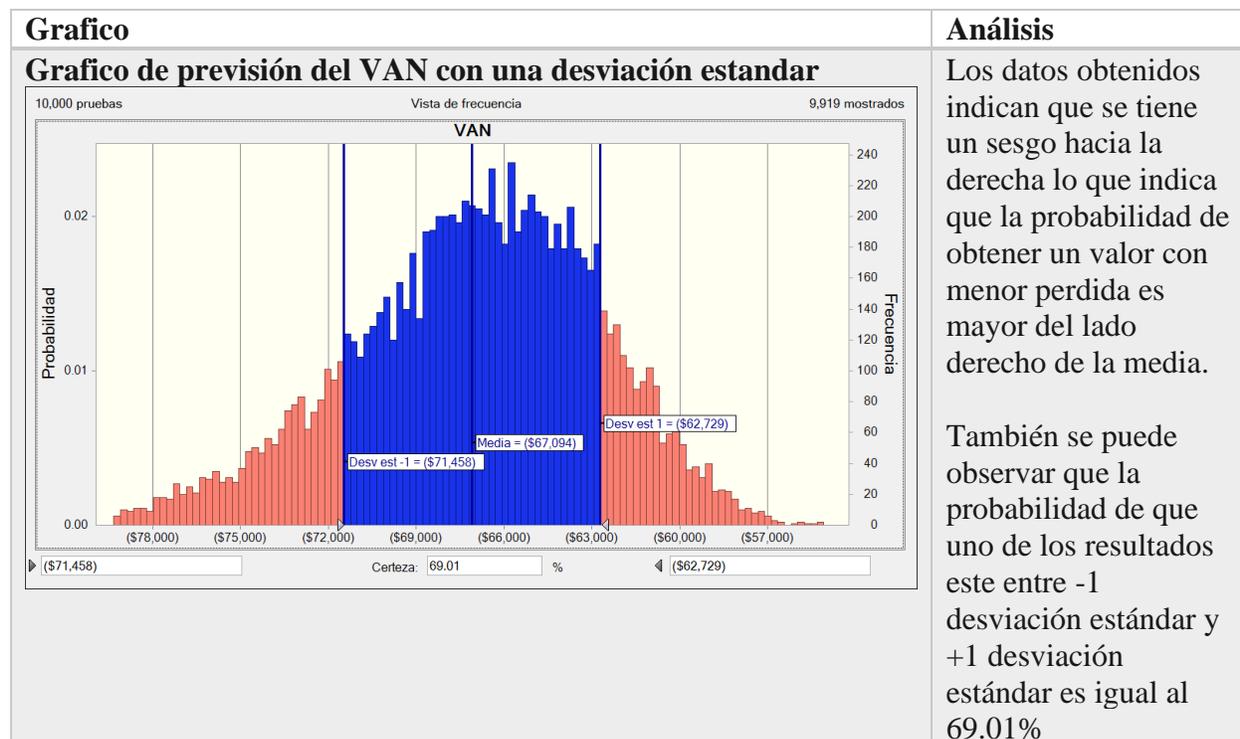
Variables de salida:

a) VAN

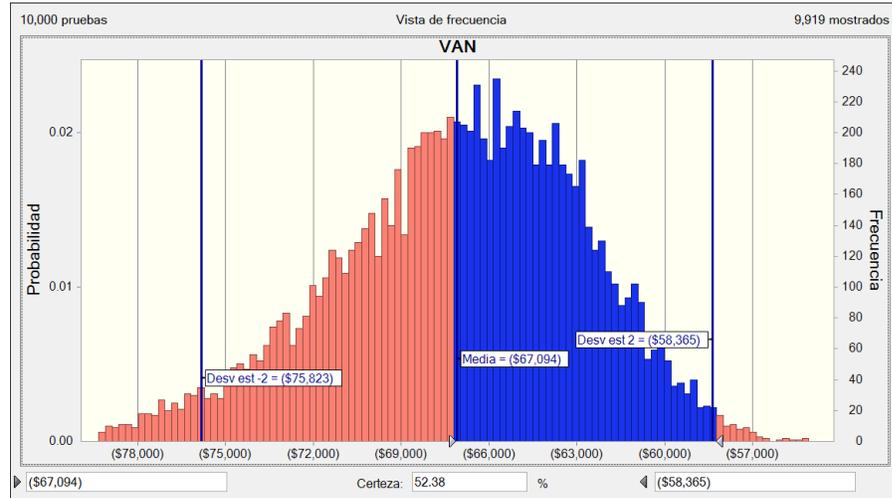
## Resultados de simulación, análisis e interpretación

Se realizó una simulación con 10,000 corridas, donde se obtuvo la siguiente información:

Tabla 16. Análisis e interpretación de resultados de la simulación



### Grafico de previsión con moda, media y dos desviaciones estandar



El escenario más probable es en el que se obtienen pérdidas de -\$67,094 la probabilidad de que se obtengan valores entre la media y +2 sigma (desviación estándar es del 52.38%, mientras que entre la media y -2 sigma es de 44.53%, por lo tanto, se tiene una probabilidad del 5% de obtener valores con menores pérdidas que con superiores.

### Estadísticas generales

Estadística	Valores de previsión
▶ Pruebas	10,000
Caso base	(\$47,239)
Media	(\$67,094)
Mediana	(\$66,736)
Modo	---
Desviación estándar	\$4,364
Varianza	\$19,048,429
Sesgo	-0.4825
Curtosis	3.31
Coefficiente de variación	-0.0651
Mínimo	(\$87,475)
Máximo	(\$53,776)
Error estándar medio	\$44

Puede observarse que el escenario más probable es el de obtener un VAN de -\$67,094, el peor escenario sería obtener un VAN de -\$87,475, y el mejor escenario es obtener un VAN de -\$53,776. Estos datos se convertirían en un costo financiero para la universidad a lo largo de los 5 Años de duración del proyecto, tomando en cuenta que la universidad tiene destinados anualmente aproximadamente \$600,000 dólares para investigación y desarrollo, no se considera ni el peor escenario algo inalcanzable.

## Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad considerará los cambios de la variable de resultado, VAN, ante cambios en una variable del proyecto, asumiendo que el resto de variables permanece constante.

Tabla 17. Análisis de sensibilidad

Grafico	Análisis																									
<b>Graficos de sensibilidad</b>	<p>El grado de sensibilidad superior está relacionado a la demanda de proyectos externos en los últimos años del proyecto, hay que destacar que los datos máximos que pueden alcanzar los proyectos externos no pueden superar a los internos, las variables de entrada fueron especificadas e ingresadas de esa manera. Esto significa que cuando existen pocos proyectos externos se obtiene el peor escenario y cuando se tiene muchos proyectos externos se obtiene un escenario mejor.</p>																									
<p style="text-align: center;">Vista Contribución a varianza</p> <p style="text-align: center;"><b>Sensibilidad: VAN</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>Contribución (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proyectos externos años 3-5</td> <td>59.1%</td> </tr> <tr> <td>Precio promedio por proyecto</td> <td>14.8%</td> </tr> <tr> <td>Tasa de crecimiento año 2</td> <td>9.0%</td> </tr> <tr> <td>Proyectos externos años 1 (B5)</td> <td>7.8%</td> </tr> <tr> <td>Proyectos externos años 2</td> <td>6.0%</td> </tr> <tr> <td>Margen de utilidad</td> <td>2.0%</td> </tr> <tr> <td>Proyectos externos años 1</td> <td>1.0%</td> </tr> <tr> <td>Resina para fundiciones · COSTO UNITARIO</td> <td>-0.3%</td> </tr> <tr> <td>Tasa de crecimiento año 3-5</td> <td>0.2%</td> </tr> <tr> <td>Resina estandar · COSTO UNITARIO</td> <td>-0.2%</td> </tr> <tr> <td>Resina dental · COSTO UNITARIO</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>"Alcohol Isotropilico para las piezas de resina" · COSTO UNITARIO</td> <td>0.0%</td> </tr> </tbody> </table>		Variable	Contribución (%)	Proyectos externos años 3-5	59.1%	Precio promedio por proyecto	14.8%	Tasa de crecimiento año 2	9.0%	Proyectos externos años 1 (B5)	7.8%	Proyectos externos años 2	6.0%	Margen de utilidad	2.0%	Proyectos externos años 1	1.0%	Resina para fundiciones · COSTO UNITARIO	-0.3%	Tasa de crecimiento año 3-5	0.2%	Resina estandar · COSTO UNITARIO	-0.2%	Resina dental · COSTO UNITARIO	0.0%	"Alcohol Isotropilico para las piezas de resina" · COSTO UNITARIO
Variable	Contribución (%)																									
Proyectos externos años 3-5	59.1%																									
Precio promedio por proyecto	14.8%																									
Tasa de crecimiento año 2	9.0%																									
Proyectos externos años 1 (B5)	7.8%																									
Proyectos externos años 2	6.0%																									
Margen de utilidad	2.0%																									
Proyectos externos años 1	1.0%																									
Resina para fundiciones · COSTO UNITARIO	-0.3%																									
Tasa de crecimiento año 3-5	0.2%																									
Resina estandar · COSTO UNITARIO	-0.2%																									
Resina dental · COSTO UNITARIO	0.0%																									
"Alcohol Isotropilico para las piezas de resina" · COSTO UNITARIO	0.0%																									

## **4.2 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

En la investigación cuantitativa, las hipótesis no se prueban estadísticamente debido a que este tipo de investigación se centra en el descubrimiento de constructos y proposiciones a partir de una base de datos o fuentes de evidencia (observación, entrevista, documentos escritos, etc.). La investigación cualitativa busca la transferibilidad, no la generalización científica (Walker, 1983)

Al tomarse como base la información teórica destacada en el presente trabajo en conjunto con la información recolectada a través de las entrevistas a expertos del área y los resultados del desarrollo del modelo de evaluación económica-financiera de la inversión del proyecto, se acepta la hipótesis nula; la falta de equipo de tecnologías de fabricación digital imposibilita el aprendizaje de procedimientos y soluciones innovadoras en los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador.

## **4.3 CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS**

La investigación definió los objetivos que se pretendían alcanzar mediante el desarrollo de la investigación bibliográfica e investigación de campo a través de entrevistas a expertos del área odontológica. Los objetivos que se plantearon para la presente investigación son los que se presentan a continuación:

### **Objetivo General**

Determinar la factibilidad económica-financiera de la inversión en la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador que contribuya en el desarrollo de novedosas competencias para los estudiantes y profesionales vinculados al área odontológica en El Salvador.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar y cuantificar la población estudiantil la demanda de los servicios requeridos por los profesionales odontólogos externos a la Universidad que será beneficiada con la ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador
- Determinar y cuantificar la inversión, costos y beneficios del proyecto para realizar la evaluación económica, financiera y social derivada de ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para evaluar la viabilidad del proyecto.

En base a los objetivos antes planteados, el desarrollo de la investigación tuvo como uno de sus resultados el cumplimiento de los objetivos trazados ya que se cuantificó la población estudiantil de la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador y también se estimó la cantidad de proyectos que pueden ser apoyados de forma externa. Adicional a lo anterior, se definió y cuantificó la inversión costos y beneficios del proyecto además de una evaluación económica financiera derivada de la ampliación del Laboratorio. Y finalmente, se cumplió con el objetivo general de determinar la factibilidad económica-financiera del proyecto.

El proyecto, tiene resultados negativos con VAR y TIR y un BC inferior a uno ( $B/C < 1$ ). Sin embargo, se considera que se debe llevar a cabo el proyecto de inversión, puesto que tendrá un gran impacto dentro del aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Odontología, y el monto de inversión que debe realizarse es razonable al compararlo con el presupuesto que la

Universidad de El Salvador tiene destinado a la implementación y desarrollo de proyectos de investigación aplicada a las diferentes áreas del desarrollo académico que es de \$600,000 aproximados y la inversión total del proyecto formulado para ampliación del laboratorio de Fabricación Digital requiere \$35,000 aproximadamente que equivalen a un 6% del presupuesto universitario anual.

#### **4.4 OPORTUNIDAD DE INVESTIGACIONES FUTURAS**

Deben realizarse investigaciones de aplicación de impresión 3D en diferentes áreas de la salud como:

1. Órtesis y prótesis.
2. Planificación de cirugías en áreas cardiovasculares.
3. Análisis de tumores haciendo uso de réplicas impresas en 3D.

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

Los objetivos general y específicos trazados para el desarrollo del proyecto fueron alcanzados con éxito. Asimismo, de acuerdo a los resultados obtenidos a través del desarrollo del trabajo de grado, fue aceptada la hipótesis nula planteada donde afirmábamos que a falta de equipos relacionados a la odontología digital es lo que imposibilita el desarrollo de los profesionales y futuros profesionales del área odontológica de la Universidad de El Salvador.

En relación a la evaluación financiera del proyecto, se concluye que la inversión total requerida en inversión fija y capital de trabajo es de \$35,680 y que el VAN del proyecto es de -\$43,400 antes de intereses e impuestos.

Si bien la evaluación financiera del proyecto arroja resultados negativos en VAN, debido a la naturaleza del proyecto, que es de carácter público, y tomando como referencia que la Universidad de El Salvador posee un presupuesto para desarrollo de la investigación universitaria de \$597,975 que comprende implementar y desarrollar proyectos de investigación aplicada a las diferentes áreas del desarrollo académico. En base a lo anterior, se concluye que la inversión es un monto razonable que se encuentra dentro del presupuesto de la universidad y que los beneficios para los estudiantes en el desarrollo de competencias y habilidades para su formación como profesionales justifican la inversión.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda el desarrollo e implementación del proyecto de ampliación del Laboratorio de Fabricación Digital y poder brindar servicios de impresión 3D a los docentes y estudiantes con el fin de aportar a la mejora del modelo de enseñanza en las materias donde es posible aplicar esta tecnología y desarrollar en los estudiantes destrezas y habilidades sumamente importantes para su desarrollo profesional que les permita ser competitivos y poder ser generadores de aportes de nuevas y mejores soluciones a la sociedad.

De ser efectiva su implementación, se recomienda el seguimiento y control del uso de la capacidad instalada del laboratorio para poder determinar necesidad futuras de compra de maquinaria, equipo e insumos que permitan cumplir las necesidades de la Facultad de Odontología, su comunidad docente y estudiantil.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alan C. Shapiro. *Capital Budgeting and Investment Analysis*. Prentice Hall, 2004.
- Alía, C., Ocaña, R., Caja, J., Moreno, C., Maresca, P., Nuere, S., Merino, M., Narbón, J., Sanchidrián, A. (2018). *La importancia de las empresas como patrocinadores de los laboratorios de fabricación (Fab Labs) CUIEET*, Gijón, España.
- Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., Weimer, D. (2011). *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*, 4<sup>th</sup> edition. Prentice Hall.
- Castaño, C., Quecedo, R. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 9, 5-39.
- Cavalcanti, G. (2013, Mayo). *Is it a Hackerspace, Makerspace, TechShop, or FabLab? Make: DIY Projects and Ideas for Makers*. Recuperado de: <https://makezine.com/2013/05/22/the-difference-between-hackerspaces-makerspaces-techshops-and-fablabs/>
- Cohen, E., & Franco, R. (1988). *Evaluación de proyectos sociales*. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano. ILPES. CIDES.
- Cueva, C. L. (2017) La fabricación digital y su aplicación en el ámbito de la educación superior universitaria. El laboratorio de fabricación digital FabLab Madrid. *CEU Ediciones*, p. 4.
- Crouch, C., Le Galès, P., Trigilia, C., Voelzkow, H. (2004). *Changing governance of local economies: Responses of European local production systems*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Fab Lab MIT. (2012). *Fab Lab List: Operating Planned*. Recuperado en junio 2012, de <http://fab.cba.mit.edu/about/labs/>

Fressoli & Smith, *IDB Inter - American Development Bank*, 2015.

Grupo Durga. (2013). *Hackerspace, Makerspace*. Recuperado el 26 de marzo de 2016, de <http://bibliotecas2029.com/2013/06/06/hackerspace-makerspace/>

Harry F. Campbel, Richard P. C. Brown (2003). *Benefit Cost Analysis: Financial and Economic Appraisal using Spreadsheets*. Cambridge University Press.

Hernández, R., Fernández- Collado, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

Monge, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Neiva: Universidad Surcolombiana

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Guía de análisis costo beneficio*, 2019.

Ortegon, Edgar; Pacheco, Francisco y Prieto, Adriana (2005), *Metodología del Marco Lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*, Serie de Manuales N° 42 Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).

SHoP, 2012. *SHoP: Out of Practice*. New York: Monacelli Press

Troxler, P. y Wolf, P. (2010). *Bending the Rules: The Fab Lab Innovation Ecology*. Zurich: 11th International CINet Conference

## ANEXOS

### ANEXO 1: GUÍAS DE ENTREVISTA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
 MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA



#### GUÍA DE ENTREVISTA A PLANTA DOCENTE Y AUTORIDADES DE LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**OBJETIVO:** Definir lineamientos para seleccionar áreas del pensum de la carrera de Odontología y contenidos para la enseñanza de técnicas de fabricación digital a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; a partir de la información proporcionada por docentes de la facultad de Odontología.

#### PREGUNTAS

- 1- ¿Tiene algún conocimiento o noción de la Fabricación Digital en la odontología?
- 2- ¿Podría mencionar las áreas de aplicación de las tecnologías de Fabricación Digital en la Odontología? |
- 3- ¿Cuáles considera que podrían ser los beneficios de la aplicación de esas tecnologías?
- 4- De las siguientes tecnologías, ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de Odontólogos?
  - Impresión 3D
  - Grabado Laser
  - Electrónica
  - Fresado CNC
  - Animación 3D
  - Asesoría en diseño de modelos anatómicos
- 5- ¿En qué materias del pensum de la carrera de Odontología cree que tendrían aplicación estas tecnologías?
- 6- ¿Cuántos estudiantes estima en promedio que serían beneficiados con la implementación de estas tecnologías?
- 7- ¿Cuál cree que sería el impacto de dichas tecnologías para usted como docente en el desarrollo de sus clases?
- 8- ¿Cuál cree que sería el impacto de aplicar dichas tecnologías para los estudiantes que se vean beneficiados con dichas tecnologías?

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA



## GUÍA DE ENTREVISTA A CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

**OBJETIVO:** Determinar los requerimientos y necesidades en relación a la Fabricación Digital expresadas por las clínicas odontológicas del área metropolitana de San Salvador que se verían beneficiadas por los servicios del laboratorio.

### GENERALIDADES DE LA CLÍNICA

- 1- ¿Cuáles son los principales procesos odontológicos que realiza en su clínica?
- 2- ¿Conoce las tecnologías de Fabricación Digital?
- 3- De las siguientes tecnologías, ¿Cuáles considera que pueden implementarse en los procesos odontológicos que la clínica realiza?
  - Impresión 3D
  - Grabado Laser
  - Electrónica
  - Fresado CNC
  - Animación 3D
  - Asesoría en diseño de modelos anatómicos
- 4- ¿Podría mencionar algunos beneficios que le ofrece la aplicación de estas tecnologías en los procesos de la clínica?
- 5- ¿De todos los procesos odontológicos que realiza la clínica, cuáles considera que tendrían un mayor impacto con la aplicación de procesos de fabricación digital y cuál sería?
- 6- ¿Cuántos procesos de los antes mencionados realiza por mes en promedio?
- 7- ¿Conoce empresas, laboratorios o unidades donde se realicen este tipo de productos?
- 8- ¿Estaría interesado en adquirir estos servicios?
- 9- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de acuerdo a los procesos mencionados con anterioridad?

## **Anexo 2: Respuestas de la guía de entrevista**

### **ENTREVISTA 1: Docente de la Facultad de Odontología**

**Entrevistador: ¿Tiene algún conocimiento o noción de la Fabricación Digital en la odontología?**

R: Si lo tengo.

**Entrevistador: ¿Podría mencionar las áreas de aplicación de las tecnologías de Fabricación Digital en la Odontología?**

R: En el diplomado de fabricación digital de ingeniería y después leyendo. También asistí a unos webinars y he estado aprendiendo sobre la técnica y tengo ya una idea más clara de cómo va la idea de la aplicación de la impresión 3D en la odontología.

**Entrevistador: ¿Y podría mencionar cuáles son esas áreas o algunas áreas de aplicación en odontología que tienen relación con la fabricación digital como escaneo, impresión 3d, etc.?**

R: Quizá la parte más importante, bueno el escaneo si tiene mucho que ver con todo el área del CAD/CAM. El CAD/CAM es un método de fabricación digital sustractivo en donde se ocupan distintos materiales cerámicos, hay materiales poliméricos y esos se usan después de un previo escaneado y diseño en programas especiales se fabrica la restauraciones que se necesita. Entonces esa es un área. Ahora, en el área de la fabricación aditiva, que ya vendría siendo como impresión 3D, y se reconoce aunque son de poca difusión todavía y la maquinaria que se dispone en el país no es tan específica, si hay varias cuestiones como aplicaciones en la fabricación de modelos para poder fabricar restauraciones, esa es un área muy muy fuerte. También hay aplicaciones en la fabricación de férulas para problemas articulares y musculares, hay aplicación en guías para

colocar implantes, hay aplicación quirúrgicas y también hay aplicaciones maxilofaciales que ya son un poquito más elevadas porque están relaciones a reconstrucciones con defectos anatómicos importantes en los pacientes.

**Entrevistador: ¿Cuáles considera que podrían ser los beneficios de la aplicación de esas tecnologías?**

R: Si, de hecho es tendencia a nivel mundial tener que ocupar fabricación digital. La facultad de odontología ya dio un paso porque ya dispone de un escáner para trabajos de laboratorio, pero todavía no se dispone de las partes CAM como tal, las fresadoras o las impresoras 3D pero si se dispone de la parte CAD que sería escaneo y diseño, eso si se dispone y si definitivamente es una cuestión de tiempo porque creo que la tendencia va empujando fuerte hacia ese lado. Esta no es una tecnología como de las que aparecen a cada rato, esto ya es una forma de trabajo que no se va a ir, no es una moda, es algo que ha venido para quedarse y eventualmente los precios y todo se va a ir emparejando pero eventualmente todos vamos a llegar ahí.

**Entrevistador: De las siguientes tecnologías, ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de Odontólogos? Impresión 3D, Grabado Laser, Electrónica, Fresado CNC, Animación 3D, Asesoría en diseño de modelos anatómicos.**

R: Son aplicables impresión 3D, fresado 3D que ya se usa, Animación 3D creo que es un buen auxiliar que se usa para diseño, Asesoría en diseño de modelos anatómicos en especial cuando hay diseños estéticos. Porque lo importante de la fabricación digital y la impresión 3D es que la odontología se nos va a hacer más limpia porque uno al escanear algo uno ya no tiene que tomar impresiones al paciente, uno ya no tiene que andar vaciando modelos del paciente y si uno quiere

hacer modificaciones en un modelo de yeso solo las puede hacer una vez porque después se pierden y tendría que volver a tomar otro modelo en cambio en un programa puedo hacer adiciones, puedo verlo, imprimirlo y ver si me gusta o no me gusta y lo puedo replantear en el mismo programa y ahí puedo hacer las modificaciones y lo vuelvo a tirar a imprimir y no tengo que llamar al paciente o tomar de nuevo impresiones, no tengo que vaciar. Se vuelve más limpio y más fácil de procesar.

**Entrevistador: Ese ventaja de la iteración, digamos, de que puedo hacer un modelo y otro y otro e ir guardando la información de los cambio que voy haciendo es una ventaja que no existe en los métodos tradicionales y que la fabricación digital si se lo está brindando.**

R: Si existe por métodos analógicos pero analógicamente me toca hacerlo 5 o 6 veces y debo llamar al paciente cada vez. Entonces una ventaja es que puedo hacer todas las modificaciones que necesite sin que el paciente venga y puedo decir esto se ve bien, esto no se ve bien y modificar en la marcha.

**Entrevistador: En ese caso la tecnología tendría que cumplir ciertas características, que cumplan con ciertas tolerancias y precisión, maquinaria especializada.**

R: Claro, porque hay maquinarias de todo tipo y todo nivel pero la precisión que se necesita requiere maquinas que cumplan con la calidad requerida.

**Entrevistador: Más o menos cuales es la precisión que necesitaría una máquina, si dispone del dato.**

R: No, no lo dispongo, sabemos que las impresoras que se ocupan para odontología son SLA y tienen una capacidad de carga de trabajo que se distancia bastante de las impresoras 3D que uno

puede tener en su casa. No es que no se pueda hacer un modelo pero el post procesamiento de la imagen tomaría más tiempo, uno se tardaría demasiado. Teniendo el material adecuado, teniendo una calidad de registro de la información, lo que va a producirse en el programa será súper bueno. Creo que depende del escáner y de la calidad de la impresora.

**Entrevistador: El escáner tiene que tener una muy buena capacidad de adquirir datos y la impresora una muy buena capacidad de reproducirlo. ¿En qué materias del pensum de la carrera de Odontología cree que tendrían aplicación estas tecnologías?**

R: En todas las que se tenga que tomar un modelo: Ortodoncia, restaurativa, infantil, cirugía y un poco en periodoncia.

**Entrevistador: ¿Cuántos estudiantes estiman en promedio que serían beneficiados con la implementación de estas tecnologías?**

R: En promedio, antes de la pandemia porque después de la pandemia la cifras cambiaron un poco, pero antes de la pandemia habían entre 50-60 estudiantes por año en turno clínico y son como 3 años que están programados simultáneamente en clínica, estamos hablando de unos 150-200 personas por ciclo.

**Entrevistador: En relación a esta cantidad de estudiantes que serían beneficiados, los proyectos que ustedes realizan como docentes lo hacen de forma grupal o individualmente. La pregunta va en función de que si cada estudiante necesita un modelo.**

R: Es un caso clínico, no es de manera grupal.

**Entrevistador: Significaría que necesitaría en un ciclo 200 modelos.**

R: Algo así, porque algunas veces en algunas programaciones clínicas es necesario tomar 3 o 4 veces el modelo.

**Entrevistador: ¿Es decir que mínimo 200 y máximo 8000 suponiendo que hacemos entre 3 o 4 modelos por estudiante?**

Podría decirse que si

**¿Usted cree que estas tecnologías para usted como docente tendrían un impacto positivo en relación a como usted desarrolla sus clases o usted simplemente tendría un implemento extra con el que los estudiantes podrían aprender de una mejor manera? ¿O usted tiene que desarrollar ciertos modelos de forma convencional para poder enseñarles?**

R: Es que todos estamos en una forma analógica de trabajo, lo que está ahí es analógico completamente y ellos han tomado varios modelos analógicos. Entonces, si por ejemplo, ellos tuvieran acceso a un escáner y tal vez no haya necesidad de reunirse aquí sino que podemos hacer un ambiente virtual, ellos suben en un programa determinado, en un visor, ahí lo suben y se pueden discutir un caso clínico. Ya no habría necesidad de estar todos reunidos encima de un solo paciente diciendo “Vengan les voy a enseñar este caso” y toda la gente ahí montada viendo al paciente. Todo eso definitivamente cambia el modelo de enseñanza porque se puede, y sobre todo porque el gran problema de la parte analógica es que el registro del caso se pierde, se pierden realmente sus pasos. Si yo tengo una tecnología digital yo voy registrando los pasos en mi biblioteca de casos y yo ahí voy viendo paso a paso todo lo que fui haciendo, no tengo necesidad de estar guardando

modelos, no tengo necesidad de estarme acordando porque todo está ahí, el cómo lo hice o como quedo.

**Entrevistador: Puede grabarse la su pantalla...**

R: Si. Le voy a enseñar algo para que vea

*\*\*El entrevistado le muestra la pantalla de su celular*

Esto me lo acaban de mandar, un trabajo que me están haciendo. Me lo mandaron por WhatsApp la foto. Exactamente la misma manera y me lo mandaron. Y este me lo mandaron visto desde arriba, quiero que me le modifiquen acá y acá y, aquí ya les estoy diciendo que es lo que quiero que hagan.

No fui al laboratorio. Ellos me lo mandaron. Yo ya les pedí a ellos que es lo que quiero que me arreglen y más tarde me van a enseñar la foto de cómo les quedo para que yo les de la aprobación para que me manden el trabajo.

**Entrevistador: Para eso vamos**

R: Para eso vamos

**Entrevistador: Y entonces el impacto de aplicar dichas tecnologías sería como usted decía: poder llevar un registro y otra cosa que podría ser beneficioso ¿sería la rapidez? Digamos que como estudiantes podríamos tener más oportunidades de estudiar casos más complejos...**

R: lo que pasa, y eso es bien importante de definirlo porque nuestros estudiantes actuales son nativos digitales y ellos entienden todo esto. A nosotros nos tocó aprender en el camino. Pero, tenemos que recordar que estando en una institución pública se tiene que tener acceso a cierta

tecnología que tal vez no es tan del otro mundo pero tiene un requerimiento mínimo para poder hacerlo y se tiene que aprender a usar. Entonces muchas veces a nosotros nos dice que no, que el muchacho vive allá por un cantón lejano. Son las limitaciones que se tienen que aprender a superar porque así hemos tenido otro tipo de experiencias con otros equipos que han venido para quedarse y el estudiante tiene que invertir \$300 o \$400 y lo tiene que hacer porque eso es lo que se necesita. Probablemente la gente va a decir “No porque la computadora que me piden...”, no estamos pidiendo una Mac pero necesitamos que tengan ciertos requerimientos y eso en la parte económica puede resultar un poquito difícil. Sin embargo, estamos en camino a eso y la universidad tiene que tener el equipamiento para poder enseñar. No son equipos baratos y andamos diciendo que un escáner barato anda valiendo \$30,000.

**Entrevistador: y una impresora entre...**

R: La impresora específica para eso vale como... ahorita la están vendiendo aquí en un laboratorio el juego completo de la impresora con su lavadora y con su cámara de curado para endurecer el modelo

**ENTREVISTA 2: Javier Francisco Roque Trujillo (Docente en la Facultad de Odontología)**

**Entrevistador: ¿Tiene algún conocimiento o noción de la Fabricación Digital en la odontología?**

R/ ¿Hablamos de impresión digital como la que se realiza en el laboratorio de fabricación digital o hablamos de impresión digital específica para odontología?

**Entrevistador: Para odontología, si tiene algún conocimiento, si ya la ha utilizado...**

R/ Actualmente hay una tendencia fuerte de trabajar con lo que llamamos CAD-CAM, me imagino que es el término universal con el que se maneja este tipo de procesos y que permite obviar ciertos pasos clínicos con el paciente y permite cierta exactitud en los productos. Entonces, si se trabaja. Al menos yo si tengo conocimiento de la tecnología CAD-CAM específicamente para prótesis. El área de ortodoncia es donde yo más que todo me desenvuelvo.

**Entrevistador: Con la parte del CAM tenemos dos formas, una sustractiva y una aditiva. La sustractiva creo que ya la utilizaban bastante en la odontología que es el fresado.**

R/ Correcto. De hecho es la forma principal que tenemos en odontología y la aditiva es la que veo yo como una aplicación importante en la ortodoncia.

**Entrevistador: Hace un momento mencionaba una de las aplicaciones que usted ha encontrado con las prótesis dentales, ¿qué áreas de aplicación conoce?**

R/ Clínicamente conozco que hay un montón. Entendamos clínicamente a que se usan directamente en la boca de un paciente. Tenemos por ejemplo la fabricación de elementos protésicos, la confección de aditamentos como guardas que se colocan para controlar el apretamiento o rechinamiento. En implantología también se pueden fresar aditamentos que van a ayudar a rehabilitar. Y principalmente, a mi entender, la parte de CAD-CAM sustractiva, le encuentro más aplicación en el área de prótesis, es decir, elementos que han sido perdidos por una persona y aplicación en las guardas o férulas.

**Entrevistador: Tengo una curiosidad al respecto, con las prótesis y las guardas. ¿Tiene usted algún conocimiento si el material con el que se imprime es directamente lo que se utiliza en la boca, o lo que se imprime es un modelo sobre el que se va a hacer la fundición?**

R/ Depende del tipo de fresadora o de la marca de fresadora se tiene ya sea discos o bloques y dependiendo de la cantidad de ejes que tenga la fresadora. Así va a interactuar ya sea al disco o el bloque.

**Entrevistador: Eso es en cuanto a la fabricación sustractiva, pero la fabricación aditiva, ¿tiene usted algún conocimiento al respecto?**

R/ Honestamente de a forma aditiva no conozco una aplicación clínica. Se me ocurre que podríamos utilizarlo indirectamente imprimiendo modelos de la boca del paciente y sobre eso hacer cualquier tipo de confección protésica, a lo mejor ese uso si podría existir.

**Entrevistador: Fíjese que ahorita existen dos tipos de materiales para imprimir, que es filamentos y resinas. Ahora, ¿Cuáles considera que podrían ser los beneficios de la aplicación de esas tecnologías?**

R/Yo creo que de los beneficios más marcados que podría encontrarle es la exactitud porque para prótesis dentales se necesitan obtener modelos con las características más reales posible y en la actualidad los procesos clínicos que se realizan conllevan cierto grado de deformación, que ya está presupuestado. Pero obteniendo un modelo de esta forma con tecnología de fabricación digital tendría una mayor exactitud y para mi es el principal beneficio. Uno secundario sería, el yeso al chocar con una superficie se quiebra, daña o raya y el plástico como es un material más resistente podría resistir mejor.

**Entrevistador: Ahora le voy a mencionar unas tecnologías para que me indique ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de Odontólogos en la facultad?**

Impresión 3D: Si

Grabado Laser: No

Electrónica: No de forma directa

Fresado CNC: Si, de hecho esto se hace en odontología

Animación 3D: No

Asesoría en diseño de modelos anatómicos: Si

**Entrevistador: ¿En qué materias del pensum de la carrera de Odontología cree que tendrían aplicación estas tecnologías?**

R/ Creo que podría tener aplicación la parte de impresión de 3D en la parte de patología, la parte de tratamiento y la parte de morfo función. Ahora esas son ramas. En materias específicas podría decir que en tratamientos, caries dental, en prótesis dental, en la parte de morfo función en anatomía dental y anatomía humana; en la parte de patología también. Desde el tercer ciclo tenemos materias donde hay aplicación.

**Entrevistador: ¿Cuántos estudiantes estiman en promedio que serían beneficiados con la implementación de estas tecnologías?**

R/ Eso varía, el promedio va entre 480 al año pero habría que quitarle ero y 2do ciclo.

**Entrevistador: De los proyectos que se realizan son individuales o son actividades grupales.**

R/ El trabajo es individual porque se pretende que el alumno desarrolle habilidades y destrezas todas individualmente.

**ENTREVISTA 3: Dr. Karina Directora de Clínicas y Dr. José Rivera Vicedecano de la facultad**

**Entrevistador: ¿Tiene algún conocimiento o noción de la Fabricación Digital en la odontología?**

Vicedecano: Yo en lo particular no tengo conocimientos sobre estas tecnologías.

**Entrevistador: De las siguientes tecnologías, ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de Odontólogos?**

Impresión 3D SI  
 Grabado Laser NO  
 Electrónica NO  
 Fresado CNC SI  
 Animación 3D NO  
 Asesoría en diseño de modelos anatómicos SI

**Entrevistador: ¿En qué materias del pensum de la carrera de Odontología cree que tendrían aplicación estas tecnologías?**

- Anatomía dental: Morfo función 2 y 3
- Tratamientos 3, 4 ,5 y 6
- Preclínica de restaurativa 1 y 2
- Área clínica: Clínica de restaurativa 1, 2 y 3
- Operatorias 1 y 2
- Practica disciplinaria profundizada con énfasis en maxilofacial, ortopedia y ortodoncia y restaurativa.

**Entrevistador: ¿Cuántos estudiantes estiman en promedio que serían beneficiados con la implementación de estas tecnologías?**

R/ 588 alumnos es toda la población estudiantil. Ciclo I 2021 588 alumnos. Pero considero que de 200-325 estudiantes clínicos serían los que harían uso del laboratorio.

**Entrevistador: De los proyectos que se realizan son individuales o son actividades grupales.**

R/ con individuales todos. No se entregan en grupo.

### Anexo 3: Cálculos para inversión fija

#### *Obra civil*

INVERSIÓN EN OBRA CIVIL			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
<i>Incluye mano de obra</i>			
Sistema eléctrico	1	\$ 250.00	\$ 250.00
Mano de obra instalación aire acondicionado y extractor	1	\$ 100.00	\$ 100.00
Mano de obra remodelación e instalación de puerta	1	\$ 200.00	\$ 200.00
<i>No incluye mano de obra</i>			
Extractor	1	\$ 250.00	\$ 250.00
Aire acondicionado	1	\$ 450.00	\$ 450.00
<b>Total</b>			<b>\$ 1,250.00</b>

## Maquinaria y equipo

INVERSIÓN EN MAQUINARIA Y EQUIPO DE PRODUCCIÓN			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
<i>Maquinaria de producción</i>			
Impresora 3D de resina	3	\$ 5,000.00	\$15,000.00
Estación de curado	3	\$ 1,000.00	\$ 3,000.00
Estación de lavado	3	\$ 500.00	\$ 1,500.00
<i>Herramientas, equipo y utensilios de producción</i>			
Tenazas	5	\$ 5.00	\$ 25.00
Pinzas	5	\$ 3.00	\$ 15.00
Brochas	20	\$ 4.00	\$ 80.00
Guantes Latex (cajas de 100 pares)	10	\$ 5.00	\$ 50.00
Mascarillas para quimicos	200	\$ 4.00	\$ 800.00
Lentes	20	\$ 4.00	\$ 80.00
<i>Licencias de software</i>			
Sirona Software	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000
<i>Mobiliario</i>			
Mueble de computadora	3	\$ 100.00	\$ 300.00
Mesa para impresora	3	\$ 85.00	\$ 255.00
Mesa para estación de curado y lavado	3	\$ 85.00	\$ 255.00
Silla ejecutiva	3	\$ 150.00	\$ 450.00
Armario metálico de puertas batientes	2	\$ 180.00	\$ 360.00
Estante metálico multiusos	2	\$ 95.00	\$ 190.00
<b>Total</b>			<b>\$ 24,360</b>

## Mobiliario y equipo de oficina

INVERSIÓN EN MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mesa de usos diversos	1	\$ 150.00	\$ 150.00
Computadora Core i7	3	\$ 500.00	\$ 1,500.00
Cartucho de tinta B/N	1	\$ 53.50	\$ 53.50
Cartucho de tinta color	1	\$ 52.50	\$ 52.50
Resma de papel tamaño carta	1	\$ 5.50	\$ 5.50
Lapiceros negros 8 pack	1	\$ 1.50	\$ 1.50
Lapiceros azules 8 pack	1	\$ 1.50	\$ 1.50
Lápices caja de 12 unidades	1	\$ 2.90	\$ 2.90
Caja de grapas (100 unidades)	1	\$ 1.45	\$ 1.45
Folder tamaño carta (caja de 50 unidades)	1	\$ 3.85	\$ 3.85
Fastener (Caja de 100 unidades)	1	\$ 1.35	\$ 1.35
<b>Total</b>			<b>\$ 1,774.05</b>

## Administración del proyecto

INVERSIÓN EN ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO				
Descripción	Personal requerido	Salario	Duración en meses	Inversión total
Administrador del proyecto	1	\$ 1,250.00	1	\$ 1,250.00
<i>Entregables:</i>				
Gestión del financiamiento				\$ 700.00
Gestión de cobranza				\$ 350.00
Implementación				\$ 200.00
<b>Total</b>				<b>\$ 2,600.00</b>

#### Anexo 4: Cálculo para capital de trabajo

Inventario de materia prima y materiales directos

INVENTARIO DE MATERIA PRIMA Y MATERIALES DIRECTOS				
Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad de seguridad para un ciclo	Costo total
Resina estándar	1 kg	\$ 50.00	10	\$ 500.00
Resina dental	1 kg	\$ 80.00	10	\$ 800.00
Resina para fundiciones	1 kg	\$ 90.00	10	\$ 900.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 2,200.00</b>

Materiales directos

MATERIALES DIRECTOS				
Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad de seguridad	Costo total
Thinner (galón)	1 galón	\$ 30.00	5	\$ 150.00
Papel toalla	1 rollo	\$ 5.00	10	\$ 50.00
“alcohol isotropílico para las piezas de resina”	1 galón	\$ 100.00	15	\$ 1,500.00
Subtotal				\$ 1,700.00



CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA	
Área	Electricidad mensual (kW/mes)
Maquinaria de producción	575.68
Equipo de oficina	240
Iluminación	182.4
Carga adicional (20%)	199.616
<b>Consumo total de energía</b>	<b>1,197.70</b>

COSTO TOTAL ENERGÍA ELÉCTRICA AL MES				
Consumo mensual estimado (kW/mes)	Cargo de comercialización	Monto consumo mensual	IVA (13%)	Monto total energía eléctrica al mes
1197.696	\$ 0.13	\$ 149.75	\$ 19.47	\$ 169.22

COSTO TOTAL AGUA PORTABLE AL MES					
Consumo diario estimado (m3 )	Consumo mensual estimado (m3 )	Tarifa de acueducto (\$/m3 )	Tarifa de acueducto (\$)	Tarifa mensual alcantarillado (\$)	Pago mensual
1	19	\$ 0.90	\$ 17.10	\$ 5	\$ 22.10

## Anexo 5: Cálculos para los costos del proyecto

### Costos de producción

#### Costo de mano de obra directa

COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA AÑO 1						
Puesto	salario mensual	ISSS (7.5%)	AFP (6.75%)	INSAFORP (1%)	Costo mensual	Costo año 1
Técnico de Laboratorio de Fabricación Digital	\$1,300.00	\$97.50	\$87.75	\$ 1.30	\$ 1,486.55	\$ 7,838.60
<b>Total</b>						<b>\$ 7,838.60</b>

#### Costo de materia prima

COSTO DE MATERIA PRIMA AÑO 1					
Descripción	Unidad	Costo unitario	Cantidad de seguridad	Costo total por ciclo	Costo total anual
Resina estándar	1 kg	\$ 50.00	10	\$ 500.00	\$ 1,000.00
Resina dental	1 kg	\$ 80.00	10	\$ 800.00	\$ 1,600.00
Resina para fundiciones	1 kg	\$ 90.00	10	\$ 900.00	\$ 1,800.00
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 4,400.00</b>

## Costo de materiales directos

COSTO DE MATERIALES DIRECTO AÑO 1					
Descripcion	Unidad	Costo unitario	Cantidad de seguridad en el ciclo	Cantidad de seguridad anual	Costo total anual
Thinner	1 galón	30	5	10	\$ 300.00
Papel toalla	1 rollo	5	10	20	\$ 100.00
“Alcohol isotropílico para las piezas de resina”	1 galón	100	15	30	\$ 3,000.00
<b>Total</b>					<b>\$ 3,400.00</b>

## Costos de suministros de producción: energía eléctrica y agua potable

COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AÑO 1					
Consumo mensual estimado (kwh/mes)	Cargo de comercialización	Monto consumo mensual	IVA (13%)	Monto total energía eléctrica al mes	Monto total energía eléctrica al año
1197.696	\$ 0.13	\$ 149.75	\$ 19.47	\$ 169.22	\$ 2,030.58

COSTO DE AGUA POTABLE AÑO 1						
Consumo diario estimado (m3 )	Consumo mensual estimado (m3 )	Tarifa de acueducto (\$/m3 )	Tarifa de acueducto (\$)	Tarifa mensual alcantarillado (\$)	Pago mensual	Pago anual
1	19	\$ 0.90	\$ 17.10	\$ 5.00	\$22.10	\$265.20

## Depreciación de maquinaria y equipo

DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Vida útil	Depreciación
<i>Maquinaria de producción</i>					
Escáner 3D	3	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 10.00	\$ 1,500.00
Impresora 3D de resina	3	\$ 1,000.00	\$ 3,000.00	\$ 10.00	\$ 300.00
Estación de lavado curado	3	\$ 500.00	\$ 1,500.00	\$ 10.00	\$ 150.00
<i>Subtotal</i>					<b>\$ 1,950.00</b>
<i>Mobiliario</i>					
Mueble de computadora	3	\$ 100.00	\$ 300.00	\$ 7.00	\$ 42.86
Mesa para impresora	3	\$ 85.00	\$ 255.00	\$ 7.00	\$ 36.43
Mesa para estación de curado y lavado	3	\$ 85.00	\$ 255.00	\$ 7.00	\$ 36.43
Silla ejecutiva	3	\$ 150.00	\$ 450.00	\$ 7.00	\$ 64.29
Armario metálico de puertas batientes	2	\$ 180.00	\$ 360.00	\$ 7.00	\$ 51.43
Estante metálico multiusos	2	\$ 95.00	\$ 190.00	\$ 7.00	\$ 27.14
Mesa de usos diversos	1	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 7.00	\$ 21.43
Computadora Core i7	3	\$ 500.00	\$ 1,500.00	\$ 7.00	\$ 214.29
<i>Subtotal</i>					<b>\$ 494.29</b>
<b>Total</b>					<b>\$ 2,444.29</b>

**Costos de administración.**

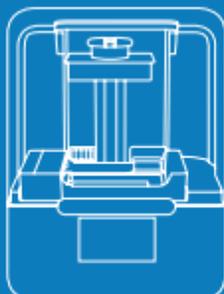
Depreciación de equipo y mobiliario de administración

DEPRECIACIÓN DE EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN					
<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>	<b>Vida útil (años)</b>	<b>Depreciación</b>
Escritorio ejecutivo 1.60 x 0.70 x 0.75	1	\$375.00	\$375.00	7	\$ 53.57
<b>Total</b>					\$ 53.57

## Anexo 6: Especificaciones de maquinaria

# Form 3

Impresiones perfectas.



### Especificaciones técnicas de la Form 3

La última generación de la impresión 3D industrial

<b>Tecnología</b> Impresión 3D LFS™	<b>Dimensiones</b> 40,5 × 37,5 × 53 cm 15,9 × 14,8 × 20,9 in	<b>Volumen de impresión</b> 14,5 × 14,5 × 18,5 cm 5,7 × 5,7 × 7,3 in
<b>Grosor de capa</b> 25 - 300 micras 0,001 - 0,012 in	<b>Motor óptico</b> 1 Light Processing Unit Láser de 250 mW de potencia Punto focal del láser de 85 micras (0,0033 in)	<b>Garantía</b> Incluye un año de garantía. También ofrecemos un plan de Garantía ampliada, un plan Pro Service, y un plan Enterprise, para empresas.

formlabs 