



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración
Maestría en Gestión de la Tecnología

PLAN TECNOLÓGICO PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO DE DISEÑO DE
INSTRUMENTAL QUIRÚRGICO PROTÉSICO AVANZADO BASADO EN TECNOLOGÍA DE
IMPRESIÓN 3D

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestría en Gestión de la Tecnología

Presenta:

Bernardo Castillo Hernández

Dirigido por:

Dr. Juan José Méndez Palacios

SINODALES

Dr. Juan José Méndez Palacios

Presidente

Dr. Luis Rodrigo Valencia Pérez

Secretario

Dr. Alberto de Jesús Pastrana Palma

Vocal

Dr. Arturo Olalde Castañeda

Suplente

Mtro. Héctor Fernando Valencia Pérez

Suplente

Dr. Arturo Castañeda Olalde

Director de la Facultad de Contaduría y
Administración

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Mayo, 2018
México

RESUMEN

Como gestores tecnológicos, es necesario mantenerse al tanto de las nuevas tecnologías existentes dentro del mercado y la forma en las que estas son aplicadas para satisfacer necesidades y dar soluciones a nuevos retos y problemáticas que existen en nuestra sociedad y que permitan aprovechar de mejor manera el tiempo y los recursos que de por sí, ya son limitados. Como ciencia e industria, la medicina es una de las áreas más influenciadas por la evolución y la revolución que genera el avance de la tecnología puesto que vertiginosamente busca el desarrollo y la aplicación de métodos novedosos, disruptivos e innovadores mediante la investigación. Gracias al diseño, fabricación e implementación de instrumental quirúrgico protésico avanzado o fabricado a medida mediante procesos de manufactura aditiva, los pacientes ven reducidas las afecciones y tiempos de recuperación después de ser intervenidos quirúrgicamente lo que les permite reintegrarse a su vida cotidiana de manera más rápida. Por tal motivo para este proyecto de tesis, se formuló como objetivo general desarrollar un **plan tecnológico para la creación de un centro de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3d** a partir del análisis de los procesos de diseño y manufactura existentes en el mercado, que permitan la fabricación de este tipo de dispositivos, proponiendo también un modelo de gestión para el centro. La metodología empleada para la realización de esta investigación fue método cualitativo el cual, se fundamentan más en un proceso inductivo o que, en otras palabras, va de lo particular a lo general y permite explorar y describir los fenómenos para posteriormente generar perspectivas teóricas. Otro aspecto importante de las investigaciones con enfoque cualitativo es que la recolección de datos no es estandarizada, es decir, no se efectúan mediante mediciones numéricas por lo cual el análisis de los datos no es estadístico y de manera contraria, los datos se obtienen aplicando técnicas como la observación directa, el análisis documental y la entrevista semiestructurada. Así con los datos recolectados, se procedió al análisis de estos para el desarrollo del plan tecnológico estableciendo claramente los objetivos del centro de diseño, identificando así que este puede constituir una oportunidad de negocio cuando se incluye la participación de los sectores público, privado y social.

(Palabras clave: plan tecnológico, diseño, instrumental quirúrgico protésico avanzado, impresión 3D).

SUMMARY

As technological managers, it is our duty to keep abreast of the new technologies existing inside the market and the way in which they are applied to satisfy needs and provide solutions to new challenges and problems that exist in our society and that allow us to take better advantage of time and resources that are already restricted. As a science and industry, medicine is one of the most influenced areas by the evolution and revolution generated by the advancement of technology, since it is striving for the development and application of novel, disruptive and innovative methods through research. Thanks to design, manufacture and implementation of advanced prosthetic surgical instruments or made-to-measure by additive manufacturing processes, patients seem to have reduced the affections and recovery times after being operated on surgically allowing them to reintegrate into their daily lives more quickly. For this reason, the general objective of this thesis project was to develop a technological plan for the creation of a design center for advanced prosthetic surgical instruments based on 3D printing technology. Based on the analysis of the design and manufacturing processes in the market that allow the manufacture of this type of devices, also proposing a management model for the center. The methodology used to carry out this research was a qualitative method, which is based more on an inductive process or, in other words, goes from the particular to the general and allows exploring and describing the phenomena, to generate subsequently theoretical perspectives. Another important aspect of research with a qualitative approach is that the data collection is not standardized, so, it is not carried out by means of numerical measurements, so the analysis of the data is not statistical and, conversely, the data is obtained applying techniques as direct observation, documentary analysis and semi-structured interview. Thus with the data collected, we proceeded to the analysis of these for the development of the technological plan clearly establishing the objectives of the design center, thus identifying that this can constitute a business opportunity when the participation of the public, private and social sectors is included.

(Key words: technology plan, design, advanced prosthetic surgical instruments).

DEDICATORIAS

A mis padres, Cristina y Alfredo, quienes sin descanso han sido el cimiento más fuerte e importante en este trayecto, por su apoyo incondicional en todos mis proyectos y por ser mi ejemplo, inspiración y motivación de vida.

A mi familia por siempre extender la mano sin esperar nada a cambio y su cariño incondicional.

A mis amigos, por motivarme y apoyarme continuamente para alcanzar mis metas.

A ustedes, mi eterna gratitud, respeto y admiración.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Universidad Autónoma de Querétaro por las facilidades prestadas durante mis estudios de posgrado.

Al cuerpo académico y personal administrativo del posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración de la UAQ por todas las atenciones recibidas a lo largo de estos dos años y medio.

A los doctores Juan José Méndez Palacios, Alberto de Jesús Pastrana Palma y Luis Rodrigo Valencia Pérez por ser mis guías durante este proyecto de investigación.

A mis compañeros de la novena generación de la Maestría en Gestión de la Tecnología por siempre demostrar su apoyo.

A Donato Monopoli Forleo, del Instituto Tecnológico de Canarias en España, por compartir su conocimiento y experiencia de más de 8 años en el desarrollo de implantes quirúrgicos avanzados.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
<i>2.1. Antecedentes de la investigación</i>	<i>4</i>
2.2.1. Relevancia	11
2.2.2. Factibilidad	12
2.2.3. Alcances de la investigación	12
<i>2.3. Objetivos de la investigación</i>	<i>13</i>
2.3.1. Objetivo general	13
2.3.2. Objetivos específicos	13
2.3.3. Preguntas de investigación	14
<i>2.4. Metodología de la Investigación</i>	<i>16</i>
3. MARCO TEÓRICO	18
<i>3.1. Plan Tecnológico</i>	<i>18</i>
<i>3.2. Ingeniería Biomédica</i>	<i>19</i>
<i>3.3. Biomecánica</i>	<i>19</i>
<i>3.4. Diseño Industrial</i>	<i>20</i>
<i>3.5. Instrumental Quirúrgico.</i>	<i>21</i>

<i>3.6. Tecnología</i>	22
<i>3.7. Impresión 3D</i>	23
<i>3.8. Fusión de haz de electrones.</i>	25
4. ESTUDIO DE CASO	26
<i>4.1. Problemática de la empresa</i>	26
<i>4.2. Proceso de Investigación</i>	28
<i>4.3. Resultados</i>	32
<i>4.4. Propuesta de Solución.</i>	33
4.4.1. Plan Tecnológico	33
4.4.2. Componentes del Sistema	45
4.4.3. Modelo de Negocio	49
CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Principales indicadores de la industria de dispositivos médicos en México	7
Tabla 2. Principales dispositivos médicos exportados por México, 2015 (mdd)	10
Tabla 3. Características de equipo de cómputo	36
Tabla 4. Listado de normas a cumplir por parte del centro de diseño	56
Tabla 5. Costo de Maquinaria y Equipo	57
Tabla 6. Costo de licencias de software	58
Tabla 7. Equipo de oficina	58
Tabla 8. Gastos de constitución y operación de la organización.	59
Tabla 9. Personal y sueldos	59
Tabla 10. Costos fijos de producción	60
Tabla 11. Costos variables de producción	60
Tabla 12. Costo de publicidad	60
Tabla 13. Resumen anual de costos	61
Tabla 14. Costos de implementación de la organización.	61
Tabla 15. Canvas de la organización	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estadísticas de la OCDE sobre salud 2014, México en comparación	6
Figura 2. Los 20 principales países exportadores de dispositivos médicos, 2015 (mdd)	9
Figura 3. Producción de dispositivos médicos en México 2010-2014 (mdd)	9
Figura 4. Consumo de dispositivos médicos en México 2010-2014 (mdd)	9
Figura 5. Cuadro de congruencia de la investigación	15
Figura 6. Proceso cualitativo	17
Figura 7. Fases del plan tecnológico.	18
Figura 8. Prótesis de brazo	19
Figura 9. Análisis biomecánico en el deporte	20
Figura 10. Plano y pieza industrial	21
Figura 11. Implantes quirúrgicos.	22
Figura 12. Diferencia entre ciencia, tecnología y técnica.	23
Figura 13. Impresión 3D	24
Figura 14. Pieza metálica fabricada mediante EBM	25
Figura 15. Sitio web inMateriis	27

Figura 16. Donato Monopoli.	30
Figura 17. Prototipo, prótesis a medida para reconstrucción facial ósea	31
Figura 18. Prótesis a medida	31
Figura 19. Proceso del plan tecnológico	34
Figura 20. Proceso de análisis de factores	35
Figura 21. Impresora EMB Arcam® Q10 Plus®	37
Figura 22. Impresora 3D Ultimaker® 3 Extended	38
Figura 23. Software de código abierto 3DSlicer	39
Figura 24. Software Solidworks	40
Figura 25. Software Materialise Magics®	41
Figura 26. Proceso de definición de objetivos	42
Figura 27. Creación de cartera de proyectos.	43
Figura 28. Proceso de diseño del implante	48
Figura 29. Simulación de implante quirúrgico de prótesis impresa en tecnología 3D	49
Figura 30. Módulos del plan de negocio.	50
Figura 31. Prótesis quirúrgica avanzada, diseñada a medida	52

1. INTRODUCCIÓN

Como gestores tecnológicos, es necesario mantenerse al tanto de las nuevas tecnologías existentes dentro del mercado y la forma en las que estas son aplicadas para satisfacer necesidades y dar soluciones a nuevos retos y problemáticas que existen en nuestra sociedad y que permitan aprovechar de mejor manera el tiempo y los recursos que de por sí, ya son limitados. Conocer las tendencias tecnológicas y las capacidades de los competidores, evaluar la adquisición o el desarrollo de tecnologías y su financiamiento, así como la protección intelectual resultante de estas actividades, son de vital importancia dentro de la gestión tecnológica puesto que éstas impacta de manera positiva o negativa en las áreas donde las organizaciones buscan generar valor para sus clientes y para ellos mismos (Solleiro, 2008).

José Cegarra en su obra Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica (2011), define a la tecnología como el conjunto de conocimientos propios de un arte industrial que permite la creación de artefactos o procesos para producirlos que cuentan con elementos característicos propios que la componen y definen perfectamente. Sin embargo, la aplicación de tecnologías en diferentes épocas, maneras y circunstancias, vuelven a esta actividad creativa, inherente a la evolución humana y social (Nye, 2006) puesto que conforme ha evolucionado el pensamiento humano y su complejidad también ha evolucionado la tecnología.

Por su parte, Porter (1991), expone que la tecnología y la innovación en esta, juega un papel de suma importancia en el cambio estructural de los sectores industriales, en sus cadenas de valor, y en la creación de nuevas industrias ya que por sí misma, la

tecnología *está contenida en cada actividad de valor de una empresa* y afecta de manera importante para determinar la posición en relación al costo o diferenciación con las demás.

Como ciencia e industria, la medicina es una de las áreas que se ve más influenciada por la tecnología y que de manera más vertiginosa busca el desarrollo y la aplicación de métodos disruptivos e innovadores que permitan atender y sanear las afecciones que contraponen el desarrollo del ser humano y; tecnologías como la *impresión 3D* van ganando terreno poco a poco en su inclusión a aplicaciones de este tipo.

Por sí misma, la impresión 3D no es una tecnología relativamente nueva o reciente. Sus orígenes datan de los primeros años de la década de 1980 cuando Chuck Hull acuñó (1983) y patentó (1986) el término *estereolitografía*, definido como *el “proceso para la fabricación de objetos sólidos mediante la impresión sucesiva de finas capas de un fotopolímero líquido”*. En la descripción de este proceso, un haz de luz ultravioleta controlado por computadora, traza cada capa del objeto de manera consecutiva sobre la superficie del líquido causando que este se solidifique y así, tras la sucesión de capas superpuestas en orden, generan la fabricación y el concepto del objeto tridimensional o impreso en 3D (Jorquera, 2016).

Posteriormente y basado en el concepto de la *estereolitografía* desarrollado por Hull y derivado de la necesidad de fabricarle un juguete *personalizado* a su hija, en 1989, Scott Crump desarrolló y patentó la tecnología *FDM* por sus siglas en inglés: *fused deposition modeling* o *modelado por deposición fundida* el cual, básicamente

es la impresión tridimensional mediante la extrusión de un cordón fino de un plástico derretido. En sus propias palabras, Crump define su tecnología esencialmente como *“una pistola de silicón caliente, controlada por ordenador”*.

El desarrollo de estas dos tecnologías da origen a la fundación de dos de las empresas más representativas y líderes en el ramo de la impresión tridimensional; 3D Systems de Hull y Stratasys de Crump las cuales, en la década de 1990 comenzaron a vender sus primeros productos comerciales para clientes como General Motors o 3M (Jorquera, 2016).

Actualmente, como resultado de la investigación y gracias a su versatilidad en la generación de geometrías complejas y la gran cantidad de materiales de aplicación, dentro del área médica son muy variados los campos en los que la impresión 3D está suponiendo un gran avance. Ámbitos ya probados como la ortodoncia y nuevas aplicaciones como en la impresión de medicamentos, estudios clínicos en tejidos y órganos humanos creados bajo el concepto de la impresión 3D, hasta el diseño y manufactura de prótesis personalizadas cien por ciento congruentes con respeto a la antropometría y morfología del paciente parecen más posibles.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Antecedentes de la investigación

Como mencionamos en el capítulo anterior, de la evolución del hombre como especie, la tecnología y ciencias como la medicina han ido progresando gracias a la innovación en la aplicación e implementación de procesos extraídos de otras áreas como la ingeniería que son poco tradicionales en las áreas médicas que da como resultado el diseño y desarrollo de implantes y prótesis quirúrgicas más complejas y avanzadas e implantes traumatológicos o de cualquier tipo, lo que genera crecimiento global en el interés y estudio y desarrollo en este tipo de artículos. La disminución en las afecciones sufridas durante el procedimiento operatorio y posterior a este aunado a la eficacia y eficiencia comprobada en la recuperación de los pacientes a los que se les implantan este tipo de elementos impulsan a seguir investigando y promoviendo la creación de organizaciones relacionadas al diseño y elaboración de esta clase de elementos.

Así, determinado por las características y necesidades del paciente, aunado a la complejidad geométrica antropomorfa, el diseño, manufactura e implementación de instrumental quirúrgico protésico avanzado ayuda a los pacientes a restablecer la funcionalidad afectada ya sea por traumatismos, lesiones, u otro tipo de enfermedades de manera integral mejorando exponencialmente su calidad de vida.

Por su parte, la adecuación a la medida o personalización, como proceso; requiere de un alto grado de habilidad adquirido por la experiencia, el conocimiento de la

técnica y aplicación de la tecnología más adecuada y avanzada. Dicho motivo alienta a las organizaciones relacionadas a estas actividades mostrando cada vez más interés en el I+D de esta clase de elementos existiendo así la posibilidad de desarrollar, experimentar e innovar en este tipo de productos y servicios.

2.2. Justificación

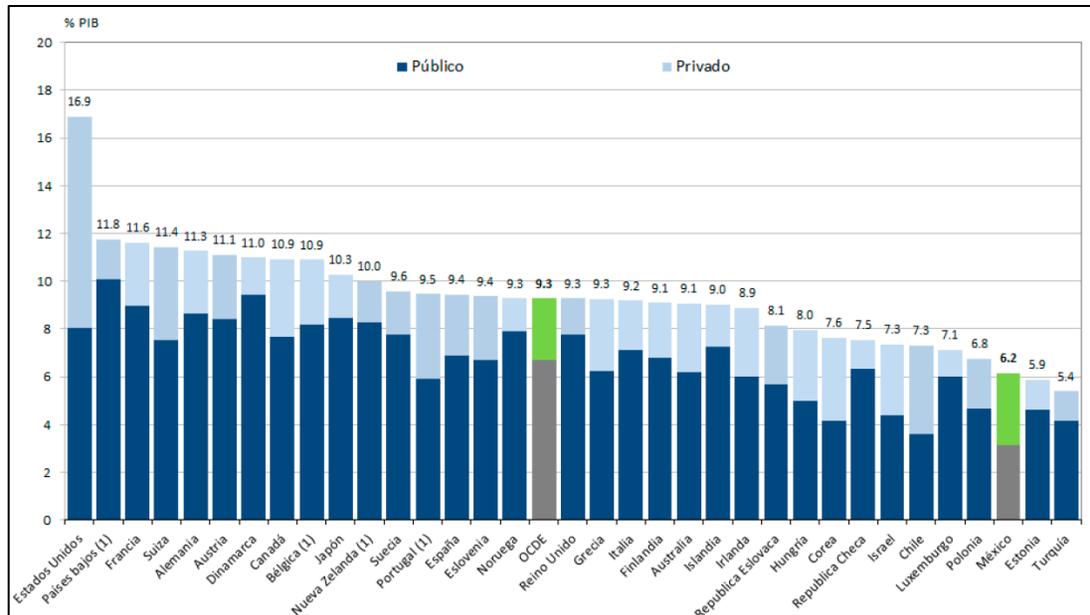
Con referencia en el capítulo anterior, de la evolución del hombre como especie, la tecnología y ciencias como la medicina han ido progresando y como resultado, el diseño y desarrollo de implantes y prótesis quirúrgicas avanzadas o diseñados a medida, e implantes traumatológicos o en general, la demanda de dispositivos médicos tipo crece en el mundo. Como tendencia derivada de la evolución de las técnicas, tecnologías y ciencias aplicadas en la medicina, los procedimientos mínimamente invasivos o procedimientos innovadores para el tratamiento de las enfermedades del paciente cobran mayor importancia.

La disminución en las afecciones sufridas durante los tratamientos, los procedimientos operatorios y posteriores a este, y la eficacia y eficiencia comprobada en la recuperación de los pacientes que recurren a este tipo de elementos impulsan a seguir investigando y promoviendo la creación de organizaciones relacionadas al diseño y elaboración de esta clase de dispositivos.

Actualmente, países como Estados Unidos con una generación de 253 millones de dólares (mmd), China con 147 mmd, Alemania con 43 mmd, Suiza con 28 mmd y Japón con 26 mmd, lideran la producción de dispositivos médicos y a su vez

promueven la investigación y el desarrollo de alta tecnología y en procedimientos mínimamente invasivos altamente innovadores que permitan la reducción de las afecciones a los pacientes (Secretaría de Economía, 2018).

Figura 1. Estadísticas de la OCDE sobre salud 2014, México en comparación



Fuente: OCDE (2015, p.10).

Dentro del ámbito económico-financiero, datos de la Secretaría de Economía, con una producción al 2014 de 15,220 mmd y una tasa media de crecimiento anual (TMCA) con relación a la producción del 3.92%, México es el mercado más grande de América Latina, es el octavo exportador de dispositivos médicos a nivel mundial y principal exportador en América Latina y principal proveedor de Estados Unidos. Ocupa el 5º lugar a nivel mundial como exportador de instrumentos y aparatos de medicina, cirugía, odontología o veterinaria y el 6º lugar en exportación mundial de artículos y aparatos de ortopedia o para fracturas, sin embargo, el diseño y desarrollo

de estos, no es resultado de un proceso de investigación y desarrollo local debido, por una parte, a los bajos niveles de innovación local tecnológica o a la falta de personal capacitado para la utilización de equipo médico de punta. (Secretaría de Economía, 2018).

A continuación, en las tablas número 1 y 2, y de las figuras número 2 a la 4, se muestran cifras relacionadas a las posiciones que ocupa México como entidad productora de material quirúrgico y/o dispositivos médicos. Cabe mencionar que en la investigación realizada, no se encontraron actividades que tuviesen que ver con el diseño y manufactura de prótesis e implantes quirúrgicos avanzados o hechos a medida.

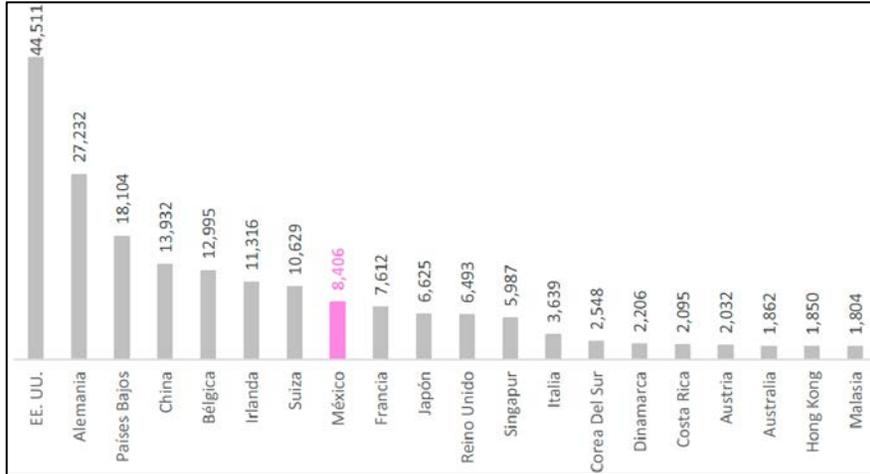
Tabla 1.

Principales indicadores de la industria de dispositivos médicos en México

Producción 2014	15,220 millones de dólares (mdd)
TMCA (2015-2020)	3.9%
Consumo 2014	11,267 mmd
TMCA (2015-2020)	5.3%
Número de unidades económicas 2015	2,393
Principales estados de la industria	Distrito Federal, Estado de México, Baja California, Jalisco, Guanajuato, Veracruz, Chihuahua y Puebla
México es⁸	
3er	exportador mundial de agujas tubulares de sutura.
4º	exportador de instrumentos y aparatos de medicina, cirugía, odontología o veterinaria.
4º	exportador de mobiliario para medicina, cirugía, odontología o veterinaria.
4o	exportador mundial de jeringas, catéteres, cánulas e instrumentos similares.
Los 4 principales productos exportados por México en 2015, a nivel de 6 dígitos, fueron los siguientes: 9018.90, 9018.39, 9018.19, 9021.10	
Exportaciones 2015:	8,406 mdd
Importaciones 2015:	3,963 mdd
Total de empleados:	156,831 personas
Inversión Extranjera Directa (IED) en el sector (acumulada 2005-2015) ⁹ :	1,936 mdd
Principales países inversores (2005-2015):	EE.UU. 86%, Italia 6%, Alemania 5%

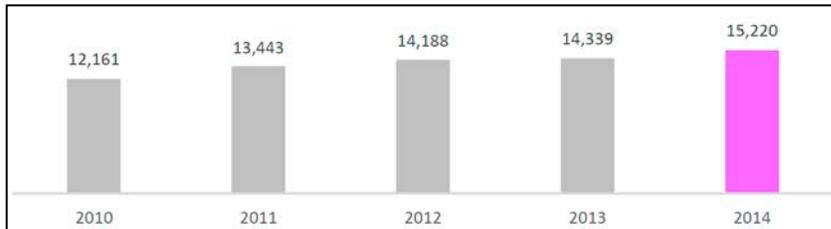
Fuente: ProMéxico (2015, p. 7).

Figura 2. Los 20 principales países exportadores de dispositivos médicos, 2015 (mdd)



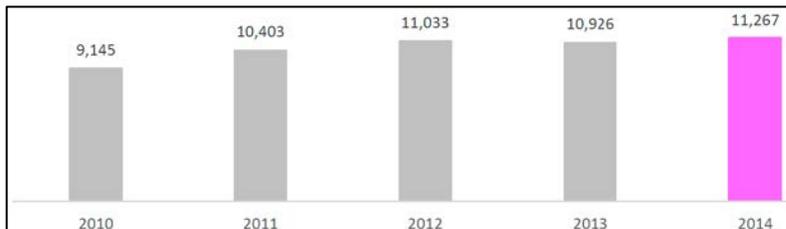
Fuente: Global Trade Atlas a través de ProMéxico (2015, p. 6)

Figura 3. Producción de dispositivos médicos en México 2010-2014 (mdd)



Fuente: INEGI a través de ProMéxico (2014, p. 26)

Figura 4. Consumo de dispositivos médicos en México 2010-2014 (mdd)



Fuente: INEGI a través de ProMéxico (2014, p. 27)

Tabla

2.

Principales dispositivos médicos exportados por México, 2015 (mdd)

PRODUCTO	EXPORTACIONES (MDD)	%
Instrumentos y aparatos de medicina, cirugía, odontología o veterinaria	6,370	75.8%
Artículos y aparatos de ortopedia	881	10.5%
Aparatos de mecanoterapia, terapia respiratoria y masajes	528	6.3%
<i>Otros</i>	627	7.5%
Total	8,406	100.0 %

Fuente: Global Trade Atlas a través de ProMéxico (2014, p. 29)

Así, determinado por las características y necesidades del paciente, aunado a la complejidad geométrica antropomorfa, el diseño, manufactura e implementación de instrumental quirúrgico protésico avanzado ayuda a los pacientes a restablecer la funcionalidad afectada ya sea por traumatismos, lesiones, extirpaciones, amputaciones derivadas por complicaciones como el cáncer y la diabetes, malformaciones y otro tipo de enfermedades de manera integral mejorando exponencialmente su calidad de vida.

Por su parte, la adecuación a la medida o personalización, como proceso; requiere de un alto grado de habilidad adquirido por la experiencia, el conocimiento de la técnica y aplicación de la tecnología más adecuada y avanzada. Dicho motivo alienta a las organizaciones relacionadas a estas actividades a verse interesadas en el I+D de esta clase de elementos existiendo así la posibilidad de desarrollar, experimentar e innovar en este tipo de productos y servicios.

Finalmente, por lo vanguardista del tópico y la reciente y relativamente poca investigación o documentación de este en nuestro país, acompañada de la complejidad y multidisciplinariedad implícita en la gestión de este tipo de operaciones, actualmente no existe un plan tecnológico que posea la fundamentación básica que sirva como referencia para la implementación local de un departamento, empresa u organización que desarrolle actividades relacionadas al área descrita anteriormente. Por dicho motivo, el presente trabajo de investigación pretende generar una propuesta inicial para los interesados a incursionar y desarrollar este tipo de organizaciones.

2.2.1. Relevancia

Generar un plan tecnológico para la creación de un centro de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3D permitirá conocer las tecnologías, procedimientos y aplicaciones existentes en este ramo a nivel global, empleados en este tipo de operaciones proveyendo a los interesados a llevar a cabo este tipo de actividades, la fundamentación básica con relación a la gestión de la tecnología y los recursos disponibles en el mercado necesarios adecuados y aplicables a nuestro país, que permitirá a los particulares u organizaciones interesadas con el tema poner en marcha implementar este tipo de organizaciones.

Por su parte, determinada por la OCDE como una tendencia tecnológica, la innovación que aporta la aplicación de la impresión 3D en la medicina, motiva a diferentes tipos de empresas y organizaciones a dedicarse a la investigación de este

tópico como por ejemplo el Instituto Tecnológico de Canarias en España, que desde el año 2011 realiza I+D de prótesis quirúrgicas avanzadas.

Del lado industrial, empresas como Stratasys y 3D Systems, dos de las pioneras en el desarrollo la implementación y comercialización en la historia de la tecnología de impresión 3D y una de las empresas más grandes del sector también se mantiene en la I+D que le permitan ofrecer nuevos y mejores productos que empoderen a los usuarios y les permita realizar su trabajo de manera más eficiente (Stratasys, 2018).

Esto nos permite prospectar, que la aplicación de métodos de impresión 3D para la elaboración de dispositivos médicos, material quirúrgico, prótesis y más elementos seguirá vigente por lo menos 10 años.

2.2.2. Factibilidad

El siguiente trabajo de investigación pretende servir como referencia inicial para las personas u organizaciones interesadas en la implementación y gestión de centros de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3D partiendo de la elaboración de un plan tecnológico el cual proporcione la información básica necesaria para lograr constituir centros de las características descritas próximamente.

2.2.3. Alcances de la investigación

El planteamiento de este proyecto de tesis es introductorio. Por lo tanto, las organizaciones y personas relacionadas e interesadas en diseño, desarrollo y

manufactura de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3d podrán encontrar una reflexión inicial que les ayudará a entender de qué manera implantar un centro de diseño de estas características mediante un plan tecnológico y un plan de negocios.

Asimismo, mediante el proyecto aquí presentado, se pretende que las organizaciones cuenten con un método para identificar los elementos básicos para implantar un centro de las características que serán descritas más adelante.

2.3. Objetivos de la investigación.

2.3.1. Objetivo general

Desarrollar un plan tecnológico para la creación de un departamento, empresa u organización orientada al diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3d en México.

2.3.2. Objetivos específicos

Identificar:

Los procedimientos médico-administrativos, antropométrico-ergonómicos, así como de diseño y producción, implícitos en el desarrollo y manufactura de instrumental quirúrgico protésico avanzado.

Las normativas mínimas nacionales e internacionales referentes al diseño y manufactura de este tipo de elementos.

Y seleccionar las tecnologías existentes a nivel global más adecuadas para el diseño, desarrollo y manufactura de instrumental quirúrgico protésico avanzado aplicables a nuestro país, mediante el uso metodologías que sustenten la toma estratégica de decisiones en pro de la organización.

Los perfiles personales operativos y administrativos necesarios para la integración de un equipo multidisciplinario capaz de operar el departamento.

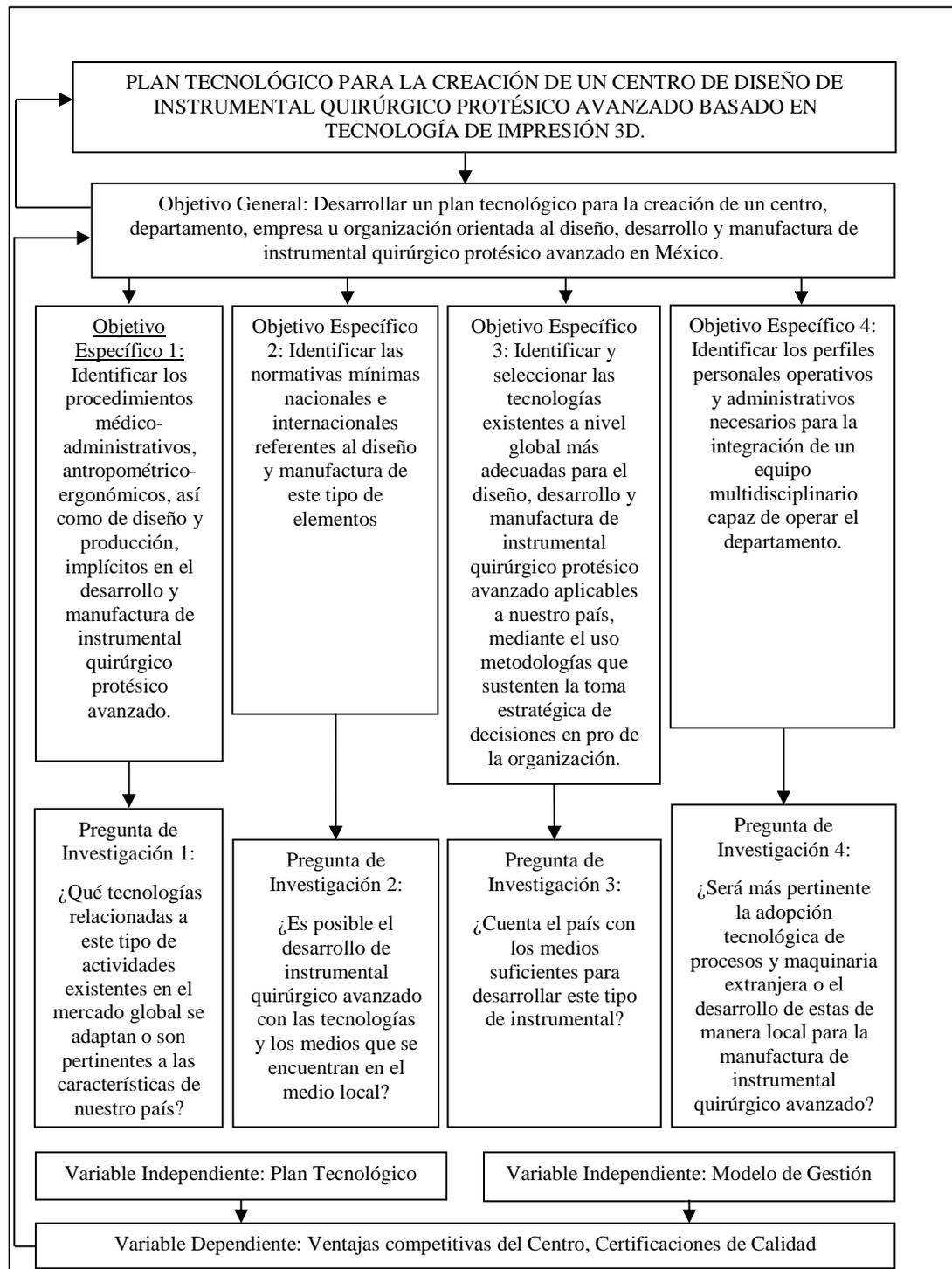
2.3.3. Preguntas de investigación

Definidos los objetivos para la presente investigación, se plantean las siguientes preguntas.

¿Qué tecnologías relacionadas a este tipo de actividades existentes en el mercado global se adaptan o son pertinentes a las características de nuestro país? ¿Es posible el desarrollo de instrumental quirúrgico avanzado con las tecnologías y los medios que se encuentran en el medio local? ¿Cuenta el país con los medios suficientes para desarrollar este tipo de instrumental? ¿Será más pertinente la adopción tecnológica de procesos y maquinaria extranjera o el desarrollo de estas de manera local para la manufactura de instrumental quirúrgico avanzado?

En la figura número 5, se muestra el cuadro de congruencia de investigación que expone de manera más gráfica el objetivo general y los específicos, las preguntas de investigación derivadas de los objetivos, así como las variables independientes y dependientes.

Figura 5. Cuadro de congruencia de la investigación



Fuente: Elaboración Propia a partir de Rivas (2004)

2.4. Metodología de la Investigación

Por las características de este proyecto, se propone seguir el proceso de investigación científica cualitativa desarrollada por Hernández Sampieri (2006), que es de carácter más flexible y no lineal, lo que permite al investigador plantear un problema, pero sin seguir un proceso claramente definido.

Este tipo de investigaciones se fundamentan más en un proceso inductivo que, en otras palabras, van de lo particular a lo general y permiten explorar y describir para posteriormente generar perspectivas teóricas. Otro aspecto importante de las investigaciones con enfoque cualitativo es que la recolección de datos no es estandarizada, es decir, no se efectúan mediante mediciones numéricas por lo cual el análisis de los datos no es estadístico y de manera contraria, los datos se obtienen a partir de las perspectivas o puntos de vista de los participantes, y las interacciones entre ellos.

A continuación, la figura 6 muestra un diagrama con las fases o pasos a seguir que plantea la metodología del tipo cualitativa que como anteriormente se mencionó, no es lineal y más bien, presenta una forma cíclica en la cual es posible ir y venir entre las fases del mismo.

Figura 6. Proceso cualitativo



Fuente: Elaboración propia a partir de Sampieri (2006).

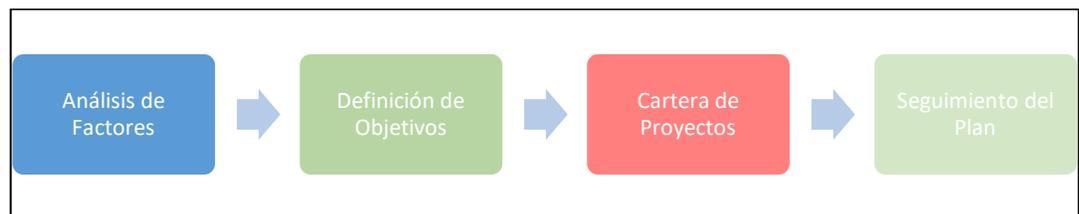
3. MARCO TEÓRICO

Para poder desarrollar el tema de investigación presentado en este documento, fue necesario ampliar y profundizar el conocimiento en diversas áreas de características contrastantes entre ellas relacionadas a ciencias como la medicina, la ingeniería, la gestión y el diseño. Por dicho motivo a continuación, se explica de manera muy breve y amable, una serie de términos y conceptos relacionados con la idea central del proyecto, permitiendo así que los lectores puedan comprender de manera más clara el objetivo de este texto.

3.1. Plan Tecnológico

Dentro del glosario del Modelo Nacional de Gestión de Tecnología (2016), se define al Plan tecnológico como *el documento que incorpora los resultados del diagnóstico y pronóstico tecnológicos; los objetivos tecnológicos de la organización; la estrategia tecnológica; la cartera de proyectos tecnológicos, recursos a utilizar, y el plan de acción y seguimiento.*

Figura 7. Fases del plan tecnológico.

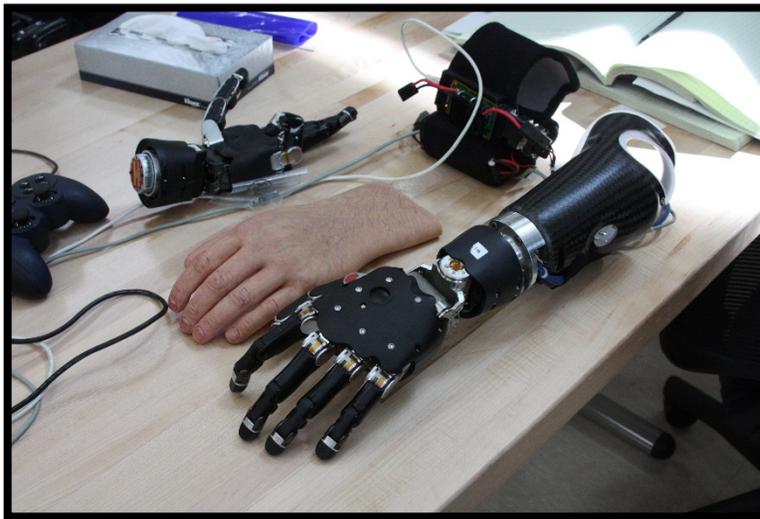


Elaboración propia a partir de Barjau (2006. P.18).

3.2. Ingeniería Biomédica

Gismondi (2010) define a la ingeniería biomédica como *la rama de la ingeniería que implementa los principios de las tecnologías al campo de la medicina* y su fundamento principal es la construcción de equipos médicos, prótesis, dispositivos médicos y de diagnóstico, así como terapéuticos. En ella, interviene la gestión de recursos.

Figura 8. Prótesis de brazo



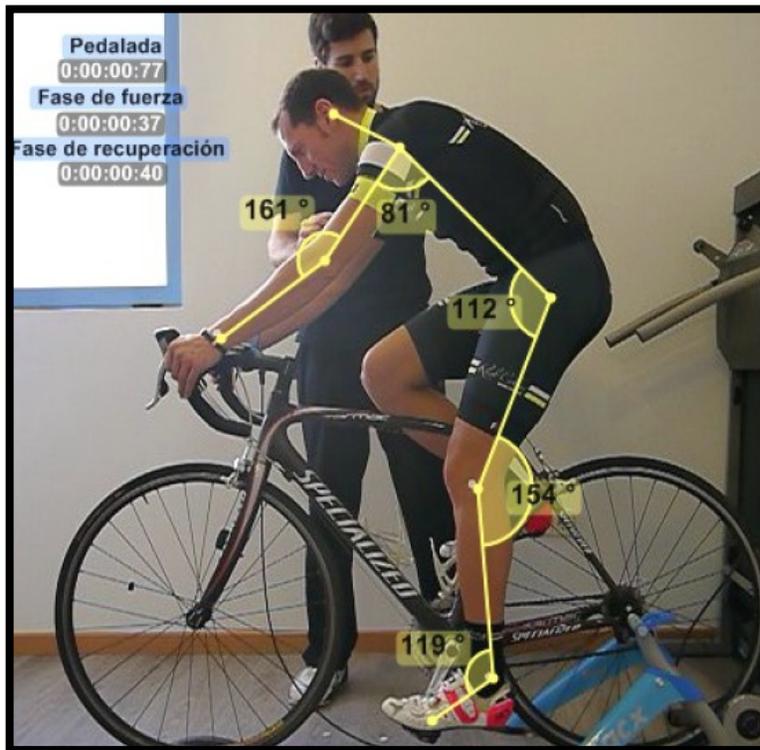
Fuente: Google Images (2018).

3.3. Biomecánica

Tomado de Martínez y Aguado (1991), de acuerdo con la definición más ampliamente aceptada, la Biomecánica estudia los sistemas biológicos aplicando los principios y métodos de la Mecánica, rama de la Física que estudia el movimiento y las fuerzas que lo determinan. La importancia de la Biomecánica radica cuando se pretenden explicar

los movimientos más eficaces al realizar una actividad. Analizando biomecánicamente a la persona se puede llegar a lo que sería su ideal de movimiento, no por imitación de otros de mayor *performance*, sino basándose en conocimientos biológicos y físicos.

Figura 9. Análisis biomecánico en el deporte



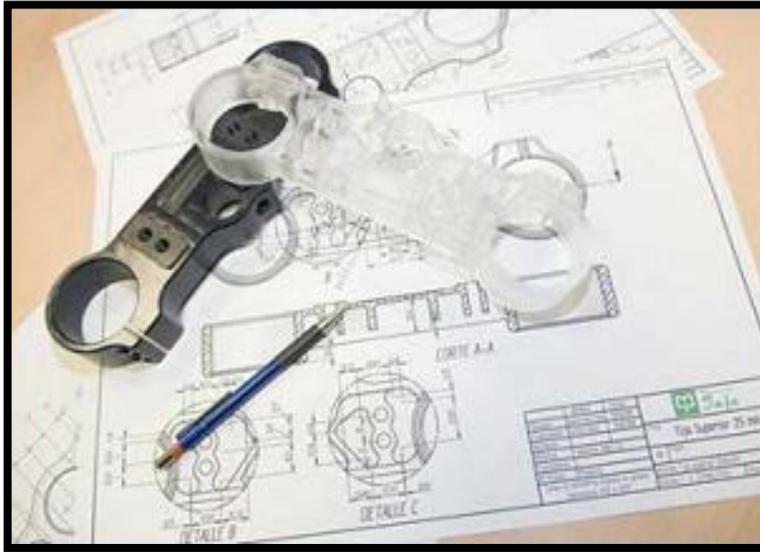
Fuente: Google Images (2018).

3.4 Diseño Industrial

La Asociación Americana de Diseñadores Industriales (2018) define al diseño Industrial como *el servicio profesional de la creación de productos y sistemas que*

optimizan la función, el valor y la apariencia para el beneficio mutuo de usuario y el fabricante.

Figura 10. Plano y pieza industrial



Fuente: Google Images (2018).

3.5. Instrumental Quirúrgico.

Sánchez-Sarría define el instrumental quirúrgico como *el conjunto de elementos utilizados en los procedimientos quirúrgicos*. Siendo un bien social costoso, muy sofisticado y delicado. Estos instrumentos se diseñan para proporcionar una herramienta que permita al cirujano realizar una maniobra quirúrgica básica; las variaciones son muy numerosas y el diseño se realiza sobre la base de su función.

Dentro de su amplia gama, la fabricación de instrumentos quirúrgicos puede ser de titanio, vitalio u otros metales, mayoritaria mente hechos de acero inoxidable. Las aleaciones que se utilizan deben tener propiedades específicas para hacerlos

resistentes a la corrosión cuando se exponen a sangre y líquidos corporales, soluciones de limpieza, esterilización y a la atmósfera (2014).

Figura 11. Implantes quirúrgicos.



Fuente: Google Images (2018).

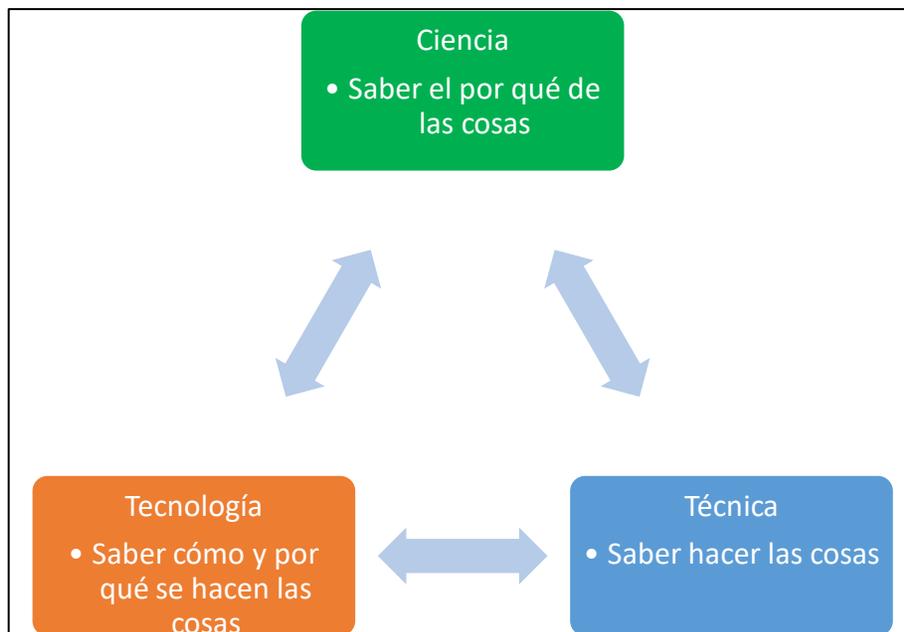
3.6. Tecnología

Ángel Facundo, mencionado en *El proceso de la investigación científica* (Tamayo, 2003) define “La ciencia y la tecnología suscitan cambios en los métodos de producción, así como en el modo de vida, en el bienestar, en la manera de pensar y de comportarse de las personas, que son aspectos básicos en el desarrollo de una sociedad” (p. 34) ; por lo que se entendería que como resultado de una actividad humana, gracias a la evolución en la complejidad del pensamiento humano, como

sociedad se han logrado grandes avances técnicos y científicos. Es el conocimiento de una técnica, de cómo hacer las cosas fundamentado sobre bases científicas.

Técnica, ciencia y tecnología se diferencian por los objetivos diversos que persiguen: la técnica y la tecnología buscan la aplicación de los conocimientos a la forma de hacer las cosas, para la satisfacción de las necesidades humanas. La ciencia pretende entender la naturaleza y la sociedad; la tecnología y la técnica, producir bienes, ofrecer servicios.

Figura 12. Diferencia entre ciencia, tecnología y técnica.



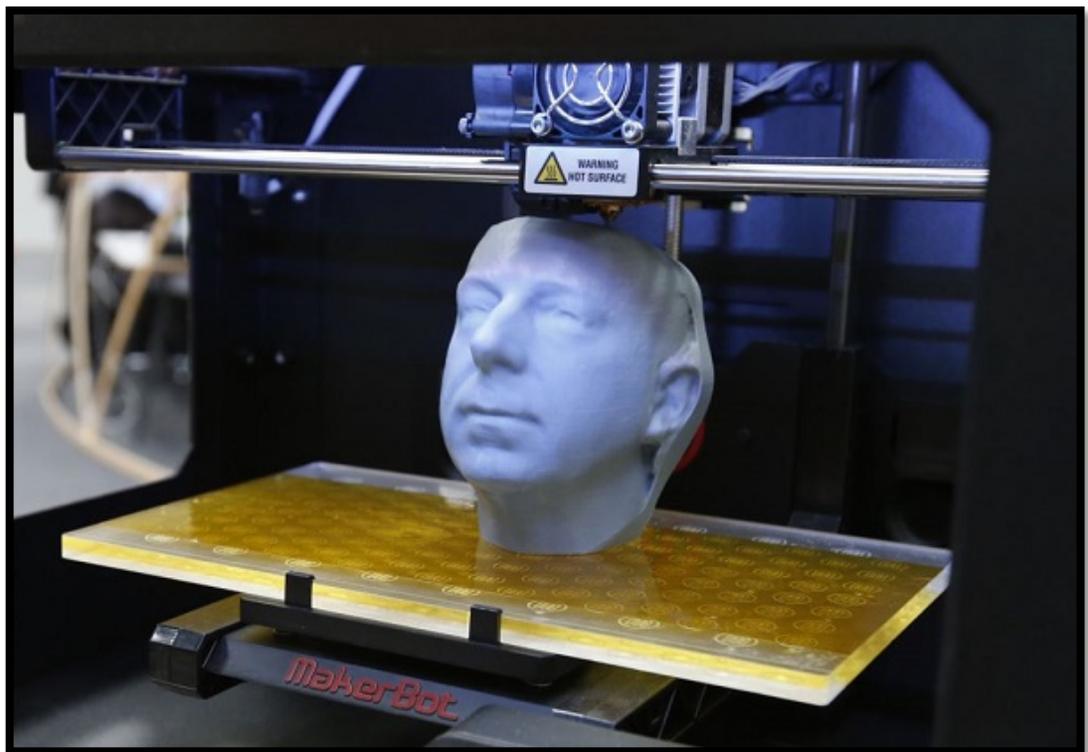
Fuente: Elaboración propia a partir de Tamayo (2003).

3.7. Impresión 3D

También conocida como manufactura aditiva o manufactura por adición, es un proceso de fabricación por el cual se pueden crear objetos físicos colocando un

material por capas consecutivas colocadas en un orden y distribución adecuado en base a un modelo elaborado o diseñado digitalmente. Esta tecnología puede utilizarse para crear todo tipo de cosas y actualmente su aplicación va desde la validación de prototipos y productos simples como puede ser una lapicera hasta productos finales altamente técnicos como pueden ser piezas para el ramo aeroespacial e implantes médicos que pueden salvar vidas. (Autodesk, 2018).

Figura 13. Impresión 3D

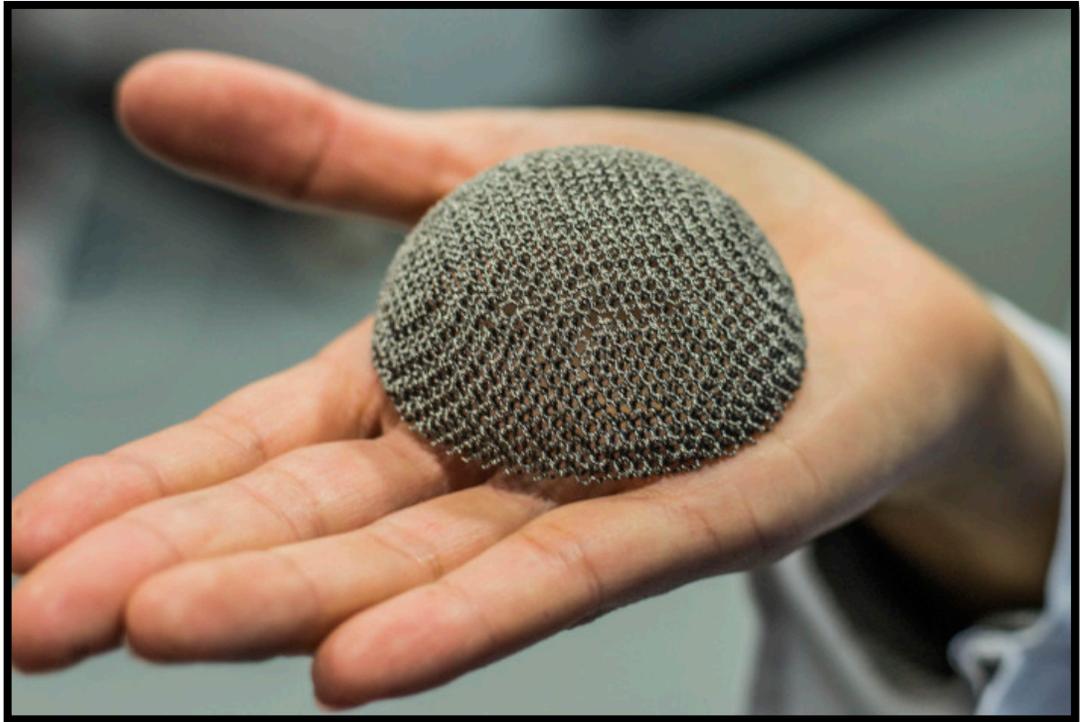


Fuente: Google Images (2018).

3.8. Fusión de haz de electrones.

Conocida como *Electron Beam Melting* es un proceso de manufactura que parte del concepto básico de la impresión 3D, donde los componentes metálicos completamente densos se construyen capa por capa a partir de un polvo de metal muy fino el cual es fundido por un haz de electrones de alta potencia. Esto permite que cada capa se una a la otra formando una geometría exacta definida por un modelo CAD (diseño asistido por computadora) tridimensional (Arcam by GE, 2018).

Figura 14. Pieza metálica fabricada mediante EBM



Fuente: Google Images (2018).

4. ESTUDIO DE CASO

4.1. Problemática de la empresa

Como se expuso anteriormente en el capítulo II, México tiene una importante posición en el sector, ya que se establece en el mercado como uno de los principales maquiladores de dispositivos médicos en el mundo, sin embargo, como fue mencionado de la misma forma, el desarrollo y manufactura está enfocado a la producción de elementos tradicionales como jeringas, catéteres, vendas, gasas, etc.

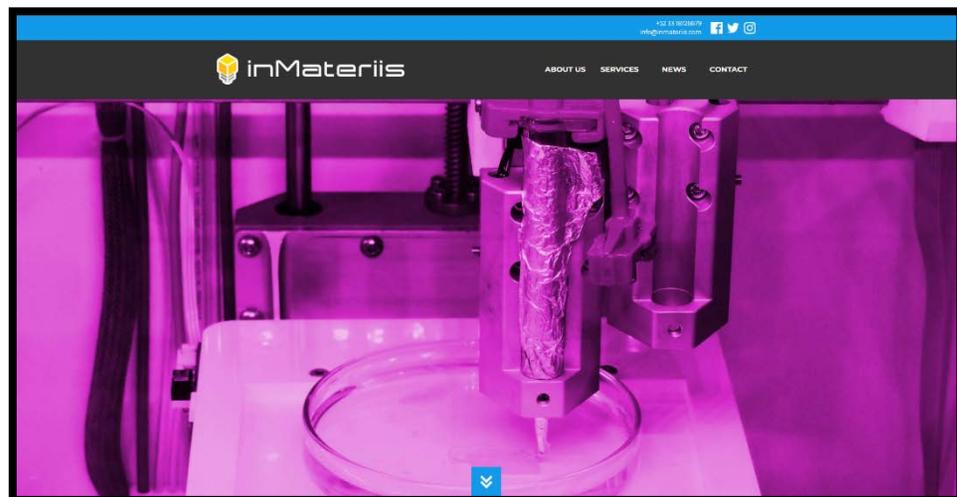
Infortunadamente, por el tipo de tecnologías empleadas en el diseño y manufactura de instrumental quirúrgico protésico avanzado, es complicado fabricarlas en nuestro país. Cuestiones como el tipo de cambio en las divisas, los cargos arancelarios impuestos a este tipo de máquinas, la relativa poca capacitación y poco nivel técnico de conocimiento por parte del capital humano que radica localmente, la infraestructura energética, el costo de traslado, la falta de proveedores de materia prima y maquinaria local, el mismo precio de la maquinaria y el costo de mantenimiento de esta y, hasta el desconocimiento social en la investigación y divulgación de este tipo de proyectos limita la exploración y el I+D de posibles soluciones a la salud pública y privada de nuestro país.

Por estas causas, actualmente dentro del país existen muy pocas empresas, organizaciones o compañías que presten los servicios de diseño y manufactura de prótesis quirúrgicas avanzadas o como coloquialmente se les conoce, hechas a medida, basadas en tecnologías de impresión 3D. La actividad más relacionada a este

tipo de aplicaciones dentro del país es el diseño e impresión 3D de piezas o prótesis dentales.

En otro ejemplo, en la ciudad de Guadalajara, Jalisco en México, existe *inMateriis*, un laboratorio de innovación tecnológica donde se lleva a cabo principalmente investigación relacionada con la obtención de nuevos materiales que puedan ser aplicados al proceso de manufactura aditiva en donde también dan asesoría y consultoría sobre los procesos de la impresión 3D, promueven la ciencia y la tecnología al público en general y buscan generar nuevas compañías impulsando la creación independiente y propiedad intelectual (inMateriis, 2018).

Figura 15. Sitio web inMateriis



Fuente: inmateriis.com, (2018).

Por el contrario, en *inMateriis* no ofrecen el servicio tal cual del diseño y manufactura de implantes quirúrgicos avanzados solicitados por un médico durante la planeación preoperatoria de un paciente para poder atender las necesidades de este.

Cuando se desea, por lo tanto, obtener un implante con las características de uno fabricado a medida, la solución es recurrir a organizaciones como el Instituto Tecnológico de Canarias en España, donde desarrollan este tipo de proyectos y donde la elaboración de una pieza de este tipo, dependiendo de sus características geométricas y mecánicas puede llegar a valer hasta €10,000.00, donde por motivos como la exportación, transportación, etc., la pieza podría ver duplicado el valor para el cliente al momento de traerlo al país.

4.2. Proceso de Investigación

Para realizar el proceso de investigación para el presente tema de tesis, el primer paso realizado fue identificar la necesidad primaria, que, en este caso, es el diseño y fabricación de instrumental quirúrgico protésico avanzado dentro del país. En este caso, la búsqueda realizada por internet no arrojó datos positivos ya que las empresas localizadas en territorio mexicano dedicadas a la manufactura de este tipo de objetos, siguen recurriendo a técnicas tradicionales como el mecanizado por tornos y fresadoras lo que limita la elaboración de implantes complejos y congruentes con la anatomía del usuario, por otra parte también se ven limitados porque la mayoría de los productores no cumple con las normas mínimas de calidad para producir estos productos.

Posteriormente, al no encontrar solución viable dentro del país, se procedió a investigar a nivel internacional qué organización podría dar solución a la necesidad previamente planteada de generar implantes quirúrgicos a medida, por lo cual después

de meses de búsqueda, a través del portal de prensa del Instituto Tecnológico de Canarias fue encontrada la publicación *El ITC desarrolla la primera prótesis torácica personalizada y flexible que se implanta en el mundo*, donde se muestra, que han desarrollado una prótesis torácica de titanio personalizada y flexible impresa en tecnología 3D, que se adapta a los movimientos respiratorios del paciente. Dicha prótesis fue desarrollada por el departamento de ingeniería biomédica del ITC replicando exactamente las costillas sustituidas del paciente, (Instituto Tecnológico de Canarias, 2011).

A partir del hallazgo de esta publicación y siguiendo la metodología del proceso cualitativo de Sampieri en el cual, se busca estar en contacto con expertos relacionados al tema a investigar con la finalidad de que compartan su experiencia, ya que esto permite recolectar información y ponerla en contraste con la literatura existente para poder así poder analizar la información y sacar conclusiones se decide buscar a una de las personas participantes en el proyecto del diseño y fabricación de la caja torácica a medida utilizando tecnologías de impresión 3D, en este caso en titanio en polvo del ITC.

Por dicha circunstancia, motivo se mantuvo contacto y se realizaron una serie de entrevistas con Donato Monopoli Forleo, ingeniero mecánico del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), en Gran Canaria, España; quien es uno de los expertos, líderes, participantes y responsables del Departamento de Ingeniería Biomédica del ITC donde se llevó a cabo el proyecto anteriormente mencionado.

Figura 16. Donato Monopoli.



Fuente: YouTube (2015).

Desde el año 2011, se han llevado a cabo proyectos en este departamento relacionados con el diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado, como lo exponen en la publicación de una nota donde muestran la fabricación de las primeras prótesis a medida para reconstrucciones óseas faciales (Instituto Tecnológico de Canarias, 2012).

La figura 17 muestra un modelo diseñado por computadora (CAD) y su respectivo *render*, en el cual, de manera digital, se pretende simular el resultado final del proyecto dando las características de los materiales reales, en este caso titanio impreso en 3D, empleados en la manufactura de esta prótesis ósea facial en el proyecto de reconstrucción facial, llevado a cabo en el Instituto Tecnológico de Canarias en España.

Figura 17. Prototipo, prótesis a medida para reconstrucción facial ósea



Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias (2015).

La figura 18 muestra otras prótesis e implantes impresas en 3D mediante el uso de polvo de titanio y tecnología EBM en el mismo Instituto Tecnológico de Canarias en España

Figura 18. Prótesis a medida



Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias (2015).

4.3. Resultados

El objetivo fundamental de esta investigación consistió en proponer un modelo de gestión para poder crear un centro de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3D, a partir del desarrollo de un plan tecnológico, un modelo de gestión y un modelo de negocios partiendo del análisis de los procesos diseño y manufactura 3D para este tipo de implantes, prótesis y dispositivos médicos. Para dar respuesta a este objetivo se hizo uso de la entrevista directa como herramienta metodológica para ser aplicada a expertos en el área.

De la misma manera, se generó un proceso de investigación de *benchmarking* de las tecnologías existentes referentes a la impresión 3D, que nos permitieran obtener los resultados deseados al momento de diseñar y fabricar una prótesis quirúrgica avanzada, cumpliendo los requisitos de calidad con respecto a las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) y las normas de la Organización Internacional de Estandarización conocido como *ISO*, por sus siglas en inglés. Cabe señalar que la información obtenida a través del benchmarking también fue contrastada con la opinión del experto en el tema.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, presentando el análisis de la información en un orden que de tal manera se mantenga congruente con el marco teórico y el propósito del objetivo de la investigación.

4.4. Propuesta de Solución.

4.4.1. Plan Tecnológico

El docente de la ITAM, Everest Barjau (Barjau, 2006), describe al plan tecnológico como un ejercicio reflexivo donde se describe la forma en la que se entiende el entorno del negocio y de las tecnologías relacionadas a este, las áreas de oportunidad para desarrollar fortalezas a partir de las capacidades tecnológicas y la forma en la que estas se transforman en ventajas competitivas considerando los recursos, su origen y la organización de estos para lograr objetivos tecnológicos en el corto y el largo plazo.

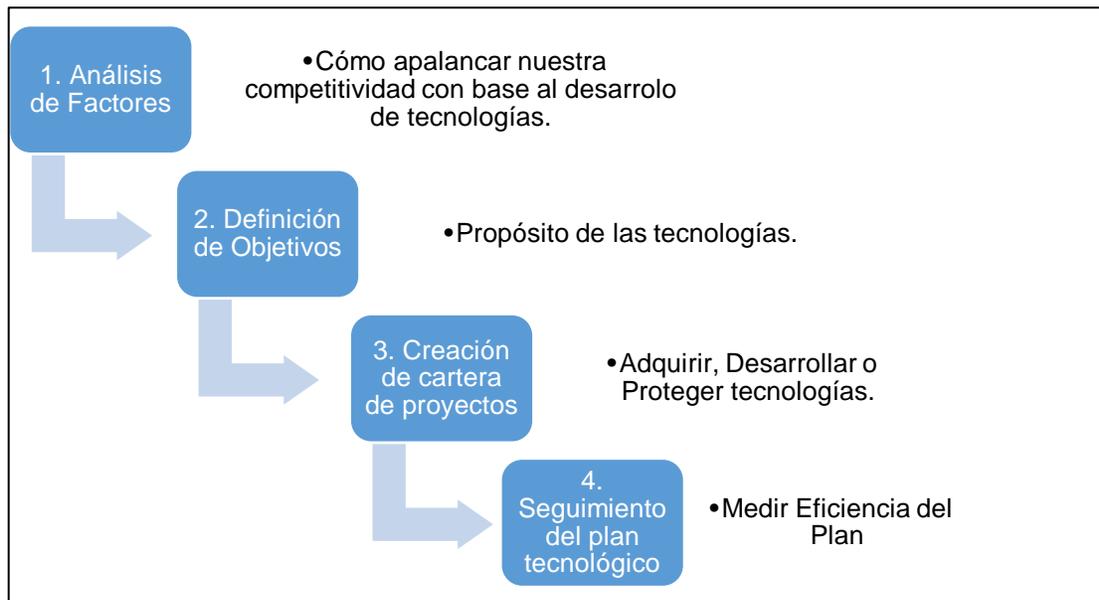
Dentro de esta descripción menciona que los dos puntos claves de la planeación tecnológica son identificar los objetivos tecnológicos que son los que permiten a las organizaciones definir cómo apalancar sus estrategias con base a sus capacidades tecnológicas y, por otra parte, mediante el uso de metodologías de análisis y evaluación, organizar los recursos para alcanzar los objetivos tecnológicos. Este segundo punto, debe generar como resultado una cartera de proyectos tecnológicos los cuales, al ser instrumentados, permitirán alcanzar los objetivos tecnológicos y del negocio previamente planteados.

La importancia de la planeación tecnológica radica en que la previa focalización de los objetivos a alcanzar y las tecnologías claves para esto pueden ayudar a las organizaciones de diferente forma, generando ventajas competitivas y creando valor a partir de la diferenciación de la oferta en un mercado en particular o se pueden

generar ventajas competitivas en la capacidad interna de la organización, como la productividad, que deriva en una mayor rentabilidad.

Para poder lograr esto, Barjau propone una metodología de cuatro pasos los cuales son:

Figura 19. Proceso del plan tecnológico



Fuente: Elaboración propia a partir de Sampieri (2006).

Análisis de Factores

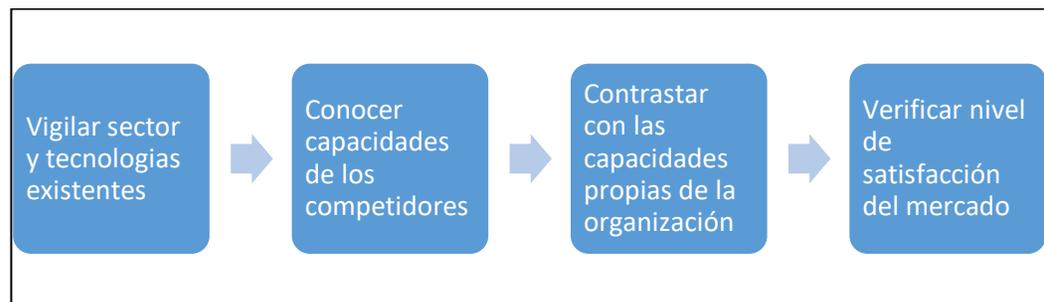
Ésta primera etapa del plan tecnológico consta en analizar el entorno y cómo las organizaciones, competidoras y nosotros mismo podemos apalancar nuestra competitividad con base al desarrollo de tecnología. Los resultados son explícitos del proceso de vigilar la información externa del sector y/o mercado, y de la información interna de las capacidades de la organización.

La información útil para evaluar los criterios a tomar para lograr una adecuada planeación tecnológica son conocer el estado de la técnica de las tecnologías existentes en el sector son determinantes para conocer la eficiencia y eficacia de las estrategias y la competitividad de las organizaciones, conocer el estado de la técnica de otras tecnologías complementarias del sector que permiten el llevar a cabo las tecnologías del nuestro y finalmente, conocer el sector de clientes que ayuden a entender cómo las tecnologías fortalecen la competitividad.

Para instrumentar esta etapa del proceso, es necesario establecer grupos de variables externas como, por ejemplo, expectativas de los clientes, tendencias del mercado, características del sector, relevancia de otros sectores y a su vez, establecer variables internas como características de productos y servicios ofrecidos por nuestra organización, los procesos de producción, las capacidades de desarrollo y protección y la estructura organizacional.

La finalidad de todo este proceso es conocer si nuestras tecnologías o las de los competidores satisfacen las necesidades del mercado.

Figura 20. Proceso de análisis de factores



Fuente: Elaboración propia a partir de Barjau, (2006).

Planeación tecnológica

Para el desarrollo de los dispositivos planteados en este proyecto de investigación, la tecnología necesaria fundamental radica en tres aspectos fundamentales.

El primero, está enfocado en equipos de cómputo que permitan al capital humano del centro el diseño 3D y análisis digital de los implantes sin ningún contratiempo, para esto, la tabla número 3, muestra las características y especificaciones mínimas necesarias del equipo de cómputo para poder cumplir con este proceso.

Tabla 3.

Características de equipo de cómputo

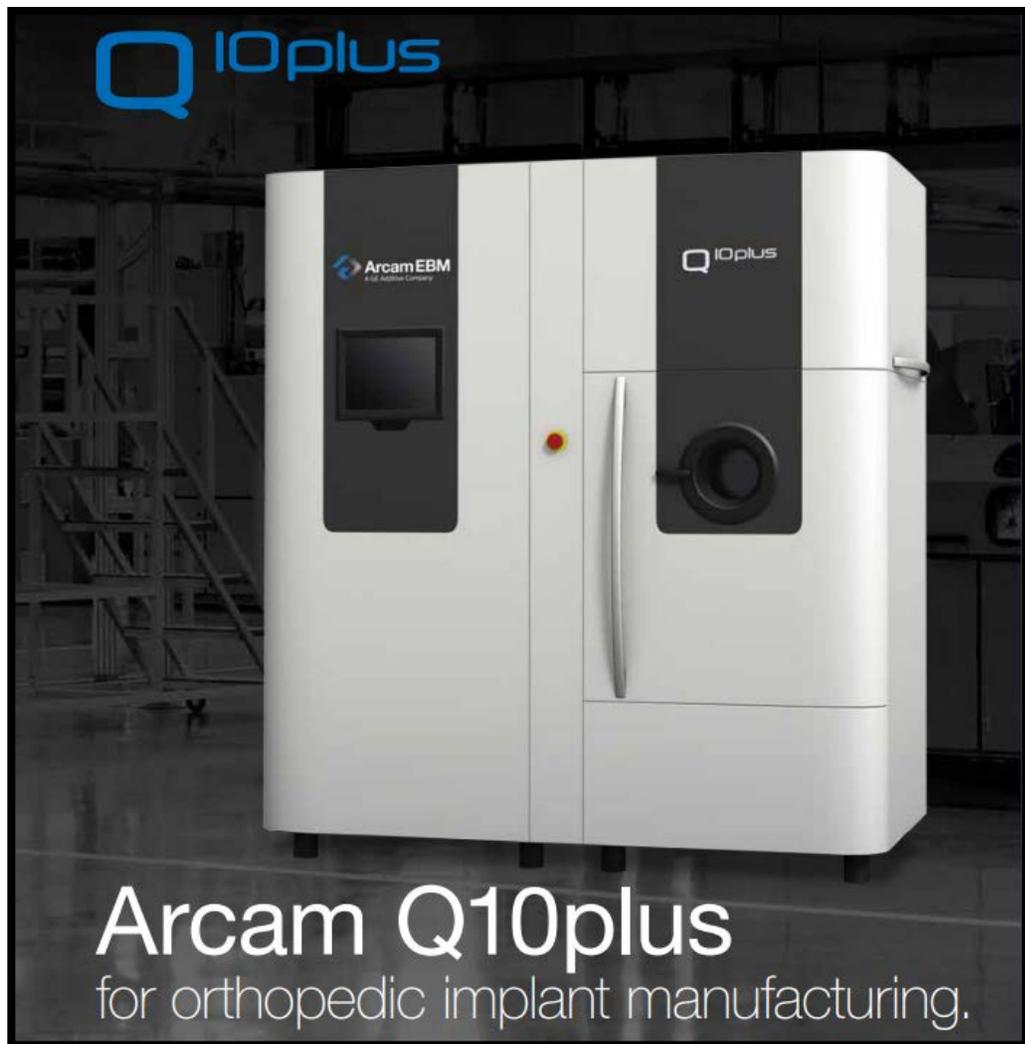
Procesador	
	Procesador Intel® Xeon® E5-2603 v4 (6 C; 1,7 GHz; 1866 MHz, 15 MB, 85 W) o posterior
Memoria RAM	
	16GB (4x4GB) 2400MHz DDR4 RDIMM ECC o posterior
Tarjeta de video	
	NVIDIA® QUADRO® K620 2GB o posterior

Fuente: Elaboración propia

El segundo se enfoca a la manufactura de las prótesis y la validación de estas mediante un modelo anatómico del paciente, para esto es necesaria una impresora 3D de tecnología *Electronic Beam Melting*, o de soldadura por haz electrónico ya que estas permiten la fusión del polvo de titanio, material con el cual estarán impresas las

piezas. En este caso en específico, se propone adquirir la impresora marca *Arcam*® *Q10 Plus*®, la cual, por sus características y calidad, se adapta perfectamente a la fabricación de implantes quirúrgicos.

Figura 21. Impresora EMB Arcam® Q10 Plus®

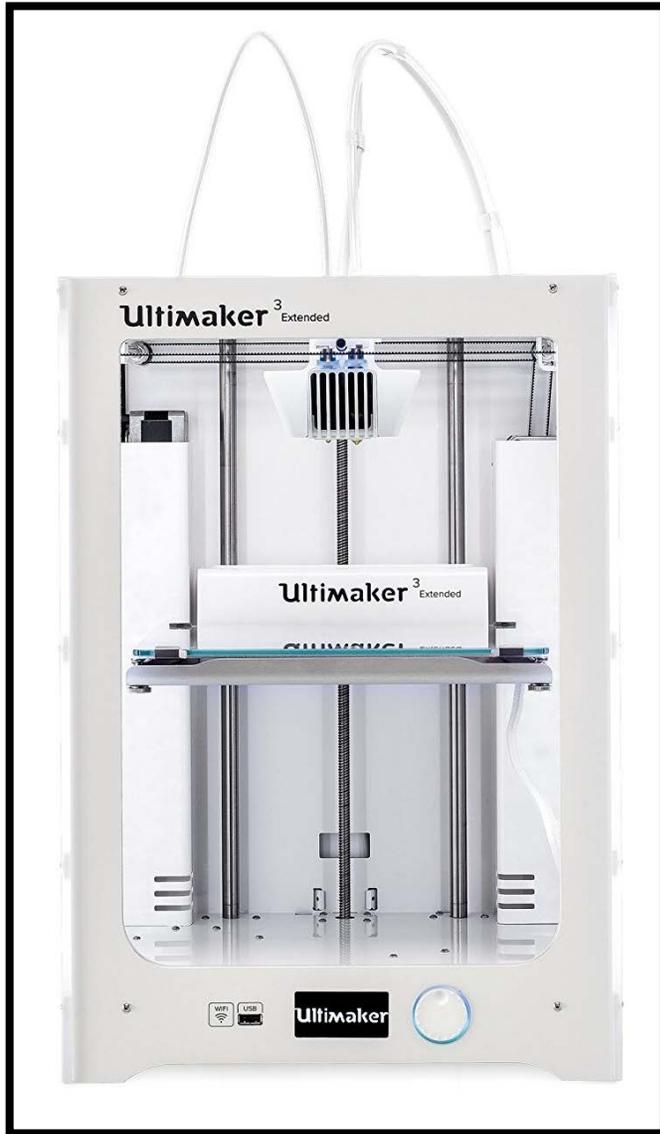


Fuente: Arcam® by GE®

El segundo tipo de impresora que se plantea utilizar para la fabricación de los modelos anatómicos del paciente, es una extrusora de polímero PLA. De la misma

manera, en este caso en específico se propone adquirir una impresora *Ultimaker 3® Extended* por la velocidad de impresión, resolución y área de trabajo además de ser una impresora que cuenta con servicio técnico y mantenimiento de manera local, en la ciudad de Querétaro.

Figura 22. Impresora 3D Ultimaker® 3 Extended

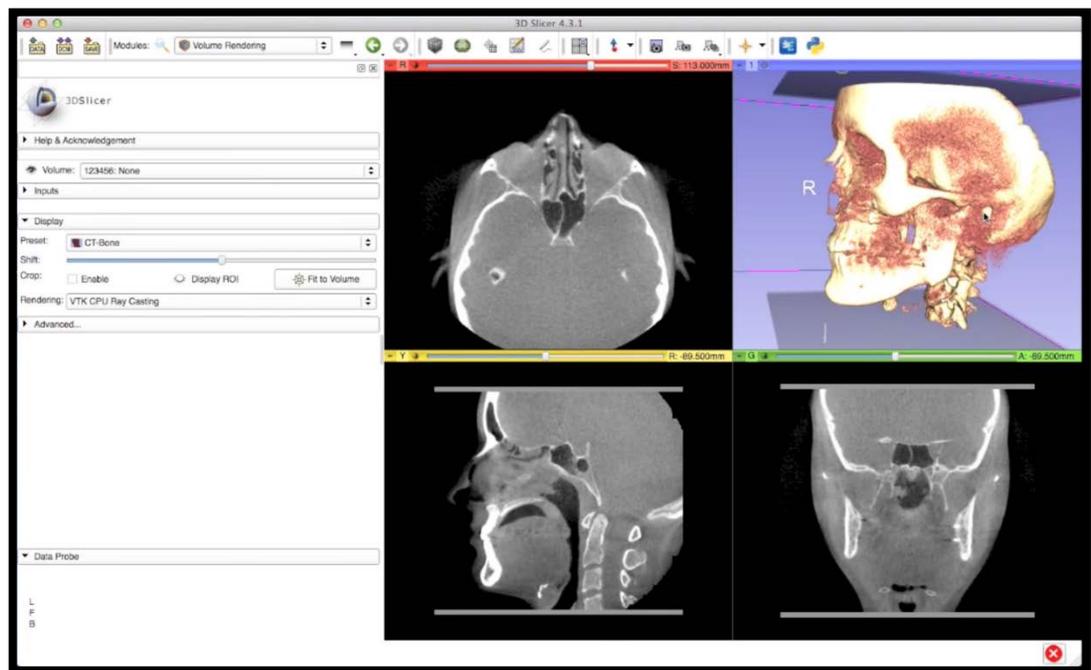


Fuente: [Amazón.com](https://www.amazon.com)

El tercer aspecto tecnológico fundamental de la organización se centra en el software para obtener un biomodelo preciso digital del paciente, el diseño CAD de los implantes y la generación de ficheros para su exportación a formato STL y su posterior impresión.

La obtención de los biomodelos 3D del paciente, se realizará mediante la digitalización de tomografías utilizando el software *3DSlicer*, que es una plataforma de código abierto para procesamiento de imágenes médicas y su visualización tridimensional.

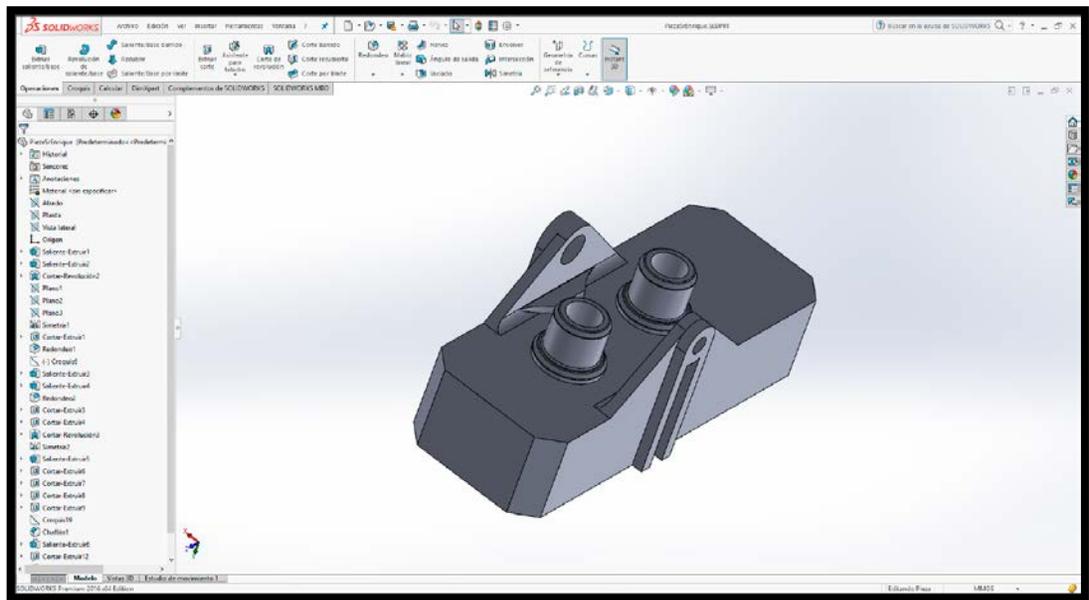
Figura 23. Software de código abierto 3DSlicer



Fuente: YouTube, (2018).

Para el diseño de las prótesis, se contempla la adquisición de una licencia del Software Solidworks® de la empresa Dassault Systemes®, esto, debido a que es uno de programas más utilizados en el medio local para la generación de diseños y piezas en 3D, con la garantía de que su manufactura será la óptima con relación a las dimensiones y las tolerancias geométricas del diseño.

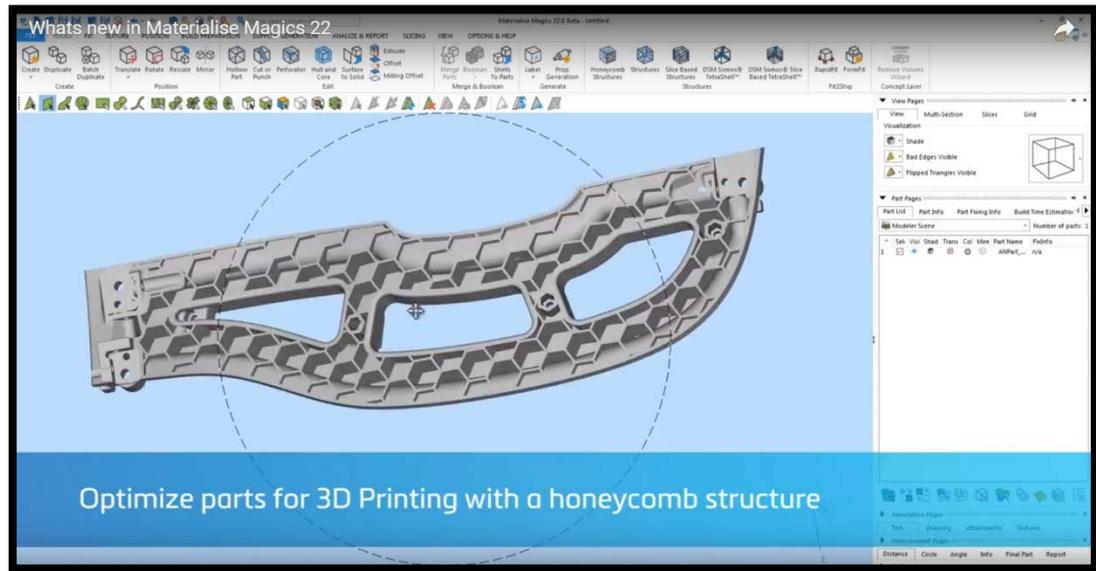
Figura 24. Software Solidworks



Fuente: Elaboración propia.

Por último, la generación de ficheros STL del diseño será mediante la *suite* del software *Magics*® de la empresa *Materialise*®, ya que este, es especializado para la generación de archivos STL para aplicaciones en salud, además de ser compatible con la impresora Q10 plus y le permite optimizar el uso del material durante el proceso de impresión.

Figura 25. Software Materialise Magics®



Fuente: YouTube (2018).

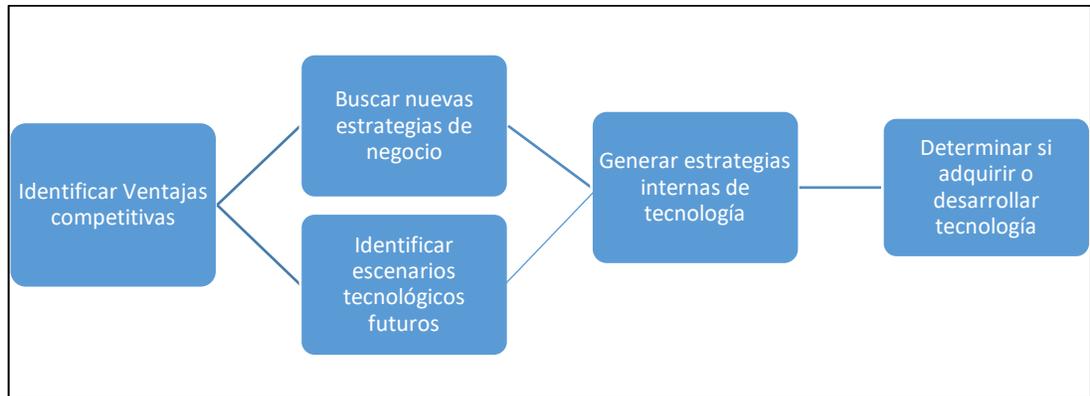
Definición de Objetivos

Para esta parte del proceso de la planeación tecnológica, es básico definir el propósito del plan de tecnologías y definir la cartera de tecnologías que explican mejor las ventajas competitivas de nuestra organización. Es de vital importancia contrastar con el sector y determinar y sostener cuáles son las ventajas que poseemos y que ningún competidor puede igualar que, a su vez, nos permita buscar nuevas estrategias de negocio, identificar escenarios tecnológicos futuros y generar las estrategias tecnológicas para lograrlo.

Estas estrategias pueden ser el desarrollo interno de tecnologías, el desarrollo conjunto de tecnologías con terceros o la adquisición de tecnologías exclusivas mediante terceros.

En este punto es crítico distinguir si es mejor adquirir o desarrollar tecnología.

Figura 26. Proceso de definición de objetivos



Fuente: Elaboración propia a partir de Barjau, (2006).

Propósito básico

Como se mencionó anteriormente, el propósito fundamental de la creación del centro de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3D es la elaboración de este tipo de elementos mediante el trabajo conjunto, a través de la generación de un proceso de planeación pre operatoria para el diseño del dispositivo, sustentados en los requerimientos determinados por el especialista médico que lleve el historial clínico del paciente, permitiendo, sanear las afecciones de este y la reintegración a su vida ordinaria en menor tiempo.

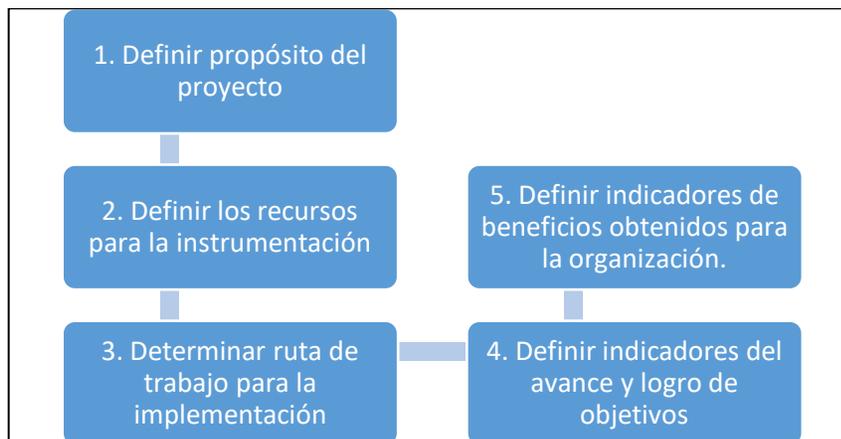
Creación de cartera de proyectos

Esta etapa consta de concretar las estrategias y tácticas específicas y organizar los recursos para lograr los escenarios planteados. En este caso, la cartera de negocios puede ser simultáneamente adquirir tecnologías, desarrollar tecnologías, desarrollar

infraestructura para desarrollar tecnologías, buscar recursos financieros, formar capacidades en el personal asociado al desarrollo de tecnologías o bien, modificar procesos.

Dependiendo de cada tipo de proyecto tecnológico es importante que primero, se defina el propósito de este y los recursos para instrumentarlo ya sean, económicos, humanos, tecnológicos, de infraestructura, intelectuales u otros equivalentes. Posteriormente es importante generar una ruta crítica para instrumentar el proyecto y determinar los indicadores de cómo se medirá el avance y logro de los objetivos del proyecto y de los benéficos que este genera para la organización.

Figura 27. Creación de cartera de proyectos.



Fuente: Elaboración propia a partir de Barjau, (2006).

Seguimiento del plan tecnológico

Como última etapa del plan tecnológico, se enfoca en seleccionar indicadores relevantes, que nos ayuden a tomar mejores decisiones sobre el camino que se ha

decidido tomar con relación al desarrollo de capacidades de tecnología y el negocio como criterios estratégicos, financieros, operativos y tecnológicos. De la misma manera que en las etapas anteriores, es importante incluir comparaciones con los competidores.

Estrategias

A continuación, plantean una serie estrategias dentro de la gestión del centro de diseño,

Generar una alianza estratégica con la Universidad Autónoma de Querétaro para que nos permita operar dentro de sus instalaciones, esto con la finalidad de reducir en los costos fijos de operación como son en luz, agua, electricidad, internet y que a la institución educativa le permita desarrollar investigación y generar profesionistas especializados en el área del diseño y desarrollo de instrumental quirúrgico protésico avanzado.

Generar una alianza estratégica con el Instituto Politécnico de Canarias, en España que permita la colaboración actualización del personal referentes al estudio e investigación del desarrollo de este tipo de implantes. Buscar becas académicas en el extranjero para la mejor preparación de capital humano.

Generar programas de investigación con universidades públicas y privadas que permitan el desarrollo de nuevos materiales para la aplicación de bioimpresión en 3D que posibiliten la reducción de costos en materia prima y los costos de importación de esta.

Diseñar una campaña de promoción los productos y servicios del centro promoviendo la responsabilidad social de la organización y el impacto positivo que genera, a fin de lograr mayor posicionamiento en el mercado local y nacional.

Dejando a un lado el área sanitaria, ofertar los servicios de impresión EBM 3D a empresas del sector aeronáutico y automotriz de la localidad.

4.4.2. Componentes del Sistema

Como se mencionó anteriormente, el proyecto de la creación de un centro de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3d no está enfocado al cien por ciento al área sanitaria, cabe recalcar que los tipos de servicios que este pretende ofertar, si lo están, por lo que es importante considerar los enfoques específicos que estos requieren.

En el texto *Modelos de gestión en Salud* de Federico Tobar (Tobar, 2002), se proponen tres elementos primordiales que una empresa del giro sanitario o de salud debe abarcar que son el *modelo de gestión*, *el modelo de financiación* y *el modelo de atención*.

Modelo de Gestión

Este se considera como la dimensión política del sistema y se centra en definir las prioridades relacionadas al servicio, la estructura y la toma de decisiones de la organización, así como también los valores que guían esta, es decir, el ser; donde van

implícitos la misión, visión y objetivo, su hacer; donde se establecen las prioridades, funciones y actividades a realizar, y el estar; que se relaciona con los aspectos culturales, la estructura y el ambiente de la entidad.

Modelo de Financiación

Tobar explica que en este modelo se deben plantear las preguntas básicas ¿cuánto se debe gastar en salud?, ¿qué nivel de gasto es adecuado en cada país?, ¿cómo asignar los recursos y de dónde deben provenir los estos?; donde plantea que, en mucho, esto depende del rol del estado.

Datos de la OCDE al 2014 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2018) exponen que México solo gasta el 6.2% de su producto interno bruto en salud por debajo del 9.3% que esta organización sugiere como la media del gasto en este sector y donde por ejemplo países como EE.UU., Holanda y Francia destinan el 16.9%, 11.8% y 11.6% del PIB respectivamente. Como resultado de esto, Tobar sugiere que la tendencia por cobro directo a los usuarios ha ganado terreno.

Para este proyecto, el modo de financiación planteado es a través de un esquema de triple hélice donde se busca obtener fondos para el establecimiento del centro por parte del gobierno, las universidades y empresas privadas a través de la presentación del proyecto y los beneficios que este aporta a la sociedad.

Modelo de Atención

Se trata de la dimensión técnica más específica del sector, la forma en que debe de ser dividido y organizado el trabajo para dar respuesta a las necesidades de la población. ¿Cómo prestar atención?, definir qué prestadores deben de ser responsables de los servicios y ¿dónde prestar atención? son preguntas básicas a atender en esta parte del modelo.

Para el caso particular del centro de diseño propuesto, el modelo de atención a seguir parte del concepto de que el especialista médico, sea quien solicite los servicios de diseño y manufactura de los implantes, por lo que el usuario final o el paciente no tiene interacción directa con las personas que laboran dentro del centro.

La figura número 28, muestra de manera gráfica la metodología de trabajo y servicio para realizar los implantes a medida del centro de diseño.

La descripción del proceso es la siguiente: a partir del caso clínico de un paciente que necesite de un implante a medida, el médico realiza una la evaluación y determina cuáles son los requerimientos de este.

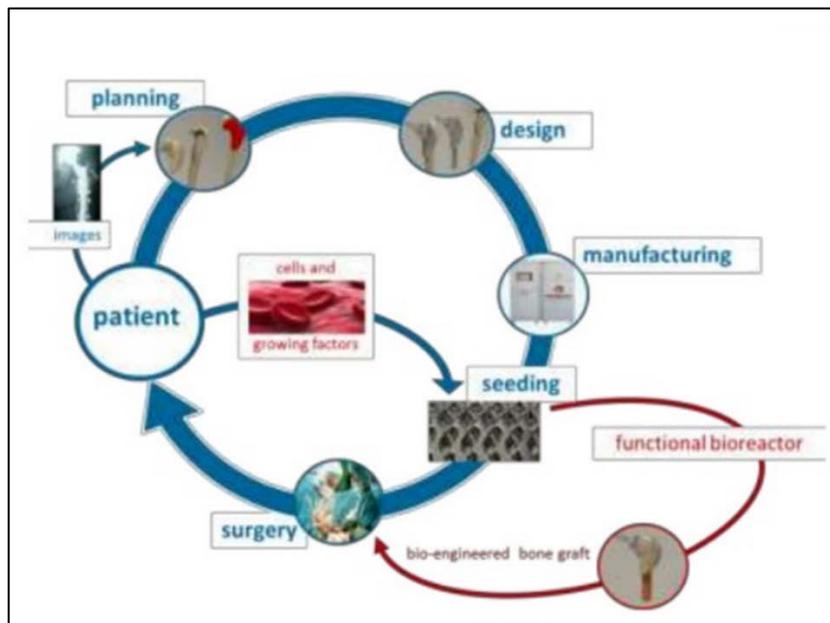
Posteriormente el paciente es sometido a una serie de tomografías que permitan capturar de manera digital el área afectada para así realizar el proceso de planeación pre operatoria que permite conocer las características del herramental necesario y la geometría del o los implantes.

A partir de las imágenes tomográficas, se realiza un biomodelo digital de la zona afectada del paciente y se procede a realizar las propuestas de diseño por computadora del implante.

Se generan los archivos STL necesarios para la fabricación y los implantes requeridos son manufacturados mediante tecnología EBM en polvo de titanio. Fabricados los implantes, se validan mediante pruebas ergonómicas, antropométricas y mecánicas mediante un biomodelo de plástico impreso en 3D de plástico PLA que replica con exactitud las características de la zona afectada del paciente. En caso de ser necesario, el implante es rediseñado para mejorarlo hasta presentar las mejoras que el especialista médico considere necesario.

Finalmente, el paciente es sometido al procedimiento quirúrgico donde se implantarán los implantes diseñados.

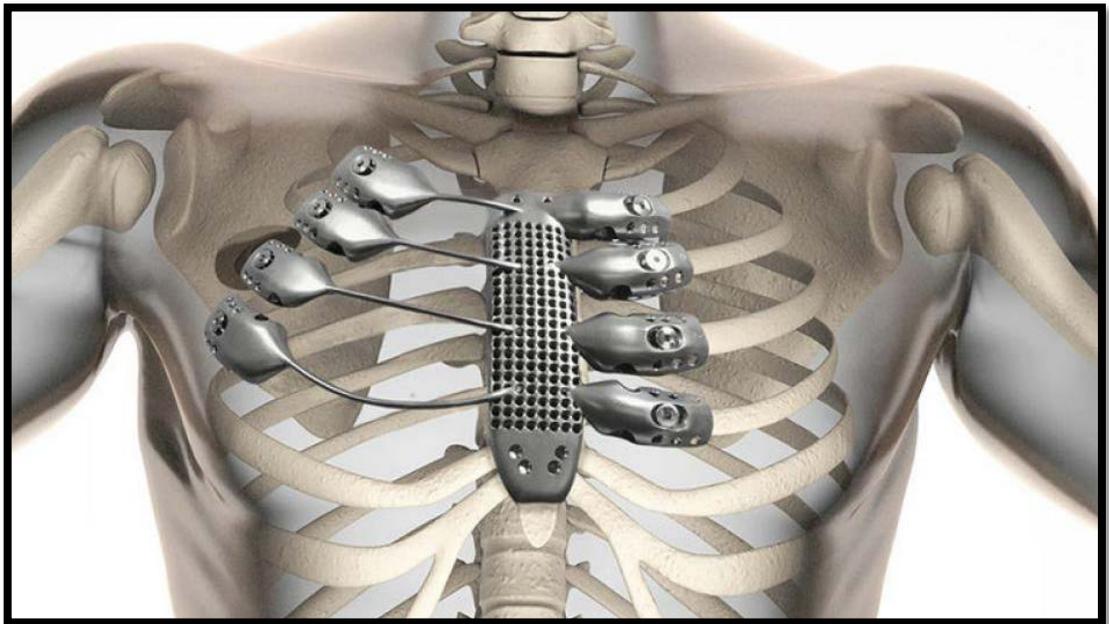
Figura 28. Proceso de diseño del implante



Fuente: Departamento de Bioingeniería, Instituto Tecnológico de Canarias, (2011).

La figura 29 muestra de manera más gráfica el tipo de proyectos y de resultados que se buscan obtener en el centro de diseño de implantes quirúrgicos protésicos avanzados basados en tecnología de impresión 3D.

Figura 29. Simulación de implante quirúrgico de prótesis impresa en tecnología 3D



Fuente: [www. Soy505.com/articulo/implante-pionero-costillas-metalicas-impresas-3d](http://www.Soy505.com/articulo/implante-pionero-costillas-metalicas-impresas-3d)

4.4.3. Modelo de Negocio

Osterwalder y Pigneur (2011), definen como modelo de negocios a la descripción de las bases a partir de las cuales una empresa crea, proporciona y capta valor.

Dichos autores, plantean que la mejor manera de describir un plan de negocios es dividirlo en nueve módulos que cubren cuatro áreas principales de un negocio: clientes, oferta, infraestructura y viabilidad económica y que a su vez representan la forma de operar de la empresa y la manera en que esta recibe ingresos.

Los módulos propuestos son los que se muestran a continuación en la figura número 30.

Figura 30. Módulos del plan de negocio.



Fuente: Elaboración propia a partir de Osterwalder (2011).

Para el presente trabajo de investigación se plantea el siguiente modelo de negocios.

Segmento de mercado

El modelo de Negocios de Osterwalder (2011), nos dice que el segmento de mercado se define como los diferentes grupos de personas o entidades a los que se dirige una empresa, ya que esta, no sobrevivirá mucho tiempo si no tiene clientes a los cuales satisfacer sus necesidades y aportar valor en el portafolio de servicios y productos ofrecidos y están dispuestos a pagar por estos.

En el caso de nuestro Centro de Diseño, el mercado inicial está enfocado a un nicho específico como lo es el sector sanitario, sector salud, dirigido principalmente a especialistas relacionados con el diseño y desarrollo de prótesis quirúrgicas avanzadas como el Instituto Nacional de Rehabilitación o el Instituto Nacional de Cancerología y hospitales públicos y privados del país.

Otro nicho de mercado al cual se pretende abordar atacar es a instituciones educativas como universidades que estén interesadas en desarrollar investigación relacionada a este tipo de tópicos pertenecientes al área de la ingeniería biomédica.

Conforme el proyecto vaya madurando, el segmento tenderá a enfocarse a un mercado de masas, logrando esto a través de la difusión de los proyectos llevados a cabo en el centro.

Propuesta de valor

Este es un punto medular del proyecto de investigación ya que, a palabras de Osterwalder, la propuesta de valor es el factor fundamental por el cual los clientes se

decantarían a favor del uso de nuestros servicios, en el caso específico de este proyecto, por las ventajas que estudios demuestran en la recuperación de los pacientes.

Como tal, la propuesta de valor que ofrece nuestro centro de diseño, es el diseño de implantes a medida del paciente, según sus características ergonómicas, mecánicas, antropomorfas y antropométricas, lo cual vería reflejada en menores daños sufridos durante el procedimiento quirúrgico, la reducción en tiempos y de recuperación del paciente y en la reducción de riesgos de rechazo de los implantes.

Otra de las propuestas de valor del centro de diseño es la puesta en el mercado nacional de este tipo de servicio y dispositivos ya que para recurrir a este tipo de tecnologías generalmente se debe recurrir a organizaciones en el extranjero.

Figura 31. *Prótesis quirúrgica avanzada, diseñada a medida*



Fuente: Arcam (2018).

Canales

Estos, establecen el contacto de la empresa y los clientes permitiendo dar a conocer los productos y servicios ofrecidos, ofrecen la posibilidad de evaluar la propuesta de valor, así como compararla con otras y finalmente, ofrece a los clientes un servicio de atención posventa.

Para el caso del centro de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado basado en tecnología de impresión 3D los canales serían por medio de un sitio web que muestre a especialistas y público en general los servicios ofertados.

Por otra parte, se pretende asistir a congresos académicos y de investigación para presentar de la misma manera el proyecto planteado.

Otra de las instancias, es presentar los servicios personalmente a hospitales y organizaciones académicas.

Relaciones con los clientes

Se plantea que la relación con los clientes sea mediante asistencia personal, donde el cliente puede comunicarse directamente con el representante real del servicio mediante citas, llamadas telefónicas, correos electrónicos, etcétera. Cabe destacar que, en este punto, el cliente es el médico o especialista que lleva el caso clínico del paciente, no el paciente en sí.

Fuentes de Ingresos

Mediante una alianza estratégica con aseguradoras y hospitales, la fuente de ingresos para este proyecto está basada en la venta de activos y los derechos de propiedad sobre los productos ofertados, resaltando que los diseños de las prótesis quirúrgicas avanzadas son únicos por sí mismos, al ser originados a partir de un biomodelo digital tridimensional congruente con la antropometría y morfología de cada paciente.

Otro concepto que se tiene en mente para generar ingresos es el fondeo por parte de gobierno e instituciones educativas, el primero mediante el desarrollo de campañas de salud que permitan acercar nuestros servicios de manera masiva, el segundo de manera que permita realizar a universidades el uso de nuestras instalaciones para el desarrollo de sus investigaciones.

Por otra parte, otra opción es el generar contratos de arrendamiento de bajo costo con aseguradoras.

Recursos Clave

Para el centro de diseño de instrumental quirúrgico protésico avanzado, basado en tecnologías de impresión 3D dentro de los segmentos de los recursos claves se tendría primeramente los recursos físicos, donde entraría la maquinaria como las impresoras 3D de tecnología EMB y extrusión de polímeros como la *Light BM* de *Arcam*® y las *Ultimaker*®, el equipo de cómputo y la materia prima para la fabricación de los dispositivos. En los recursos intelectuales entrarían el software de diseño 3D como *Creo* o *Solidworks*® y, el software para exportar los archivos a formato STL como

Magic®, además de los mismos diseños CAD CAM de las piezas. Por otra parte, generación de patentes también sería parte de los recursos intelectuales. En el caso de los recursos humanos, entrarían implícitos los diseñadores industriales y mecánicos, así como los bioingenieros que participen en el desarrollo de los implantes.

Actividades Clave

Las actividades claves identificadas en el proceso de diseño de los implantes quirúrgicos especializados son, el diseño personalizado o a medida, del implante, tomando siempre como referencia las características del paciente a partir de las especificaciones del médico a cargo del caso clínico. La generación de protección intelectual de diseños y piezas, la planeación pre operatoria para la conceptualización del implante, el mismo proceso de producción de las piezas mediante EBM. Las certificaciones de calidad y cumplimiento de NOMs e ISOs y finalmente el trabajo en plataforma de Red.

La tabla número cuatro, muestra una un listado de normas internacionales y nacionales que el centro de diseño debe cumplir para que las piezas diseñadas en él, sean funcionales a los pacientes

Tabla 4.

Listado de normas a cumplir por parte del centro de diseño

Normas	Descripción
ISO 13485	Gestión de la calidad de Equipos médicos
ISO 10993	Evaluación biológica de dispositivos médicos
NOM-153-SSA1-1996	Especificaciones sanitarias de los implantes metálicos de acero inoxidable para cirugía ósea

Fuente: Elaboración propia

Asociaciones Clave

Las asociaciones clave que se buscan para el centro son, alianzas estratégicas con el Instituto Tecnológico de Canarias en España, quien nos podría compartir conocimiento y experiencia propia en el desarrollo de prótesis quirúrgicas avanzadas, organizaciones como Instituto Nacional de Rehabilitación o el Instituto Nacional de Cancerología, quienes podrían estar muy interesados en la adquisición de nuestros servicios. Por otra parte, alianzas con aseguradoras, hospitales, organizaciones educativas, centros de Investigación, etc. que nos permitan generar ingresos a partir del uso de nuestros servicios o instalaciones.

Estructura de Costes

Para la estructura de costes, se parte de la razón $Ganancia = ingreso - Costo$ en donde los costos fijos son los que se mantienen constantes sin importar la producción que

tenga la organización, y los costos variables de producción varían con relación a la demanda de dispositivos y servicio que se tenga.

De las tablas 5 a la 11, se muestra el desglose detallado de los costos identificados para la función de centro de diseño de implantes quirúrgicos avanzados basados en tecnología de impresión 3D en el periodo de un año calendario.

Tabla 5.

Costo de Maquinaria y Equipo

Concepto	Cantidad	Valor en M.N..	Total
Impresora Q10 Plus	1	\$9,117,750.00	\$9,117,750.00
Impresora Ultimaker	2	\$92,550.00	\$185,100.00
Equipo de Cómputo proceso 3D	2	\$38,500.00	\$77,000.00
Equipo de Cómputo Administrativo	2	\$12,000.00	\$24,000.00
Total			\$9,403,850.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.

Costo de licencias de software

Concepto	Cantidad	Valor en M.N..	Total
Solidworks	2	\$3,700.00	\$7,400.00
Magics	2	\$370.00	\$740.00
3DSlicer	2	\$0.00	\$0.00
Paquetería Office	4	\$1,910.00	\$7,640.00
Total			\$15,780.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.

Equipo de oficina

Concepto	Cantidad	Valor en M.N..	Total
Escritorios	4	\$1,500.00	\$6,000.00
Sillas	8	\$300.00	\$2,400.00
Libreros	2	\$2,500.00	\$5,000.00
Mesas de trabajo	1	\$4,000.00	\$4,000.00
Total			\$17,400.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.

Gastos de constitución y operación de la organización.

Concepto			Total
Licencia ecológica			\$30,000.00
Licencia sanitaria			\$2,000.00
Alta en Hacienda			\$4,000.00
Permiso de uso de suelo			\$400.00
Validación de seguridad y operación			\$350.00
Alta sistema de información Empresarial Mexicano			\$750.00
Alta CANACINTRA			\$800.00
Gastos de constitución			\$25,000.00
Total			\$63,300.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

Personal y sueldos

Concepto	Cantidad	Valor en M.N..	Total
Diseñador Mecánico	1	\$14,000.00	\$168,000.00
Diseñador Industrial	1	\$14,000.00	\$168,000.00
Gestor de Proyectos	1	\$14,000.00	\$168,000.00
Administrador	1	\$8,000.00	\$96,000.00
Total			\$600,000.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.

Costos fijos de producción

Concepto	Cantidad	Valor en M.N..	Total
Renta	1	\$14,000.00	\$168,000.00
Luz	1	\$10,000.00	\$120,000.00
Agua	1	\$700.00	\$8,400.00
Internet	1	\$500.00	\$6,000.00
Total			\$302,400.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.

Costos variables de producción

Concepto	Cantidad	Valor en M.N..	Total
Polvo titanio	1	\$14,000.00	\$42,000.00
Filamento PLA	1	\$960.00	\$2,880.00
Hora EMB	1	\$50.00	\$96,000.00
Hora PLA	1	\$15.00	\$28,800.00
Total			\$169,680.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12.

Costo de publicidad

Concepto	Cantidad	Valor en M.N..	Total
Tarjetas	1	\$1,500.00	\$1,500.00
Folletería	1	\$960.00	\$960.00
Publicidad y página web	1	\$1,000.00	\$12,000.00
Imagen Corporativa	1	\$7,500.00	\$7,500.00
Redes sociales	1	\$1,500.00	\$18,000.00
Total			\$39,960.00

Fuente: Elaboración Propia

Las tablas 13 y 14 muestran a manera de resumen el capital necesario en primera instancia, para cubrir los costos anuales de operación y en segunda, la inversión inicial para la puesta en marcha del centro de diseño de implantes quirúrgicos protésicos avanzados basados en tecnología de impresión 3D.

Tabla 13.

Resumen anual de costos

Concepto			Total
Personal y sueldos			\$600,000.00
Costos fijos de producción			\$302,400.00
Costos variables de producción			\$169,680.00
Costos de publicidad			\$39,960.00
Total			\$1,112,040.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14.

Costos de implementación de la organización.

Concepto			Total
Maquinaria y equipo			\$9,403,850.00
Licencias de software			\$15,780.00
Equipo de Oficina			\$17,400.00
Constitución de la empresa			\$63,300.00
Total			\$9,500,330.00

Fuente: Elaboración propia

Canvas

Finalmente, dentro del modelo de negocios desarrollado a partir de Ostewalder (2011), a continuación, la figura 24 muestra de manera más gráfica los nueve módulos desarrollados para el centro de diseño. La función de este esquema es visualizar de manera más concreta los puntos específicos en donde nuestra organización ofrece valor al mercado.

Tabla 15.

Canvas de la organización

<p>Asociaciones Clave</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Alianzas estratégicas con el Instituto Tecnológico de Canarias en España ◦ Instituto Nacional de Rehabilitación ◦ Instituto Nacional de Cancerología ◦ Alianzas estratégicas con aseguradoras ◦ Hospitales públicos y privados ◦ Organizaciones educativas ◦ Centros de Investigación 	<p>Actividades Clave</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Diseño personalizado o a medida, del implante ◦ Generación de protección intelectual de diseños y piezas ◦ Planación pre operatoria para la conceptualización del implante ◦ Proceso de producción de las piezas mediante EBM. ◦ Certificaciones de calidad ◦ Cumplimiento de NOMs e ISOs ◦ Trabajo en plataforma de Red. 	<p>Propuestas de Valor</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Diseño de implantes a medida del paciente, según sus características ergonómicas, mecánicas, antropométricas y antropométricas ◦ Menores daños sufridos durante el procedimiento quirúrgico. ◦ Reducción en tiempos y de recuperación del paciente ◦ Reducción de riesgos de rechazo de los implantes. ◦ Eficiencia en recuperación de los pacientes. ◦ Puesta en el mercado nacional de este tipo de servitio y dispositivos 	<p>Relaciones con los Clientes</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Asistencia personal ◦ Citas ◦ Llamadas telefónicas ◦ Correos electrónicos ◦ Sitio web ◦ Redes Sociales 	<p>Segmentos de Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Nicho de mercado: Sector sanitario ◦ Sector salud ◦ Especialistas relacionados con el diseño y desarrollo de prótesis quirúrgicas avanzadas ◦ Hospitales públicos del país. ◦ Hospitales privados del país. ◦ Instituciones educativas
<p>Recursos Clave</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Impresoras 3D de tecnología EMB y extrusión de polímeros ◦ Equipo de cómputo ◦ Materia prima para la fabricación de los dispositivos. ◦ Recursos intelectuales: Software de diseño 3D ◦ Software para exportar los archivos a formato STL ◦ Diseños CAD CAM de las piezas. ◦ Generación de patentes ◦ Recursos humanos: Diseñadores, industriales y mecánicos, bioingenieros 	<p>Canales</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Sitio web ◦ Publicidad pagada ◦ Redes sociales ◦ Propaganda por asistencia congresos académicos y de investigación. ◦ Presentación de servicios personalmente a hospitales y organizaciones académicas. 	<p>Fuentes de Ingresos</p> <p>Alianza estratégica con aseguradoras y hospitales, venta de activos y los derechos de propiedad sobre los productos ofertados. Fondo por parte de gobierno e instituciones educativas, y privadas mediante el uso de las instalaciones y equipo. Generar contratos de arrendamiento de bajo costo con aseguradoras.</p>	<p>Estructura de Costes</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Determinada por la creación de valor de la organización. 	
<p>Eficiencia</p>		<p>Valor</p>		

Fuente: Elaboración propia a partir de Osterwalder (2011).

CONCLUSIONES

El sector de dispositivos médicos es actualmente las ramas de mayor crecimiento en la industria del cuidado de la salud. Globalmente, gracias a las nuevas tecnologías y tendencias en la solución innovadora de problemas sanitarios, dentro de las cuales destacan el crecimiento de la población de adultos mayores de 60 años y la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas, como el cáncer y la diabetes, se espera que el consumo de dispositivos médicos aumente significativamente.

Se estima que en 2020 este monto ascenderá a 834 mmd. Lo que traerá consigo el crecimiento de la producción del valor del mercado del sector, por lo que la industria puede representar un importante nicho de negocio

Al día de hoy, México demuestra ser un jugador importante para la industria siendo el principal proveedor del mayor consumidor en el mundo, Estados Unidos, además de ser el octavo exportador de la industria y el primero en América Latina.

Las ventajas competitivas que el país presenta en términos de costos menores y su condición como plataforma de exportación hacia el mercado estadounidense, han sido factores para atraer el interés de grandes productores de dispositivos médicos que buscan comenzar operaciones dentro del territorio nacional. Se presenta una oportunidad latente para que el país se posicione como una plataforma de producción y exportación enfocada no solo a la manufactura de dispositivos médicos, sino como un país que promueve también la investigación y el desarrollo tecnológico mediante el trabajo conjunto de instituciones educativas, el sector privado y el sector público.

Sin embargo, la mayor problemática relacionada a la constitución e implementación de centro de diseño radica en los altos costos para la adquisición de este tipo de tecnologías de punta y su exportación, lo que resulta en un alto grado de inversión inicial de capital. Otra de las problemáticas es la poca preparación a nivel nacional del capital humano como diseñadores o ingenieros relacionados con el desarrollo de implantes a medida puesto que este tipo de actividades son técnicamente nulas en el país y se centra más en desarrollos tradicionales como el mecanizado metálico.

Independientemente de estos contrastes, existe la posibilidad que, a partir de la generación de este plan tecnológico, se logre captar la atención de potenciales inversores públicos o privados que estén interesados en inyectar capital para así, poder brindar este tipo de servicios sanitarios a la población nacional.

REFERENCIAS

Arcam by GE. (09 de abril de 2018). *Eletron Beam Melting*. Obtenido de <http://www.arcam.com/technology/electron-beam-melting/>

Autodesk. (abril de 2018). *Impresión 3D*. Obtenido de ¿Qué es la impresión 3D?: <https://www.autodesk.mx/solutions/3d-printing>

Barjau, E. (2006). *Planeación de Tecnología*. Ciudad de México: Premio Nacional de Tecnología.

Fundación Premio Nacional de Tecnología e Innovación A.C. (2016). *Modelo Nacional de Gestion de Tenología*. Obtenido de Modelo GDT 2016: <http://www.fpnt.org.mx/images/stories/Calendario2015/MODELO-GDT.pdf>

Gismondi, G. (Junio de 2010). *Ingeniería Biomédica*. Obtenido de SciELO: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rcc/n24/v11n24a07.pdf>

Industrial Designers Society of America. (09 de Abril de 2018). *What is Industrial Design?* Obtenido de <http://www.idsa.org/events/what-id>

inMateriis. (16 de Abril de 2018). *InMateriis*. Obtenido de Home: <http://inmateriis.com/?lang=en>

Instituto Tecnológico de Canarias. (Abril de 2011). *El ITC desarrolla la primera prótesis torácica personalizada y flexible que se implanta en el mundo*. Obtenido de Instituto Tecnológico de Canarias, S.A:

http://www.itccanarias.org/web/prensa/noticias/pr%C3%B3tesis_tor%C3%A1lica.jsp?lang=es

Instituto Tecnológico de Canarias. (30 de marzo de 2012). *El ITC diseña y fabrica las primeras prótesis a medida para reconstrucciones óseas faciales*. Obtenido de http://www.itccanarias.org/web/itc/proyectos-mecanica/noticias/Nota_Protesis_a_medida.jsp?lang=en

Jorquera, A. (2016). *Fabricación Digital: Introducción al Modelado e Impresión 3D*. Madrid, España.: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Martínez, M., & Aguado, X. (1991). *La ergonomía, otro campo de la aplicación de la biomecánica*. Obtenido de Universidad de Castilla-La Mancha.

Nye, D. E. (2006). *Technology Matters*. Cambridge Massachusetts, EUA.: The MIT Press.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (3 de abril de 2018). *Estadísticas de la OCDE sobre la salud 2014, México en comparación*. Obtenido de <https://www.oecd.org/els/health-systems/Briefing-Note-MEXICO-2014-in-Spanish.pdf>

Osterwalder, A. P. (2011). *Generación de Modelos de Negocios*. Barcelona, España: Centro de Libros PAPF, S. L. U. .

Porter, M. E. (1991). *Ventaja Competitiva: Creación y Sostenimiento de un Desempeño Superior*. Buenos Aires, Argentina: Rei Argentina S.A.

Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México, México.: McGraw Hill.

Sánchez, J. C. (2011). *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.

Sánchez-Sarría, O., Diez González, Y., Hernández Dávila, C. M., & Dávila Cabo de Villa, E. (02 de 09 de 2014). *Manual de Instrumental Quirúrgico*. Obtenido de Medisur: <http://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/2662/1618>

Secretaría de Economía. (7 de Febrero de 2018). *ProMéxico*. Obtenido de Dispositivos Médicos: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/dispositivos-medicos.pdf>

Solleiro, J. L. (2008). *Gestión Tecnológica: Conceptos y Prácticas*. Madrid, España: Plaza y Valdés S.A. de C.V.

Stratasys. (10 de abril de 2018). *Impresión 3D en la medicina*.

Tamayo, M. T. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica*. Ciudad de México, México.: Limusa S.A. de C.V.

Tobar, F. (3 de abril de 2002). *Modelos de Gestión en Salud*. Obtenido de Universidad Nacional y Facultad de Ciencias Médicas de Rosario: <http://www.saludcolectiva-unr.com.ar/docs/SC-138.pdf>