



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO DE LA MÁQUINA BRIDGEPORT DE LA EII. MEDIANTE IMPRESIÓN 3D”**

**PÉREZ MIRANDA CRISTOFER POLIVIO  
RODRÍGUEZ COLT CARLOS DAVID**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del Título de:**

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

**Riobamba–Ecuador  
2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**2016-04-16**

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**PÉREZ MIRANDA CRISTOFER POLIVIO  
RODRÍGUEZ COLT CARLOS DAVID**

---

Titulado:

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE  
CABLEADO DE LA MÁQUINA BRIDGEPORT DE LA EIL. MEDIANTE  
IMPRESIÓN 3D”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

**Ing. Carlos José Santillán Mariño  
DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

**Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco  
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** PÉREZ MIRANDA CRISTOFER POLIVIO

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO DE LA MÁQUINA BRIDGEPORT DE LA EIL. MEDIANTE IMPRESIÓN 3D”

**Fecha de Examinación:** 2017-03-16

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Homero Almendariz Puente  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: RODRÍGUEZ COLT CARLOS DAVID**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO DE LA MÁQUINA BRIDGEPORT DE LA EII. MEDIANTE IMPRESIÓN 3D”**

**Fecha de Examinación: 2017-03-16**

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Homero Almendariz Puente  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, CRISTOFER POLIVIO PÉREZ MIRANDA y CARLOS DAVID RODRÍGUEZ COLT, egresados de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del trabajo de titulación denominado **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO DE LA MÁQUINA BRIDGEPORT DE LA EII. MEDIANTE IMPRESIÓN 3D”**, nos responsabilizamos en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y me someto a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

---

**Pérez Miranda Cristofer Polivio**  
Cédula de Identidad: 150076457-4

---

**Rodríguez Colt Carlos David**  
Cédula de Identidad: 080385257-3

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Cristofer Polivio Pérez Miranda y Carlos David Rodríguez Colt, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Pérez Miranda Cristofer Polivio**

Cédula de Identidad: 150076457-4

---

**Rodríguez Colt Carlos David**

Cédula de Identidad: 080385257-3

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera especial a mi Padre pues él es el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi las bases de responsabilidad y deseos de superación, en el tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarle cada día más.

**Pérez Miranda Cristofer Polivio**

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mi familia quienes supieron guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

**Rodríguez Colt Carlos David**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes en los que se incluyen este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, por la amistad y confianza depositada, su conocimiento y experiencia ha sido un aporte primordial para el desarrollo de este proyecto.

**Pérez Miranda Cristofer Polivio**

En primer lugar quiero agradecer a Dios, luego a mis padres y hermanos quienes han dedicado su vida a la mía, por sus enseñanzas y apoyo brindado, siendo ellos el pilar fundamental para la culminación de esta etapa de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la carrera de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, por la amistad y confianza depositada, su conocimiento y experiencia ha sido un aporte primordial para el desarrollo de este proyecto.

**Rodríguez Colt Carlos David**



# CONTENIDO

Pág.

<b>1.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL</b>	
1.1	Antecedentes .....	2
1.2	Planteamiento del problema.....	3
1.3	Justificación .....	4
1.3.1	<i>Justificación teórica.</i> .....	4
1.3.2	<i>Justificación metodológica.</i> .....	4
1.3.3	<i>Justificación práctica.</i> .....	5
1.4	Objetivos.....	5
1.4.1	<i>Objetivo general.</i> .....	5
1.4.2	<i>Objetivos específicos:</i> .....	5
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1	Cadenas portables.....	6
2.1.1	<i>¿Dónde utilizar cadenas portables?</i> .....	6
2.1.2	<i>Tipos de cadenas portables.</i> .....	7
2.2	Impresión 3D .....	9
2.2.1	<i>¿Qué tecnología de impresión en 3D es la adecuada para su aplicación?</i> .	10
2.2.2	<i>Parámetros de selección de la impresora 3D.</i> .....	13
2.2.3	<i>Propiedades de los materiales</i> .....	15
2.2.4	<i>Clasificación de las impresoras 3D según el método de construcción.</i> .....	17
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO</b>	
3.1	Diseño de la cadena de protección de cableado.....	21
3.1.1	<i>Reseña de la maquina Bridgeport.</i> .....	21
3.1.2	<i>Identificación de la cadena de protección a sustituirse.</i> .....	21
3.1.3	<i>Diseño de la cadena de protección de cableado.</i> .....	22
3.1.4	<i>Justificación de la sustitución de la cadena de protección de cableado por un modelo impreso.</i> .....	23
3.2	Selección del software de diseño .....	24
3.2.1	<i>Software de diseño.</i> .....	24
3.2.2	<i>Selección del software de diseño a utilizarse.</i> .....	24
3.3	Selección del método de impresión 3D. ....	26
3.3.1	<i>Ponderación y seleccion de la mejor opción.</i> .....	26
3.4	Selección del material a utilizar para la fabricación .....	27
3.4.1	<i>Ponderación y seleccion de la mejor opción.</i> .....	27
3.5	Selección de la impresora a utilizar para la fabricación de la cadena de protección de cableado.....	31
3.5.1	<i>Características de las mejores opciones en impresoras.</i> .....	32
3.5.2	<i>Selección de la mejor opción.</i> .....	34
3.6	Softwares a utilizar para manipular la impresora 3D Creator 2. ....	35
3.6.1	<i>Netfabb Basic.</i> .....	35
3.6.2	<i>MatterControlSetup-1.6.0.</i> .....	41

<b>4.</b>	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN</b>	
4.1	Modelado de piezas de la cadena de protección de cableado .....	45
4.1.1	<i>Tapa lateral</i> .....	45
4.1.2	<i>Tapa superior</i> .....	46
4.1.3	<i>Enlace superior</i> .....	46
4.1.4	<i>Enlace inferior</i> .....	46
4.1.5	<i>Ensamble en software de diseño</i> .....	47
4.1.6	<i>Exportado de archivos</i> .....	47
4.2	Preparación de archivo para impresión.....	48
4.2.1	<i>Colocación orientada</i> .....	48
4.2.2	<i>Triangulación de polinomios</i> .....	49
4.2.3	<i>Exportado de archivo</i> .....	50
4.3	Parámetros de impresión.....	51
4.3.1	<i>selección de la densidad de relleno</i> .....	52
4.3.2	<i>Material de apoyo</i> .....	53
4.4	Simulación de la impresión.....	54
4.5	Generación del Código G.....	56
4.6	Impresión de piezas.....	58
4.6.1	<i>Pruebas de impresión</i> .....	59
4.6.2	<i>Impresión del modelo real</i> .....	59
4.6.3	<i>Ensamble</i> .....	60
4.6.4	<i>Pruebas</i> .....	60
4.7	Instrucciones de buen uso de la impresora 3D .....	61
4.7.1	<i>Impresora</i> .....	61
4.7.2	<i>Cuidados eléctricos</i> .....	61
4.7.3	<i>Cuidados para personas que manipulen la impresora</i> .....	62
4.7.4	<i>Mantenimiento</i> .....	62
<b>5.</b>	<b>COSTOS TOTALES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO DE LA MÁQUINA BRIDGEPORT.</b>	
5.1	Calculo del costo de impresión de la cadena de protección .....	64
5.2	Costos directos.....	65
5.3	Costos indirectos.....	65
5.4	Costo total.....	65
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones.....	66
6.2	Recomendaciones .....	66
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
<b>1</b>	Softwares más populares para diseños 3D.....	24
<b>2</b>	Selección del software de diseño .....	25
<b>3</b>	Selección de la mejor opción .....	25
<b>4</b>	Selección del método de impresión .....	26
<b>5</b>	Selección de la mejor opción .....	26
<b>6</b>	Ventajas y Desventajas (FDM).....	27
<b>7</b>	Tensiones máximas en ABS .....	28
<b>8</b>	Tensiones máximas en PLA .....	28
<b>9</b>	Pruebas ABS con absorción de agua .....	28
<b>10</b>	Pruebas PLA con absorción de agua.....	29
<b>11</b>	Propiedades ABS .....	30
<b>12</b>	Propiedades PLA .....	30
<b>13</b>	Selección del material a utilizar para la fabricación .....	31
<b>14</b>	Selección de la mejor opción .....	31
<b>15</b>	Características impresora 3D XYZ Davinci 1.0 .....	33
<b>16</b>	Características impresora 3d Creator 2 .....	34
<b>17</b>	Selección de la impresora a utilizar .....	34
<b>18</b>	Selección de la mejor opción .....	35
<b>19</b>	Costos directos.....	65
<b>20</b>	Costos Indirectos.....	65
<b>21</b>	Costos totales .....	65

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
1	Utilización de cadena portacables en una maquinaria ..... 7
2	Cadena portacables de inserción de cables por simple presión ..... 7
3	Cadena portacables en 3D..... 8
4	Cadena portacables zipper ..... 9
5	Cadena portacables en dos piezas ..... 9
6	Impresoras 3D por Estereolitografía (SLA)..... 17
7	Impresoras 3D de sinterización selectiva por láser (SLS). ..... 18
8	Impresoras 3D por inyección. .... 18
9	Impresión por deposición de material fundido ..... 19
10	Impresión por deposición de material fundido ..... 19
11	Principio de funcionamiento ..... 20
12	Elementos de una cadena de protección ..... 22
13	Impresora 3D XYZ Davinci 1.0 ..... 33
14	Impresora 3d Creator 2 ..... 34
15	Selección del idioma ..... 36
16	Inicio de instalación ..... 36
17	Acuerdo de licencia ..... 37
18	Selección de la ubicación ..... 37
19	Crear acceso directo en la pestaña inicio ..... 38
20	Crear icono de acceso directo ..... 38
21	Ventana de resumen ..... 39
22	Proceso de instalación ..... 39
23	Ventana de finalización de instalación ..... 40
24	Inicio de software ..... 40
25	Pantalla de inicio del software ..... 41
26	Acuerdo de licencia ..... 41
27	Selección de la ubicación ..... 42
28	Crear acceso directo en la pestaña inicio ..... 42
29	Crear icono de acceso directo ..... 43
30	Ventana de resumen ..... 43
31	Proceso de instalación ..... 44
32	Ventana de finalización de instalación ..... 44
33	Vista frontal y posterior de la tapa lateral ..... 45
34	Vista frontal y posterior de la tapa superior ..... 46
35	Vista frontal y posterior del enlace superior ..... 46
36	Vista frontal y posterior del enlace inferior ..... 47
37	Vista frontal y posterior del enlace superior ..... 47
38	Exportado de archivo en formato STL ..... 48
39	Colocación orientada ..... 49

40	Triangulación de polinomios .....	50
41	Exportar archivo .....	50
42	Temperaturas de impresión del PLA .....	51
43	Resumen de velocidades en diferentes zonas .....	52
44	Densidad de relleno .....	53
45	Material de apoyo .....	54
46	Sector donde se generara el material de aporte.....	54
47	Generar capas.....	55
48	Pantalla informativa.....	55
49	Creación del material de apoyo .....	56
50	Export.....	56
51	Export G-Code .....	57
52	Guardar Código-G .....	57
53	Pruebas de impresión .....	59
54	Impresión final.....	60
55	Impresión lista para ensamble.....	60

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>CAD</b>	Diseño Asistido por Computador
<b>FDM</b>	Modelado por Deposición Fundida
<b>SLA</b>	Stereo Estereolitografía
<b>SLS</b>	Selective Laser Sintering.
<b>ABS</b>	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
<b>PLA</b>	Poliácido láctico
<b>STL</b>	STereo Lithography

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Datos técnicos impresora 3d DAVINCI 1.0
- B** Datos técnicos impresora CREATOR 2
- C** Dimensiones Tapa lateral
- D** Dimensiones Tapa superior
- E** Dimensiones enlace superior
- F** Dimensiones enlace inferior
- G** Manual de usuario impresora creator 2
- H** Hoja de cálculo para calcular el costo de impresión

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación está enfocado en la construcción de repuestos de cadena para protección de cableado de la máquina Bridgeport del laboratorio CAD-CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial, aplicando una nueva tecnología de construcción mediante una impresora 3D que consiste en la creación capa por capa de objetos tridimensionales a partir de un diseño digital con ayuda de un material en forma de filamento. El diseño de la cadena es realizado a partir de la cadena original procurando que sus medidas sean exactas, previamente en el programa de diseño se verifica que los componentes tengan la medida adecuada mediante un ensamble total. El material seleccionado para la fabricación es PLA por ser un material que brinda excelentes propiedades mecánicas y tecnológicas, la impresora utilizada es de la marca CREATOR muy comercializada en el mercado con grandes garantías de funcionalidad y operación. La impresora lee un código similar a las máquinas de tecnología CNC, por esto es necesario que el modelo se exporte en un formato STL por ser un formato de archivo informático que define geométricamente a un objeto 3D excluyendo información de color, textura o propiedades físicas, el proceso final es generar estos códigos en un programa externo gratuito, la cadena es impresa con un porcentaje de relleno de 90%. Al final de la construcción se obtuvo una cadena con gran resistencia y con medidas exactas, al ser colocada la cadena en la máquina se verificó que cumple con todas las características de protección.

**PALABRAS CLAVES:** < FORMATO DE ARCHIVO INFORMÁTICO DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (STL) >, < ACIDO POLILACTICO (PLA) >, < CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC) >, < DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD) >, < FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAM) >, < SINTERIZACIÓN SELECTIVA POR LÁSER (SLS) >, < IMPRESIÓN POR DEPOSICIÓN DE MATERIAL FUNDIDO (FDM) >.



## ABSTRACT

This degree project is focused on the construction of spare parts of chain for protection of wiring of the machine Bridgeport of the laboratory Computer- Aided Design – Computer - Aided Manufacturing (CAD – CAM) of the school of Industrial Engineering, by applying a new technology of construction using a 3D printer which consists in the creation layer by layer of three-dimensional objects from a digital design using a material in the form of a filament. The design of the chain is made from the original chain to ensure that its measures are accurate; previously in the design program is verified that the components have the appropriate measure by an entire assembly. The material selected for the manufacture is Polylactic Acid (PLA) by being a material that provides excellent mechanical and technological properties. The printer used is of CREATOR brand which is very commercialized in the market whit great guarantees of functionality and operation. The printer reads a code similar to the machines of technology Computerized Numerical Control (CNC); for this reason, it is necessary that the model be exported in a Stereo Lithography format (STL) because it is a computer file format that geometrically defines a 3D object excluding color information, texture or physical properties, the final process is to generate these codes in a free external program, the chain is printed whit a fill percentage of 90%. At the end of the construction a chain was obtained with great resistance and whit exact measurements, when the chain was placed in the machine it was verified that complies whit all of the features of protection.

**KEYWORDS:** <COMPUTER FILE FORMAT OF COMPUTER – AIDED DESIGN-STEREO LITHOGRAPHY (STL)>, <POLYLACTIC ACID (PLA)>, <COMPUTERIZED NUMERICAL CONTROL (CNC)>, <COMPUTER AIDED DESIGN (CAD)>, <COMPUTER-AIDED MANUFACTURING (CAM)>, <SELECTIVE LASER SINTERING (SLS)>, <PRINTING BY FUSED DEPOSITION MEODELING (FDM)>.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la industria local en los últimos años generó una creciente demanda de equipos más potentes, rápidos y actualizados tecnológicamente; y así, responder a tiempo a necesidades del mercado en la construcción de modelos y maquetas en 3 dimensiones, acompañado esto de capacitación y uso de maquinarias y software avanzados.

Una de las tecnologías de creciente incorporación en la industria como en estudios de diseño, agencias de publicidad y centros educativos, es la de las Impresiones 3D utilizadas por los diseñadores para materializar sus diseños virtuales creados en un software de CAD.

Las Impresoras 3D son además una herramienta fundamental en el diseño y desarrollo de productos puesto que permiten realizar todo tipo de testeo del mismo antes de lanzarlo al mercado.

Históricamente, a principios de los 90, la industria automotriz fue precursora en la utilización de esta tecnología, que le permitió reducir en un 50% los tiempos de lanzamiento al mercado de los nuevos modelos (de 3 años a 18 meses), pero en ese entonces se trataba de equipos de alta complejidad y con costos muy elevados que solamente el sector automotriz podía incorporar.

La tecnología 3D en la actualidad se desea introducir al ámbito industrial es decir al diseño y fabricación de piezas para maquinaria ya sean un diseño nuevo o la fabricación de una refacción que la maquina necesite y sea de difícil adquisición, o dicha refacción este fuera de circulación.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

Para construir la cadena se aprovechará la tecnología de impresión 3D, este tipo de tecnología es utilizado principalmente en la construcción de piezas mecánicas a la medida o repuestos difíciles de construir o que ya no se fabriquen, como es el caso de este proyecto.

Una impresora 3D ha evolucionado de una manera impresionante, se puede crear objetos como utensilios o herramientas mecánicas, maquetas o prototipos, alimentos, componentes espaciales, prótesis, órganos humanos, etc. Se puede pensar que estas impresoras están diseñadas solo para objetos pequeños pero no es así, ya existen impresoras de grandes dimensiones con potencial de imprimir casas o edificios. En todo el mundo se han conocido ejemplos de científicos que han acudido a la manufactura aditiva como un medio para crear diferentes tipos de prótesis para sustituir desde un brazo hasta un oído.

El inicio de la impresión 3D se remonta a 1976, cuando se inventó la impresora de inyección de tinta. En 1984, algunas adaptaciones y avances sobre el concepto de la inyección de tinta transformaron la tecnología de impresión con tinta a impresión con materiales. A lo largo de las últimas décadas, ha habido una gran variedad de aplicaciones de la tecnología de impresión 3D que se han desarrollado a través de varias industrias.

En el año 1983 Chuck Hull, un inventor destacado en el campo de la óptica iónica y más tarde co-fundador de 3D Systems, ideó la estereolitografía o foto-solidificación, un proceso de impresión que emplea resina líquida foto polimérica solidificada mediante un láser ultravioleta. De esta forma se consigue que un objeto se cree a partir de datos digitales: el primer método de impresión en tres dimensiones.

Es en 1988 cuando la compañía 3D Systems, fundada por Chuck Hull, comercializa las primeras máquinas de impresión estereolitográficas, cuyo principal objetivo es la fabricación de pequeñas piezas ligeras industriales para aviones y otros vehículos.

A finales de esa misma década, se desarrollan y comercializan nuevos métodos de impresión 3D, como el sinterizado selectivo por láser (SLS), que utiliza un láser que funde selectivamente, mediante el escaneo de secciones transversales, material en polvo dispuesto en capas sobre una base.

A principios de los años 90 se concibe y más tarde se comercializa la impresión 3D por inyección. Este sistema utiliza cartuchos con distintos materiales líquidos que se aplican sobre una base mediante inyectores.

Desde 2003 el precio de las impresoras 3D ha ido disminuyendo, gracias tanto al avance tecnológico como a la caducidad de algunas patentes, por lo que sus ventas han aumentado.

A este hecho debemos añadir el que en el 2005 el doctor Bowyer, de la Universidad de Bath (Reino Unido), comienza a trabajar en el proyecto de impresoras autorreplicantes RepRap (Replicating Rapid-prototyper), unas impresoras capaces de reproducirse a sí mismas.

Este proyecto supone un salto adelante en la normalización y acceso a las impresoras tridimensionales. Hoy en día la iniciativa cuenta con el apoyo de aficionados y profesionales de distintas partes del mundo, que enriquecen a la comunidad con sus aportaciones, tal y como funciona cualquier desarrollo de open source o código abierto.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La fresadora CNC Bridgeport es una máquina herramienta que permite la automatización programable de la producción de mecanizados por arranque de viruta utilizando una fresa.

Al analizar el estado actual de la fresadora CNC Bridgeport presente en los laboratorios de CAD CAM se determinó que la cadena de protección del cableado de la máquina ha sufrido un desgaste considerable, esto se debe a que su tiempo de uso ha sido extenso.

Como la cadena de protección del cableado no cumple con los requerimientos técnicos para que pueda seguir en funcionamiento se puede producir averías en la fresadora y a su vez puede provocar daños a la integridad física de los estudiantes y docentes al momento que se esté realizando los respectivos trabajos en la máquina.

El estado de la cadena de protección de cableado de la fresadora CNC Bridgeport es inadecuado por lo que es necesario adquirir su repuesto, lastimosamente por diversos motivos no se encuentra disponible en el mercado o por lo menos resulta sumamente difícil adquirirlo por falta de proveedores entre otras razones.

De acuerdo a lo descrito se establece la iniciativa de realizar el diseño de dicha cadena aplicando la tecnología de impresión 3D analizando los parámetros necesarios para realizar el diseño técnicamente.

### **1.3 Justificación**

**1.3.1** *Justificación teórica.* El presente estudio se basa en buscar, a través de las aplicaciones teóricas y conceptos básicos de mantenimiento, preventivo, correctivo así como la distribución de los conductores de la máquina CNC Bridgeport, que actualmente se encuentran expuestos al ambiente, la máquina elabora un sin número de elementos diseñados por el operador, y debido a la alta inversión es necesario mantener los equipos en óptimas condiciones, con este fin se pretende plantear los conceptos de mantenimiento adecuado para este tipo de máquina, a diferencia del mantenimiento teórico aprendido dentro de la institución es necesario plantear nuevos lineamientos a través de la experiencia adquirida en la práctica.

**1.3.2** *Justificación metodológica.* Para lograr los objetivos planteados, partiremos del razonamiento inductivo para diseñar y simular las características del proceso de elaboración de una cadena de protección en un impresora 3D, con ello se pretende ampliar los conocimientos básicos y crear nuevos usos de implementos sean estos de mantenimiento, protección que se acoplen a las necesidades del usuario de las máquinas disponibles en los laboratorios de CAD-CAM, y fomentar la aplicación de la impresión y diseño en 3D como un método óptimo en el desarrollo de implementos de protección, posteriormente se aplicará el método analítico, que inicia por la identificación de cada una de las partes que conformaran el proyecto, obteniendo la información de impresoras 3D y el desarrollo de implementos de protección.

**1.3.3** Basándose en la información se ocupará el método sistemático para determinar cada uno de sus componentes y relacionarlos entre sí, y así determinar su estructura y dinámica, apoyados del método experimental, solucionar de una manera eficiente los

errores presentes, finalmente ocupar la metodología lógica, para realizar un análisis ordenado desde el inicio del trabajo usando razonamientos lógicos concretos y acertados para complementar el conocimiento estructurado.

**1.3.4** *Justificación práctica.* Debido a los avances tecnológicos a nivel electrónico y de materiales se ha combinado procesos de fabricación obteniendo así impresoras 3D, que a través de un diseño mediante un software, se puede obtener elementos plásticos diseñado a nuestros requerimientos, reduciendo así los altos costos de producción por unidad.

Debido a las conocimientos adquiridos dentro del campo operacional nace la necesidad de elementos plásticos, que difícilmente se encuentran en los mercados, actualmente la máquina CNC Bridgeport dispone de conductores expuestos al ambiente lo cual puede ocasionar daños materiales y daños al personal que labora, lo que crea una necesidad de elementos plásticos como protección previo esta elaboración es necesario el diseño y simulación con el fin de analizar el comportamiento del material de protección una vez sea instalado.

## **1.4** **Objetivos**

**1.4.1** *Objetivo general.* Diseñar y fabricar la cadena de protección de cableado de la máquina Bridgeport utilizando un sistema de impresión 3D.

**1.4.2** *Objetivos específicos:*

- Identificar el estado de la cadena de protección de cableado de la máquina Bridgeport la cual va a ser reemplazada.
- Comprobar que la tecnología 3D puede ser aplicada a la industria en la fabricación de repuestos para maquinaria.
- Seleccionar los mejores parámetros de impresión para garantizar un repuesto de alta calidad.
- Identificar si la tecnología de impresión 3D es viable para la producción en serie.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Cadenas portacables

Las cadenas portacables fueron creadas por la empresa alemana KabelSchlepp, que toma su nombre del nombre de estas cadenas en alemán.

Esta empresa se ha resaltado debido a su investigación en innovación constante principalmente en la protección de guías, cadenas portacables y sistemas de transporte.

En la actualidad las empresas buscan la renovación de máquinas las cuales desempeñan actividades en ambientes hostiles, las funciones de cada una de las máquinas especialmente las diseñadas con movimientos en los diferentes ejes X, Y y Z, estas ocasionan un arrastre de cableado.

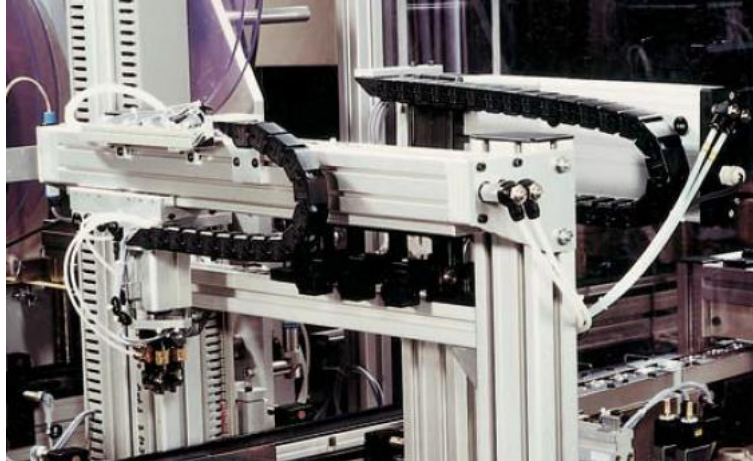
Este cableado transmite información, energía y diferentes requerimientos específicos para el correcto funcionamiento de la maquinaria, con el fin de proteger el medio transmisor de información, es indispensable mantener las condiciones óptimas de funcionamiento así como la de prolongar la vida útil de los medios conductores de información o cableado, que son la parte más vulnerable a ser afectado por el ambiente hostil de la industria.

Se han diseñado elementos de protección de cableado, dando lugar a creación de movimientos coordinados a los requerimientos de la maquinaria lo que en la actualidad se conoce como cadena portacables.

Este medio de protección permite alargar la vida útil del cableado, evitando el problema con polvo, remordimientos, choques eléctricos, basuras, cortes y reducción de costos de mantenimiento que comúnmente son encontrados en la industria.

**2.1.1** *¿Dónde utilizar cadenas portacables?* Se puede usar este producto en todo tipo de aplicaciones: grúas, vehículos, transportadores automáticos, moldes de fundición, radiotelescopios, máquinas de embalaje.

Figura 1. Utilización de cadena portacables en una maquinaria

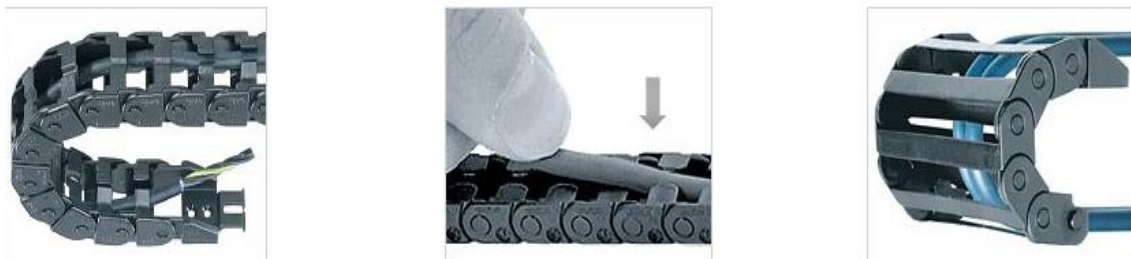


Fuente: <http://www.vendortec.cl/index.php/productos/cadenas>

**2.1.2** *Tipos de cadenas portacables.* Debido a las altas exigencias de la industrial en el mercado se puede encontrar diferentes tipos de cadenas portacables entre las principales se tiene:

**2.1.2.1** *Inserción de los cables por simple presión.* Para los sistemas de inserción se tiene por presión desde el radio exterior, y la otra versión la cual se introduce desde el radio interior, estos tipos de sistemas de inserción tiene como principal objetivo la reducción de tiempo de montaje. En cuanto al material de fabricación se la conoce como igumid NB que ofrece características como: robustez, elasticidad óptima. El material seleccionado cuenta con certificado UL94-V2 que se le conoce como normas de inflamabilidad, la cual presenta un elevado nivel de seguridad al presentar propiedades de autoextinguibilidad y por ende la no propagación de fuego, dando lugar a un mejor rendimiento y directamente minimizando los riesgos de incendio. Debido a su diseño en una pieza. Es importante aclarar su muy apropiada aplicación con altas cargas porque el material posee una menor rigidez.

Figura 2. Cadena portacables de inserción de cables por simple presión



Fuente: <https://goo.gl/6ihBRY>



**2.1.2.2 Cadena en 3D.** Las cadenas portacables para tres direcciones de movimiento están especialmente diseñadas para la alimentación de energía, en caso de movimientos multidimensionales, este tipo de cadena son principalmente utilizadas para las aplicaciones en robótica con seis direcciones de movimiento en ambientes industriales poco favorables. Dentro de sus principales características se pueden mencionar:

- Reforzamiento parcial de la cadena portacables mediante varas resortes.
- Una torsión de más y menos 10° por eslabón
- Alta resistencia a la rotura mediante la aplicación del principio junta de rótula.

Figura 3. Cadena portacables en 3D



Fuente: <https://goo.gl/7aynmF>

**2.1.2.3 Cadenas y Tubos portacables Zipper.** Las cadenas y tubos portacables zipper conocidos por su sistema fácil de apertura y cierre de manera rápida, la cual conlleva a una gran cantidad de pedidos ya que su excelente funcionamiento son prácticas en su campo de aplicación. Su diseño con cremallera incide principalmente en la reducción de tiempo de montaje entre sus características se tiene:

- El paso corto
- Robusta
- Elástica
- Solidez del eslabón implica mejor rendimiento en aplicaciones con aceleraciones altas.

Para las altas exigencias del sector industrial este tipo de cadena portacable zipper cumple las condiciones necesarias para ser uno de los productos con mayor cotización en el mercado.

Figura 4. Cadena portacables zipper



Fuente: <https://goo.gl/oHGRW0>

**2.1.2.4** *Tubo portacables en dos piezas - Protección contra las virutas.* Debido a los trabajos a los cuales están expuestos las máquinas y sus componentes, estos pueden ser polvo, viruta, suciedad, líquidos, objetos cortantes, ponen en riesgos la continuidad de la productividad así como el aumento en costos de manteniendo para ello los tubos portacables desde su introducción estuvieron en constante cambio y actualmente los Tubos son insensibles a las virutas calientes, al polvo y a la suciedad generados por el trabajo de la madera, por el fresado del acero, por las industrias de la pasta y del papel, por las industrias textiles y agrícolas y por las minas de carbón.

Figura 5. Cadena portacables en dos piezas



Fuente: <https://goo.gl/03YASV>

## 2.2 Impresión 3D

Las impresiones en 3D en la actualidad han evolucionado dejando atrás un proceso de prototipado, debido a sus ventajas en la transformación en cada fase. Hoy en día, la impresión en 3D ofrece ventajas de transformación en cada fase de elaboración, desde la parte inicial conocida como diseño conceptual hasta la finalización de los productos

elaborados. Debido a los nuevos diseños de impresoras 3D hace un mercado competitivo de ahí la importancia de la selección de una impresora adecuada.

Hace unos años atrás la impresión en 3D se consideraba como un bien de lujo o se encontraban en instalaciones de desarrollo tecnológico solo al alcance de ingenieros dedicados al diseño profesional. Se habla de "impresión" ya que el proceso para llegar a cualquier producto es similar al que se utiliza hoy en las impresoras en papel, pero en lugar de imprimir tinta sobre una hoja plana se imprime el material específico sobre sí mismo, todo para conformar un objeto tangible tal y como se veía en la mente de diseñador y en la pantalla de la computadora.

Hasta el momento al amplio campo ocupacional ha demostrado la versatilidad en ramas como la medicina, electrónica y muchas más, generando un valor estratégico a largo plazo, ya que su desarrollo en las funciones de diseño y producción inciden directamente el plazos de entrega para finalmente ser comercializados.

De acuerdo a información basada en diferentes investigaciones, las grandes empresas optan por el desarrollo de nuevos productos y una de las principales herramientas es la impresión 3D. La impresión 3D permite evaluar los diseños de los productos y así influir directamente en la toma de decisiones en menor tiempo. Durante el proceso de diseño, las decisiones u observaciones técnicas sobre el producto pueden ser verificadas directamente en el producto cuantas veces sea necesario ya sea para obtener mayor información sobre un mayor rendimiento y unos costos de fabricación, o directamente sobre la calidad y las presentaciones de productos con mayor impacto. En la fase de producción inicial, la impresión en 3D permite producir el primer artículo con mayor velocidad para reforzar las operaciones de marketing y ventas y así poder captar clientes. En el proceso de producción final, la impresión en 3D incide en el aumento de la productividad, mayor calidad y un aumento de eficacia.

**2.2.1** *¿Qué tecnología de impresión en 3D es la adecuada para su aplicación?* El punto de partida es la selección de la impresora 3D, debido a la gran variedad puede resultar difícil realizar la selección adecuada, debido a los diferentes tipos de procesamiento de los datos digitales en la producción de un producto sólido, existen varios aspectos a tener en consideración a la hora de seleccionar la impresora entre estos

tenemos: propiedades estructurales, definición en los acabados, acabado superficial, resistencia ambiental, exactitud, precisión, vida útil, propiedades térmicas, etc.

A continuación se tiene el proceso de diseño del producto con impresión 3D.

**2.2.1.1 Modelos conceptuales.** Se entiende como modelos conceptuales a los criterios sobre los diseños, las cuales afectan directamente los siguientes procedimientos de diseño e ingeniería. La correcta elaboración del proceso de diseño influye en la reducción costos, acorta el ciclo de desarrollo, evitando costos por rediseños y reduciendo finalmente los tiempos que pueden estar estrechamente ligados en acceder lo más pronto posible al mercado.

Para la evaluación de los diseñados sean estos principales o secundarios tanto en: herramientas eléctricas, accesorios de oficina, calzado o juguetes, etc. la impresión en 3D es la camino más acertado ya que permite la aportación multifuncional de todas las partes involucradas en el diseño. En esta primera fase de creación, es ideal la evaluación de forma rápida y eficiente que no resulte en el aumento de costos y sea lo más cercano al modelo real, esto no quiere decir que cumplan estrictamente con su funcionamiento.

**2.2.1.2 Modelos de verificación.** A medida que los datos digitales empiezan a proyectarse como un sólido, el personal encargado de su diseño, inician con la verificación de cada uno de los elementos del producto con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del nuevo producto.

De ahí la importancia de que el departamento encargado del diseño haya implementado el equipo de impresión en las instalaciones con el fin de verificar cada elemento durante su proceso de impresión repetitivamente y así afrontar los retos del diseño que se presenten con el fin de ejecutar una mejora continua que da como resultado un producto de acuerdo a las necesidades del consumidor.

En el proceso de diseño se puede verificar: forma, ajuste, rendimiento funcional y verificación del montaje como aspectos principales en los diseños. Los modelos de verificación proporcionan perspectivas reales del producto elaborado con el fin de comprobar de manera rápida y eficiente los aspectos del diseño establecido teóricamente.

**2.2.1.3** *Aplicaciones de producción previa.* A medida que el desarrollo del producto converge en el diseño final, rápidamente la atención se centra en los medios de ejecución para la fabricación del producto. Comúnmente este proceso abarca términos de inversión en cuanto se refiere a herramientas, materia prima y elementos necesarios para la fabricación del producto del diseño final.

En el siguiente proceso, debido a la previsión del proceso de producción se crea un aumento de la cadena de suministros debido a las responsabilidades de adquisición de la materia prima y demás elementos necesarios para el proceso de producción.

Hay que tener en cuenta que gracias a la impresión en 3D, se denota las diferentes maneras de reducir el riesgo de inversión así como la adecuada planificación para el lanzamiento del producto final. Todo esto con los factores que pueden retrasar la comercialización, encontrados durante la fase de planificación.

El mundo de las impresiones en 3D es ilimitado se puede encontrar: plantillas, herramientas, dispositivos, y más, que permiten la producción inicial así mismo el ensamblaje de productos y piezas de uso directo por el consumidor, el cual probará y realizará el análisis de acuerdo a sus requerimientos.

Al analizar el rendimiento funcional de las características principales como: la exactitud, precisión y calidad. Todos los elementos en conjunto aseguran la calidad del producto final y que las herramientas de fabricación no supondrán un trabajo de revisión costoso y lento.

**2.2.1.4** *Producción digital.* La tecnología de impresión 3D ofrece a cada uno de los diseñadores una mayor libertad de crear nuevos elementos con el fin de alcanzar nuevos niveles de funcionalidad de los productos. Es importante conocer que los componentes impresos en 3D pueden ser productos finales o elementos facilitadores de producción que mejoran el flujo de producción.

Las empresas líderes de sectores de producción por pedido en campos electrónicos, mecánicos o médicos han adoptado este tipo de impresión para producir piezas de uso final, patrones, moldes de fundición, con el fin de disminuir los costes de fabricación.

**2.2.2** *Parámetros de selección de la impresora 3D.* Las impresoras 3D partieron en el ámbito industrial, y según el modelo, va cambiando la forma exacta en que se inyecta material sobre la mesa, el que puede ser alguna clase de plástico, goma, papel e incluso metal.

Éste se calienta para hacerlo voluble y es colocado en forma de delgadas capas, cada una puede ser de hasta 0,1 milímetros de grosor, algunas impresoras 3D que logran incluso mayor definición.

La selección de la impresora 3D está determinada por criterios de rendimiento necesarios que influyen directamente sobre el producto final.

**2.2.2.1** *Velocidad de impresión.* En función del fabricante y la tecnología específica, la velocidad de impresión puede significar cosas distintas. La velocidad de impresión se puede definir como el tiempo necesario para imprimir una distancia determinada en el eje Z (por ejemplo, pulgadas o milímetros por hora en el eje Z) en un único trabajo de impresión.

Este método es el más utilizado por las impresoras 3D que cuentan con velocidades de producción vertical estables independientes de la geometría de las piezas que se están imprimiendo y/o independientes del número de piezas que se están imprimiendo en un único trabajo de impresión. Las impresoras 3D con las velocidades de producción vertical más altas y poca o ninguna pérdida de velocidad debido a la geometría de la pieza o al número de piezas del trabajo de impresión son ideales para el modelado de conceptos, ya que permiten la rápida producción de numerosas piezas alternativas en menos tiempo.

Impresión es el tiempo necesario para imprimir una pieza específica o un volumen de piezas específico. Este método se utiliza a menudo en tecnologías que imprimen rápidamente una única pieza de geometría simple pero se ralentizan cuando se añaden más piezas al trabajo de impresión o cuando aumenta la complejidad y/o el tamaño de las geometrías que se van a imprimir.

La velocidad de creación degradada resultante puede ralentizar el proceso de toma de decisiones y eliminar el propósito de tener una impresora 3D en las propias instalaciones para el modelado de conceptos.

Si bien una velocidad de impresión más alta siempre resulta beneficiosa, es especialmente importante para las aplicaciones de modelado de conceptos. Las impresoras 3D que cuentan con una velocidad de construcción vertical alta independiente de la cantidad de piezas y la complejidad, normalmente se utilizan para aplicaciones de modelado de conceptos, ya que pueden imprimir un mayor número de modelos alternativos rápidamente para realizar las comparaciones y así poder acelerar y mejorar el proceso de toma de decisiones

**2.2.2.2 Coste por pieza.** El coste por pieza normalmente se expresa mediante el coste por volumen, como el coste por pulgada cúbica o el coste por centímetro cúbico. Los costes por piezas individuales pueden variar considerablemente incluso en la misma impresora 3D en función de la geometría de la pieza, así que asegúrese de entender si el coste de la pieza suministrado por un fabricante es para una pieza específica, o una pieza “típica”, es decir, una media entre un grupo de piezas distintas.

En ocasiones es útil calcular el coste de la pieza basándose en su propio conjunto de archivos STL que representan sus piezas habituales para determinar los costes de piezas esperados. Con el fin de comparar adecuadamente las ofertas de distintos fabricantes, es también importante entender qué se incluye o no para poder calcular el coste de las piezas.

Algunos fabricantes de impresoras 3D solo incluyen el coste de un volumen específico del material de impresión igual al volumen medido de la pieza finalizada. Este método no representa de forma adecuada el coste real de las piezas impresas, ya que no incluye el material de soporte utilizado, los residuos de procesos generados por la tecnología de impresión ni otros consumibles utilizados en el proceso de impresión.

Existen diferencias significativas en la eficacia de los materiales de varias impresoras 3D y el entendimiento del consumo de material real es otro factor clave en la comparación precisa de los costes de impresión.

El coste por pieza está determinado por la cantidad de material total que consume una impresora 3D para imprimir un conjunto de piezas y el precio de los materiales consumidos. Los costes por pieza más económicos se encuentran normalmente en las tecnologías de impresión en 3D basadas en polvos.

El polvo de yeso de bajo coste es el material base del modelo que conforma el grueso de la pieza. El polvo no utilizado se recicla continuamente en la impresora y se vuelve a utilizar en los costes por pieza que pueden ser desde un tercio hasta la mitad del precio de las piezas de otras tecnologías de impresión en 3D

**2.2.2.3** *Precisión.* La impresión en 3D produce piezas de forma aditiva, capa por capa, utilizando materiales que se procesan de una forma a otra para crear la pieza impresa. Este proceso puede introducir variables como la contracción del material que se debe compensar durante el proceso de impresión para garantizar la precisión de la pieza final.

Las impresoras 3D con base de polvo que utilizan aglomerantes cuentan con una distorsión de contracción menor que se atribuye al proceso de impresión y en general son muy precisas.

Normalmente, las tecnologías de impresión 3D para plásticos utilizan calor, luz ultravioleta o ambos métodos como fuentes de energía para procesar los materiales de impresión, lo que añade variables adicionales que pueden afectar a la precisión. Otros factores que afectan a la precisión de la impresión en 3D son el tamaño de la pieza y la geometría.

**2.2.2.4** Algunas impresoras 3D ofrecen distintos niveles de herramientas de preparación de impresión para ajustar la precisión de geometrías específicas. Las afirmaciones de precisión por parte de los fabricantes suelen referirse a piezas de pruebas de medición específicas y los resultados reales pueden variar en función de la geometría de la pieza, por lo que es importante definir los requisitos de precisión de su aplicación y probar la impresora 3D utilizando la geometría de su aplicación específica.

### **2.2.3** *Propiedades de los materiales*

Los más comunes: ABS y PLA

Estos dos son los materiales compatibles con casi todas las impresoras hogareñas que se venden.

Ambos son termoplásticos, y se venden en rollos de filamento que cuestan entre \$45-55 cada uno, pero hay algunas diferencias claves entre ellos.



- ABS: Es el plástico que sueles encontrar en electrodomésticos y juguetes como el Lego. Es muy duro y resiste altas temperaturas.

Para mejor, es fácil pintar sobre el, o pegar diferentes partes. Eso sí: es más difícil de usar por un novato y requiere que la impresora tenga una superficie capaz de calentarse a altas temperaturas.

- PLA: Es un termoplástico de origen natural, cuya ventaja es la gran cantidad de colores disponibles y que permite impresiones más rápidas.<sup>2</sup> Además no emite gases perjudiciales al salir del extrusor (a diferencia del ABS). Es el material ideal para empezar en la impresión en 3D, y para objetos que no requieran mucha resistencia (como adornos).

Filamentos alternativos: Madera, piedra, goma y más

La vida no termina en ABS y PLA, y hay otros materiales más raros que permiten lograr texturas especiales o flexibilidad, que funcionan en la mayoría de las impresoras:

- Laybrick: Es una mezcla de yeso con plástico que permite crear piezas con una textura similar a la piedra, que a simple vista no parecen plástico. Puede tener textura lisa o rugosa, y es fácil pintar sobre el. Se vende en rollos de filamento de al rededor de 30€.

- Laywoo-D3: Mezcla de madera con plástico para imprimir objetos que realmente se vean como de madera. Incluso simula efectos como los anillos de la madera o el olor característico. Viene en rollos de filamento como los anteriores.

- Soft PLA (FLexible PLA): Este filamento gomoso permite imprimir objetos flexibles, a los cuales se les aplica estrés y no se rompen. Por ejemplo puede usarse para imprimir calzado o ruedas de otros objetos.

- Nylon: Es una alternativa clásica al ABS y PLA, pero más resistente y flexible, además de natural y resistente al agua. Completando sus ventajas, es reutilizable.

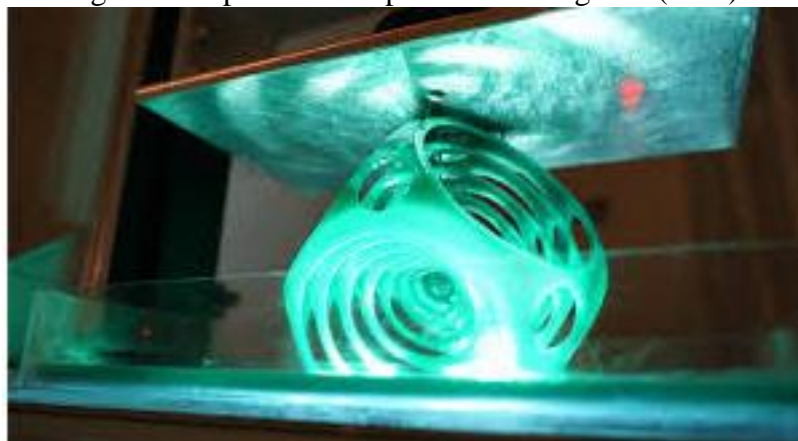
- Bendlay: Este filamento es flexible (como el Soft PLA) pero con la particularidad de ser transparente. Es seguro para el contacto con la comida, así que puede usarse para recipientes o botellas. (Sebastian, 2014)

**2.2.4** *Clasificación de las impresoras 3D según el método de construcción.* Las impresoras 3D se pueden clasificar de acuerdo al tipo de método de construcción.

**2.2.4.1** *Impresoras 3D por Estereolitografía (SLA).* Esta técnica fue la primera en utilizarse. Consiste en la aplicación de un haz de luz ultravioleta a una resina líquida (contenida en un cubo) sensible a la luz. La luz UV va solidificando la resina capa por capa. La base que soporta la estructura se desplaza hacia abajo para que la luz vuelva a ejercer su acción sobre el nuevo baño, así hasta que el objeto alcance la forma deseada.

Con este método se consiguen piezas de altísima calidad, aunque, por sacar un inconveniente, se desperdicia cierta cantidad de material en función del soporte que sea necesario fabricar.

Figura 6. Impresoras 3D por Estereolitografía (SLA).



Fuente: <https://goo.gl/y12OGU>

**2.2.4.2** *Impresoras 3D de sinterización selectiva por láser (SLS).* También conocido en inglés como Selective Laser Sintering (SLS), esta tecnología se nutre del láser para imprimir los objetos en 3D.

Nació en los años 80, y pese a tener ciertas similitudes con la tecnología SLA, ésta permite utilizar un gran número de materiales en polvo (cerámica, cristal, nylon, poliestireno, etc.).

El láser impacta en el polvo, funde el material y se solidifica. Todo el material que no se utiliza se almacena en el mismo lugar donde inició la impresión por lo que, no se desperdicia nada.

Una de las impresoras 3D más famosas que utilizan esta tecnología de impresión 3D es la EOS. Con las dos últimas tecnologías se consigue una mayor precisión de las piezas impresas y mayor velocidad de impresión.

Figura 7. Impresoras 3D de sinterización selectiva por láser (SLS).



Fuente: <https://goo.gl/zZrMdB>

**2.2.4.3 Impresoras 3D por inyección.** Este es el sistema de impresión 3D más parecido a una impresora habitual (de tinta en folio), pero en lugar de inyectar gotas de tinta en el papel, inyectan capas de fotopolímero líquido que se pueden curar en la bandeja de construcción.

Figura 8. Impresoras 3D por inyección.



Fuente: <https://goo.gl/ndHqql>

**2.2.4.4 Impresión por deposición de material fundido (FDM).** También conocida por FFF (Fused Filament Fabrication)

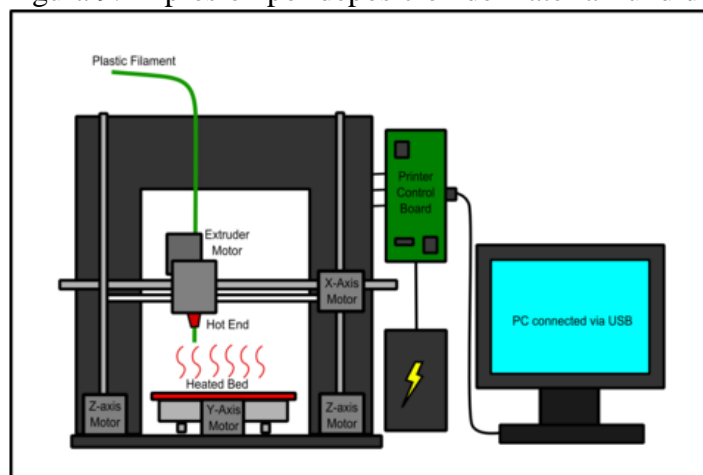
La técnica aditiva del modelado por deposición fundida es una tecnología que consiste en depositar polímero fundido sobre una base plana, capa a capa.

El material, que inicialmente se encuentra en estado sólido almacenado en rollos, se funde y es expulsado por la boquilla en minúsculos hilos que se van solidificando conforme van tomando la forma de cada capa.

Se trata de la técnica más común en cuanto a impresoras 3D de escritorio y usuarios domésticos se refiere. Aunque los resultados pueden ser muy buenos, no suelen ser comparables con los que ofrecen las impresoras 3D por SLA, por ejemplo. La ventaja principal es que esta tecnología ha permitido poner la impresión 3D al alcance de cualquier persona con impresoras como la CubeX, Prusa o cualquier impresora de RepRap.

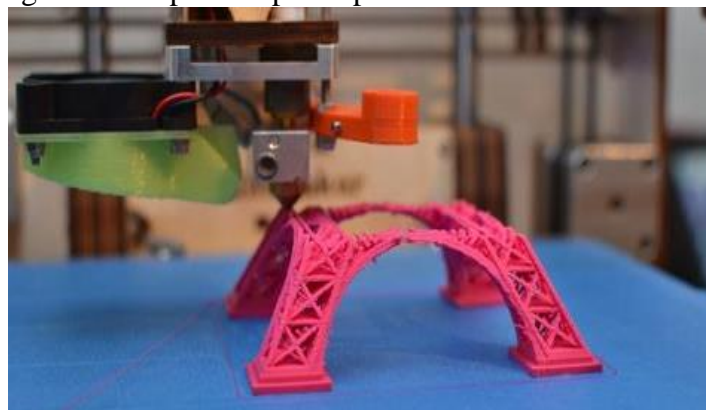
Actualmente se utilizan una gran variedad de materiales, entre los que predominan ABS y PLA.

Figura 9. Impresión por deposición de material fundido



Fuente: <https://goo.gl/ndHqql>

Figura 10. Impresión por deposición de material fundido

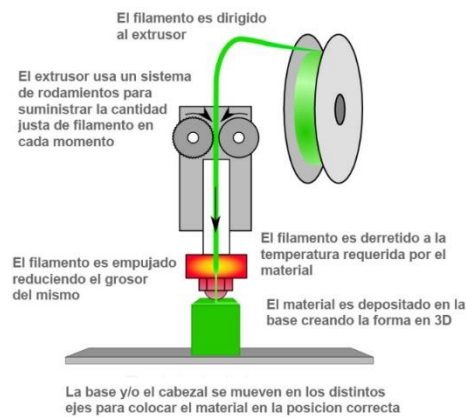


Fuente: <https://goo.gl/ndHqql>

- Principio de funcionamiento de la impresora 3D.

La impresora 3D utiliza un sistema de tecnología por deposición fundida (FDM), deposita material capa por capa de abajo hacia arriba hasta completar la pieza diseñada, por medio de un extrusor empuja el material sintético que se encuentra en forma de filamento enrollado a un inyector donde el filamento sintético se funde a una temperatura adecuada, este inyector se mueve en dos ejes (x, y), mientras la base o cama de impresión se mueve en el eje z hacia abajo para permitir la deposición de una nueva capa.

Figura 11. Principio de funcionamiento



Fuente: <http://todo3d.cl/que-es-una-impresora-3d/>

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO

#### 3.1 Diseño de la cadena de protección de cableado

**3.1.1** *Reseña de la maquina Bridgeport.* La Fresadora CNC Bridgeport según sus respectivos catálogos fue ensamblada en 1995, y fue importada por la empresa Ecuamatrix en la cual se encontró funcionando hasta el año 2016 en el cual fue adquirida para la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, gracias a la gestión del Ing. Ángel Guamán, quien promovió la iniciativa de la práctica del modelado CAD- CAM.

**3.1.2** *Identificación de la cadena de protección a sustituirse.* La fresadora CNC Bridgeport es muy similar a las máquinas convencionales y posee las mismas partes móviles, es decir, la mesa, el cabezal de corte, el husillo y los carros de desplazamiento lateral y transversal. Entre estos componentes se encuentra la cadena de protección de cableado, la cual tiene como función transportar con total seguridad datos y energía. La máquina Bridgeport del laboratorio de CAD CAM tiene un gran tiempo de uso, debido a esto sus componentes se han ido deteriorando y la cadena de protección de cableado es un claro ejemplo.

Es evidente que la cadena de protección de cableado ha sufrido un desgaste considerable por lo que es necesario sustituirla, para ello nos apoyaremos en la tecnología de impresión 3D con la cual se va a diseñar y fabricar su repuesto.

El desgaste de la cadena se ha producido por diferentes factores como:

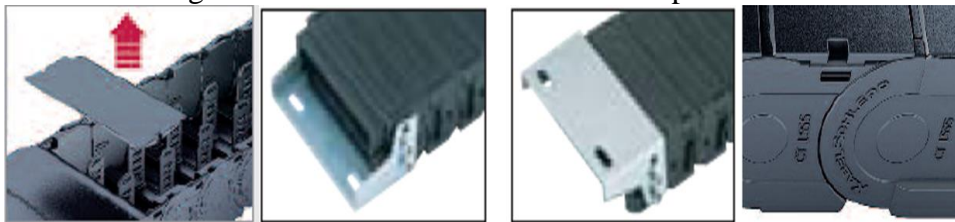
- Tiempo de vida útil: Siendo este el factor más importante por el cual la cadena de protección de cableado no puede cumplir correctamente su función.
- Fricción superficial de las cadenas portacables originado por el desplazamiento de los ejes de la máquina CNC.

- Exigencias mecánicas sobre las cadenas debido al peso de los cables de control, datos y alimentación.
- Velocidad de carrera y aceleración: Las altas aceleraciones pueden hacer oscilar la cadena portacables y menoscabar la duración de la cadena.
- Condiciones ambientales adversas: polvo, agentes mecánicos, térmicos o químicos.

**3.1.3** *Diseño de la cadena de protección de cableado.* El diseño de la nueva cadena de protección de cableado se basa en la cadena deteriorada, ya que mediante investigación dicha cadena no se encuentra a disposición del fabricante,

Para el presente diseño se basa en elementos esenciales que toda cadena debe contar como muestra la siguiente imagen.

Figura 12. Elementos de una cadena de protección



Fuente: Murrplastic

- Tapa superior
- Enlace superior
- Enlace inferior
- Tapa lateral

La cadena de protección de cableado deteriorada de la fresadora CNC Bridgeport presente en el laboratorio de CAD CAM servirá de base para el diseño de su repuesto, ya que de ella se extraerá datos muy importantes, es decir, elementos y dimensiones (longitud, anchura, altura, radios de curvatura, diámetro de los orificios, etc.), tipo de material, resistencia, entre otros.

Para el diseño de la cadena de protección se considera los elementos más importantes que son: tapa superior, enlace inferior, enlace superior y tapa lateral.

- Tapa superior y tapa lateral.- Son componentes que soportan los esfuerzos que se ejerce en la cadena. Generalmente están sometidas a esfuerzos mecánicos como por ejemplo el originado por el peso de los cables, esfuerzos dinámicos generados por el movimiento de los ejes de la máquina y también soportan condiciones ambientales adversas como la corrosión, abrasión, etc.
- Enlace superior e inferior.- Son elementos de unión entre los eslabones y ofrecen una fijación segura y muy compacta de cadenas sin la menor dificultad. Están adaptados a la correspondiente anchura de la cadena y sólo necesitan ser enganchados al eslabón.

**3.1.4** *Justificación de la sustitución de la cadena de protección de cableado por un modelo impreso.* La máquina al ser ensamblada de fábrica conto con dicha cadena, para poderla sustituirla se debe colocar la misma que fue debidamente seleccionada para su ensamble.

La cadena de protección de cableado de la fresadora CNC Bridgeport presente en el laboratorio de CAD CAM está deteriorada por lo que se debe sustituirla, lastimosamente no se encuentra disponible en el mercado.

Sustituir la cadena de protección es de vital importancia, el no hacerlo puede ocasionar averías en la máquina ya que dicha cadena representa un elemento clave para el buen funcionamiento de los cables dentro de cualquier aplicación en movimiento, ya sea longitudinal, giratoria, vertical, etc.

Tal es su importancia que es considerada como el cordón umbilical de las máquinas, dado que aporta de forma segura tanto la alimentación de potencia como de los diferentes tipos de señales.

Además, la cadena de protección de cableado en mal estado afecta la integridad de los estudiantes y docentes al momento que realizasen sus prácticas en la máquina,

Ya que la protección inadecuada de los cables puede generar riesgos eléctricos, entre otros riesgos, y esto puede perjudicar la salud de los participantes.



Por lo descrito anteriormente se evidencia la necesidad de adquirir un repuesto para la cadena de protección del cableado, pero como no es posible conseguirla en el mercado se ha optado por el empleo de la tecnología 3D para fabricar un modelo homólogo que reúna las características y tenga la misma funcionalidad que la cadena original.

### 3.2 Selección del software de diseño

**3.2.1** *Software de diseño.* Existe una gran variedad de programas de diseño en el mercado y la mayoría de estos son compatibles con los formatos de impresión, se distinguen por su complejidad en el manejo, algunos programas necesitan conocimientos de ingeniería.

No es lo mismo imprimir un modelo decorativo que imprimir otro que sea parte de una máquina o elemento de ingeniería, en este último caso se necesitara de un programa potente y preciso, todos los diseños deben ser exportados en un formato STL (siglas provenientes del inglés "STereo Lithography"), es el formato estándar para las tecnologías de fabricación aditiva.

Tabla 1. Softwares más populares para diseños 3D

		General		3D Printing Community				Total Score
		Social	Website	Forums	YouTube	Databases	Google	
1	Blender	61	91	100	100	27	100	80
2	SketchUP	87	82	79	49	80	74	75
3	SolidWorks	95	81	42	52	25	75	62
4	AutoCAD	100	78	46	43	4	85	59
5	Maya	91	80	35	50	3	93	59

Fuente: <https://goo.gl/3ApmJX>

**3.2.2** *Selección del software de diseño a utilizarse.* Entre dichos softwares se procede a realizar la selección de uno de ellos según una tabla de ponderación establecida desde el valor 1 al ser el menos calificado hasta el 5 que es la mejor calificación como se presenta en la siguiente tabla.

Los factores establecidos se los plantea mediante investigación y la experiencia académica, dichos factores son necesarios para realizar fácil realización del modelo de cadena de protección.

En la selección del software se debe tomar en cuenta que se va a diseñar piezas mecánicas, por ende se debe elegir un software que brinde esa funcionalidad. Además necesitamos que reúna las siguientes características principales:

- Que tenga la opción de guardar mi archivo de diseño como formato STL.
- Ser amigable con el usuario, es decir, que me brinde facilidades de diseño.

Con base a lo descrito, para el diseño de la cadena de protección de cableado se ha tomado en cuenta tres softwares (Solidworks, Autocad, SketchUP) que se considera reúnen las características necesarias para este tipo de trabajo.

La selección del software ideal para el diseño se ha realizado mediante una tabla de ponderación establecida desde el valor 1, que es la menor calificación, hasta el valor 5 que es la mejor calificación. Los factores establecidos para la selección se los plantea mediante investigación y la experiencia académica, estos factores se han tomado en cuenta porque permiten una fácil realización del modelo de la cadena de protección.

Tabla 2. Selección del software de diseño

<b>Factor</b> <b>Software</b>	<b>Facilidad de</b> <b>diseño</b>	<b>de</b> <b>Pre visualización dinámica</b> <b>de la zona de gráficos</b>	<b>Facilidad de</b> <b>modelado 3D</b>
SolidWorks	5	5	5
AutoCAD	4	3	3
SketchUP	3	3	3

Fuente: Autores

SolidWorks es lo que llamamos un modelador sólido “paramétrica”. Que se utiliza para el diseño 3D. Paramétricos significa que las dimensiones pueden tener relaciones entre sí y se puede cambiar en cualquier momento durante el proceso de diseño para modificar automáticamente la parte sólida. AutoCAD, sin embargo, es principalmente una herramienta de diseño 2D, pero las capacidades 3D limitados.

Tabla 3. Selección de la mejor opción

<b>Software</b>	<b>Ponderación</b>
SolidWorks	15
AutoCAD	10

Fuente: Autores

Se ha seleccionado SolidWorks para realizar el diseño de la cadena de protección de cableado, ya que, es el más ponderado para la realización del diseño.

### 3.3 Selección del método de impresión 3D.

En la actualidad se cuenta con una variedad de métodos para impresión de modelos en 3D pero se debe tomar en cuenta varios parámetros esenciales para su selección, ya que, es indispensable tener cuenta que método que se va a emplear.

**3.3.1 Ponderación y selección de la mejor opción.** Se procede a la ponderación de los diferentes métodos de modelado 3D tomando en cuenta los parámetros que se presentan a continuación; la ponderación se procede a establecer valores de 1 a 5 siendo 5 la mejor opción.

Tabla 4. Selección del método de impresión

<b>Factor Método</b>	<b>Bajo costo de adquisición de maquinaria</b>	<b>Bajo costo de fabricación de piezas</b>	<b>Facilidad de adquisición de materia prima</b>
Por Estereolitografía (SLA).	1	2	2
Sinterización selectiva por láser (SLS).	1	2	1
Por inyección.	2	3	1
Por deposición de material fundido (FDM).	5	5	5

Fuente: Autores

Tabla 5. Selección de la mejor opción

<b>Método de impresión</b>	<b>Ponderación</b>
Por Estereolitografía (SLA).	5
Sinterización selectiva por láser (SLS).	4
Por inyección.	6
Por deposición de material fundido (FDM).	15

Fuente: Autores

Se seleccionó el método de impresión por deposición de material fundido (FDM), ya que, en Ecuador se está contando poco a poco con esta tecnología, y dicho método es el más conocido, por ende se cuenta con la facilidad de adquisición de materia prima y asesoría técnica.

Hay varias ventajas y desventajas de este método que se aprecian en la tabla siguiente.

Tabla 6. Ventajas y Desventajas (FDM)

Ventajas	Desventajas
Bajo Costo	Velocidad de impresión lenta en objetos grandes
Sencillez de uso	No es bueno para detalles pequeños
Buena resistencia a altas temperaturas desde 85° C a 205° C	Limitación en la dimensiones del objeto.
Los objetos son aptos para cromar, pintar, mecanizar.	Terminación superficial algo rugosa
Variedad de materiales (PLA, ABS, OTROS).	En algunas piezas se necesitan soportes
Escaso mantenimiento de máquina.	No se pueden imprimir paredes delgadas.

Fuente: Autores

La razón para seleccionar el método de impresión fue el económico, el método por deposición fundida es muy económico comparado con otros métodos que utilizan impresoras industriales que sobrepasan los 10000 USD.

### 3.4 Selección del material a utilizar para la fabricación

Una vez ya seleccionado el método de impresión se procede a seleccionar el material a utilizar o materia prima, para dicho método se puede utilizar filamentos de varios materiales entre los más utilizados ABS, PLA, Multiflex

**3.4.1** *Ponderación y selección de la mejor opción.* El 95% de impresoras de modelado por deposición fundida utilizan PLA o ABS, en el mercado nacional existen diferentes empresas que ofertan estos dos materiales en rollos medidos al peso.

**3.4.1.1** *Diferencias entre ABS y PLA.* Hay varias diferencias entre el ABS Y PLA, se debe analizar el tipo de material que se necesita según nuestras necesidades.

- Resistencia

Para la selección del material se utilizó la literatura encontrada en nuestra investigación, en un estudio realizado en el departamento de Ingeniería de los materiales en España se hicieron pruebas térmicas y mecánicas en dos materiales principales en impresoras 3D (ABS y PLA), se construyeron 6 probetas para someterlas a análisis mecánico con configuraciones de porcentajes de densidad diferentes

El ensayo de tracción se llevó a cabo bajo la norma ISO 527-2:2012 los resultados obtenidos en el material ABS y PLA son:

Tabla 7. Tensiones máximas en ABS

Tensión máxima (Mpa)	45° 100%	45° 50%	45° 20%	45° 10%	Honey 80%	Honey 50%	Honey 20%	Honey 10%
ABS NATURAL	22,03	14,48	13,21	12,61	22,37	15,7	12,19	9,8
ABS ROJO	21,02	12,15	10,04	9,08	14,1	13,15	10,28	13,47

Fuente: <https://goo.gl/dl786B>

Tabla 8. Tensiones máximas en PLA

Tensión máxima (MPa)	45° 100%	45° 50%	45° 20%	45° 10%	Honey 80%	Honey 50%	Honey 20%	Honey 10%
PLA NATURAL	27,84	15,33	10,11	9,85	21,08	15,59	11,19	12,13
PLA ROJO	29,88	12,13	10,11	8,05	17,91	14,4	11,03	9,45

Fuente: <https://goo.gl/dl786B>

Los datos que nos interesan son con el tipo de relleno de panel de abeja (Honey) a 10%, según los datos se puede apreciar el PLA natural tiene una mayor resistencia a la rotura.

- **Probetas con absorción de agua**

Las probetas se introdujeron en un recipiente de agua alrededor de 48 horas para verificar la absorción de agua, esta prueba se la realizo para verificar si las condiciones adversas afectaban las propiedades mecánicas del material.

En el ensayo térmico el ABS tiene una absorción de humedad de 3% pero este porcentaje no afecta a sus propiedades ya que la diferencia de tensiones llega apenas a 2MPa, en el caso del PLA no existe absorción de humedad.

Tabla 9. Pruebas ABS con absorción de agua

ABS NATURAL	Módulo Young	Tensión máx	Defo rotura
45 100	E (MPa)	Sigma r (MPa)	Unitaria
Media	778,49	22,03	0,0544
Desviación	22,26	0,90	0,0111

Fuente: <https://goo.gl/xS42o0>

Tabla 10. Pruebas PLA con absorción de agua

PLA NATURAL	Módulo Young	Tensión máx	Defo rotura
45 100	E (MPa)	Sigma r (MPa)	Unitaria
Media	1352,84	27,84	0,1241
Desviación	164,5157205	0,719652694	0,03742103

Fuente: <https://goo.gl/dl786B>

- **Estudio económico de las propiedades mecánicas**

Este estudio nos permite seleccionar el material más resistente y a la par más económico.

Para llevar a cabo este estudio se ha estimado el consumo de energía de la impresora que es alrededor de 300 W, el costo de 1kw/ h en el país es de 0.05 centavos de dólar, el costo de material se estima por cada metro usado, el precio del ABS es de 0.417 ctvs. / m, el PLA tiene un costo de 0.66 ctvs. / m.

El costo de impresión por horas según la potencia y la mano de obra van a ser iguales, la diferencia significativa está en el costo de filamento, el ABS como se pudo verificar en los ensayos mecánicos cumple con una buena resistencia al igual que el PLA pero si se quiere seleccionar el material más económico y a la vez resistente se escogerá el PLA.

- **Mecanización posterior a la impresión.**

También se realizó una comparación según su mecanización posterior a la impresión, con las ventajas y desventajas de estos dos materiales.

– **ABS**

El ABS se puede mecanizar, pulir, lijar, limar, agujerear, pintar, pegar etc. con extrema facilidad, y el acabado sigue siendo bueno.

Gracias a su extremada resistencia y su pequeña flexibilidad hace que sea el material perfecto para infinidad de aplicaciones industriales.

Diseños que se pueden imprimir con ABS:

- Prototipos funcionales
- Herramientas de fabricación
- Moldes, incluyendo moldes por inyección
- Piezas de encaje a presión para su uso a altas o bajas temperaturas
- Piezas eléctricas, carcasas, carcasas para teléfonos móviles
- Piezas y tapas del motor.

Al llegar al punto de fusión el ABS desprende gases que en concentraciones altas pueden ser nocivas.

Tabla 11. Propiedades ABS

Material	Límite Elástico	Límite de tracción	Límite de flexión	Densidad
ABS	32 MPA	32 MPA	49 MPA	1020Kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Autores

#### – PLA

Es un termoplástico biodegradable de origen vegetal, con el paso del tiempo puede perder sus propiedades iniciales hasta su descomposición en elementos químicos finitos, en el anexo D se pueden apreciar las propiedades del PLA.

Diseños que se pueden imprimir con PLA:

- No necesita plataforma caliente.
- Los colores son en su mayoría transparentes y brillantes.
- Se utiliza comparativamente mucho menos en la industria.
- No resiste las altas temperaturas
- Se empieza a descomponer a partir de 50-60 grados centígrados
- No emite gases nocivos.
- Tiene una resistencia menor que el ABS.

Tabla 12. Propiedades PLA

Material	Límite Elástico	Límite de tracción	Límite de flexión	Densidad
PLA	30 MPA	28 MPA	39 MPA	1250kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Autores

Selección de la mejor alternativa. Se procede a la ponderación selectiva entre PLA y ABS materiales utilizados para el modelado 3D tomando en cuenta los parámetros que se presentan a continuación; la ponderación se procede a establecer valores de 1 a 5 siendo 5 la mejor opción.

Tabla 13. Selección del material a utilizar para la fabricación

<b>Método</b> \ <b>Factor</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Costo</b>	<b>Características</b>	<b>Propiedades</b>
PLA	4	5	5	4
ABS	5	5	3	4

Fuente: Autores

Tabla 14. Selección de la mejor opción

<b>Material</b>	<b>Ponderación</b>
PLA	18
ABS	17

Fuente: Autores

Se seleccionó la alternativa B como material para ser empleado según la calificación de acuerdo a las características y al uso del modelo a construirse, es por esto que el material más adecuado es el PLA, analizando sus características, el PLA tiene una gran resistencia, es muy importante porque el modelo va a estar sometido a presión.

El diámetro del filamento es de 1.75 mm compatible con la impresora utilizada en nuestro proyecto, la empresa en donde se adquirió la impresora será donde también se comprará el filamento de PLA.

El color del filamento es blanco se seleccionó este color porque es un tono neutro, el color blanco permite que la pieza construida se pueda pintar de cualquier color sin degradarse.

### **3.5 Selección de la impresora a utilizar para la fabricación de la cadena de protección de cableado.**

Una vez ya seleccionado el método de impresión y la materia prima a utilizar se procede a seleccionar la impresora para la fabricación de la cadena de protección de cableado a sustituirse. Para la selección de la impresora se tuvo en cuenta varios parámetros sobre la pieza a fabricar, costo, material utilizado, software, repuestos.



- La impresora deberá ser compatible con el filamento ABS y PLA que son más utilizados en el mercado.
- Compatibilidad del software de manejo de la impresora.
- Facilidad de repuestos

Estos son los parámetros más relevantes que se toman en cuenta para la selección de la mejor alternativa para la adquisición de la impresora.

Se tomó contacto con varias empresas que comercializaban impresoras 3D en el país, se consideraron 2 modelos de impresoras.

**3.5.1** *Características de las mejores opciones en impresoras.* A continuación se presentan características de las mejores opciones de impresoras en el mercado ecuatoriano para su adquisición.

**3.5.1.1** *Impresora 3D XYZ Davinci 1.0.* Es una impresora 3D de la empresa Taiwanesa XYZ, es una de las marcas más asequibles del mercado, utiliza filamentos de diseño propio, cuenta con un sistema de auto-nivelación de la base.

El sistema cerrado garantiza seguridad al no quedar expuesta el área de trabajo como en otras impresoras, está fabricada con un sistema cerrado.

El interior de la impresora se destaca por algunas particularidades:

- En la parte derecha de la impresora hay un sistema de limpieza para limpiar la boquilla del exceso de material que puede obstruir el libre paso de filamento, para colocar este exceso de material existe un contenedor pequeño que después se lo puede sacar para arrojar el filamento.
- El cabezal tiene una pequeña barra de metal que hace contacto con la superficie de impresión para detectar automáticamente la altura a la que se encuentra la plataforma.

Figura 13. Impresora 3D XYZ Davinci 1.0



Fuente: <https://goo.gl/gP2kWJ>

Las características se aprecian a continuación:

Tabla 15. Características impresora 3D XYZ Davinci 1.0

<b>Tecnología de Impresión</b>	<b>Fabricación con Filamento Fundido</b>
Volumen de Impresión	20x20x20 cm
Diámetro de Filamento	1,75 mm
Tipo de Filamento que soporta	ABS, PLA.
Conectividad	USB 2,0x1
Entrada	100-240 V, 50-60Hz
Estructura	Compacta (cerrada)

Fuente: Autores

Las características completas se aprecian en el Anexo A

**3.5.1.2 Impresora 3D Sais Creator 2.** La impresora se la adquiere en un kit que debe ser calibrado, requiere una cierta cantidad de manejo y conocimiento básico de una impresora 3D para su correcto montaje.

Está diseñada con una estructura abierta con placas de aluminio de 8mm de espesor, las barras para el desplazamiento XYZ están hechas en acero inoxidable.

En la parte inferior está el panel de control que contiene información sobre: Temperatura, tiempo de impresión etc.

Soporta 5 tipos de materiales: PLA/ABS/ABS Flexible/ Madera

Figura 14. Impresora 3d Creator 2



Fuente: <https://goo.gl/6v5fqE>

Características:

Tabla 16. Características impresora 3d Creator 2

Tecnología de Impresión	Fabricación con Filamento Fundido
Volumen de Impresión	20x20x18 cm
Diámetro de Filamento	1,75 mm
Tipo de Filamento que soporta	ABS,PLA,Nylon.
Conectividad	USB 2,0x1 / SD
Entrada	110V/1.5A /220V/360w
Estructura	Abierta

Fuente: Autores

Las características completas se aprecian en el Anexo B

**3.5.2 Selección de la mejor opción.** La calificación se dio en base a las características, el precio, accesibilidad a repuestos, la seguridad y los puntos de adquisición en el mercado. Se procedió a realizar una ponderación desde 1 el cual es el menos calificado hasta 5 el cual es el mejor.

Tabla 17. Selección de la impresora a utilizar

Factor Impresora	Características	Costo	Repuestos	Software
Davinci 1.0	4	4	2	4
Creator 2	5	4	5	4

Fuente: Autores

Una vez estudiadas las características se asignó un número a cada uno de estos parámetros, para la selección se tomó en cuenta el valor más alto entre las dos opciones siendo la Impresora 3D Creator 2 la de más valor.

Tabla 18. Selección de la mejor opción

Impresora	Ponderación
Davinci 1.0	14
Creator 2	18

Fuente: Autores

Impresora 3D Creator 2, la garantía cumple con un tiempo significativo, las características se adaptan a la necesidad, el costo está dentro del presupuesto, además es compatible con el filamento PLA, esto es de mucha importancia debido al uso de PLA en la construcción, la impresora no cuenta con cartucho lo que es un gran beneficioso.

El software es compatible en cualquier ordenador y soporta formatos STL.

### 3.6 Softwares a utilizar para manipular la impresora 3D Creator 2.

Mediante investigación y consejos del proveedor de la impresora, recomendó dos softwares el cual dicho proveedor con su experiencia los ha seleccionado, por la adquisición de la impresora fueron proporcionados.

Se va a utilizar los siguientes softwares:

- Netfabb Basic
- MatterControlSetup-1.6.0

**3.6.1** *Netfabb Basic.* Es un software diseñado específicamente para fabricación aditiva, prototipado rápido e impresión 3D. Incluye la capacidad de visualizar, editar, analizar y reparar archivos STL, o archivos basados en secciones en varios formatos. La versión llamada Studio Basic desarrollada en otoño de 2010 funciona bajo Windows / Linux y Mac. Posee interfaz gráfica amigable.

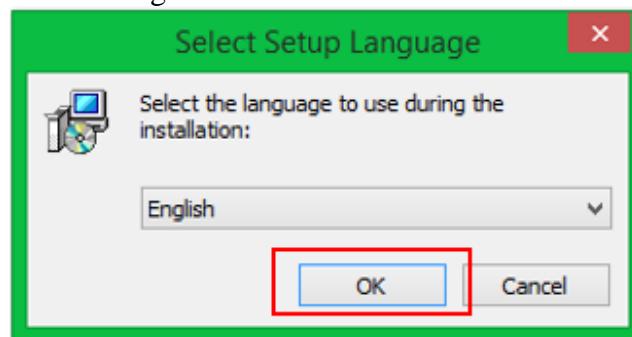
Una vez exportado nuestro diseño, dicho software va a ayudar a seleccionar la posición adecuada para la impresión de la pieza, y en otras aplicaciones para escalar, dividir la

pieza. La reconstrucción de la malla, basada en la representación poligonal de la superficie del objeto es una tarea complicada que debe ser llevada a cabo por dicho software.

**3.6.1.1** Instalaciones del software. Para instalar el software se sigue los siguientes pasos:

- Se selecciona un idioma, en este caso cuenta con English y Deutsch, se escoge English por ser un idioma conocido e interpretable. Se da clic en OK

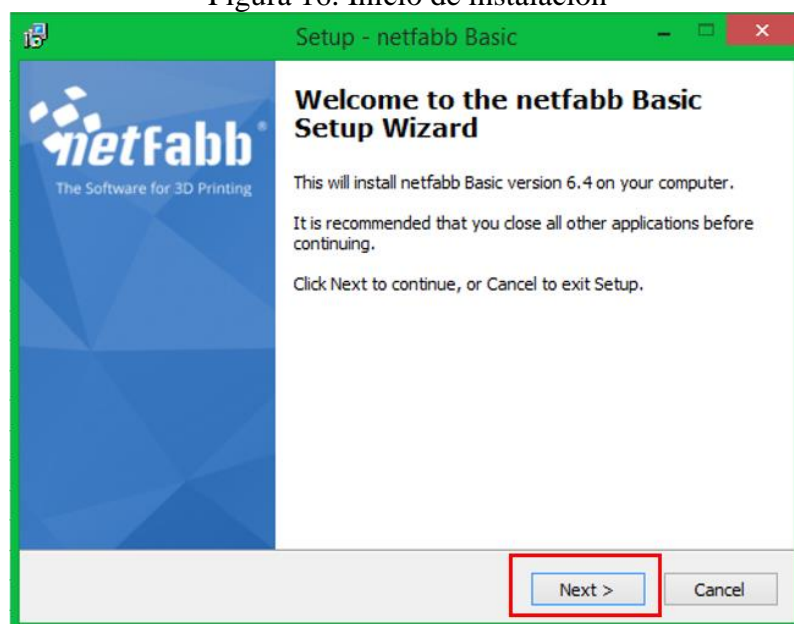
Figura 15. Selección del idioma



Fuente: Autores

- La siguiente ventana informa el software que se va a instalar se da clic en Next para continuar.

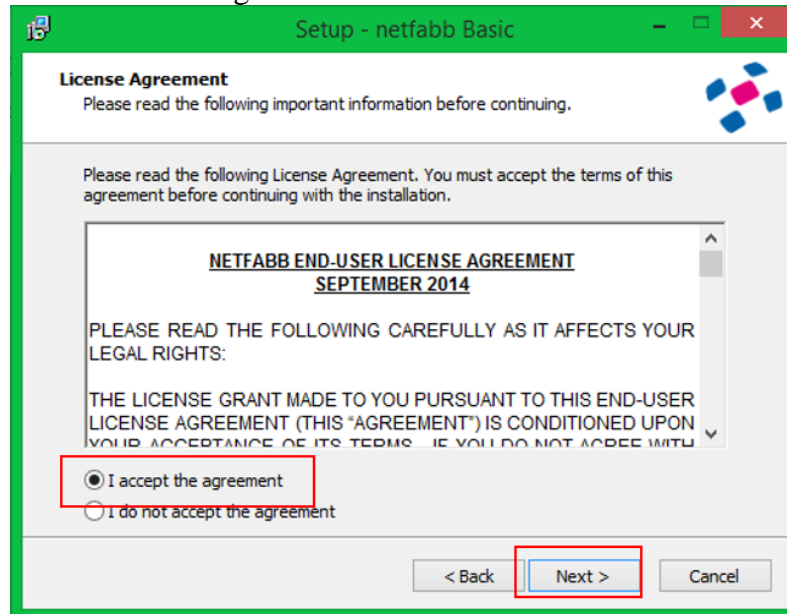
Figura 16. Inicio de instalación



Fuente: Autores

- La ventana muestra los acuerdos para instalar, se selecciona I accept the agreement, y se procede a dar clic en Next para continuar.

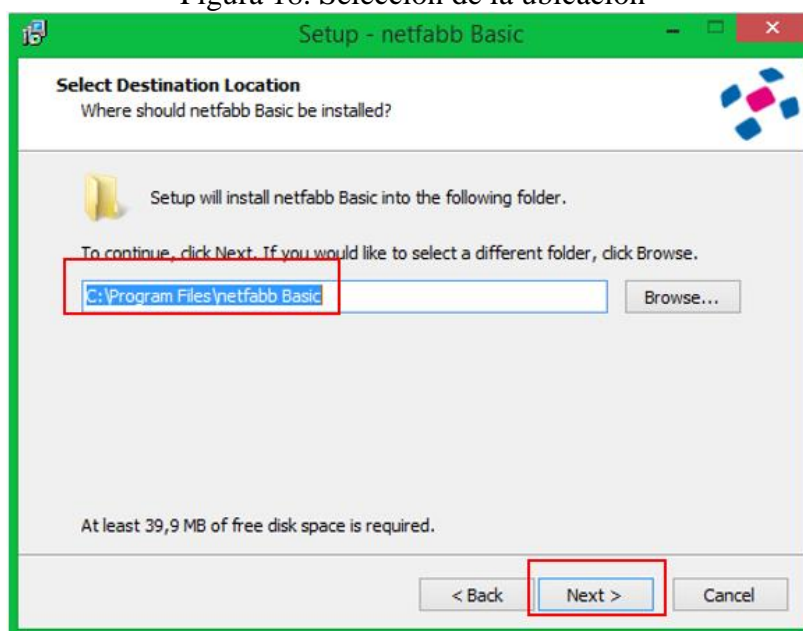
Figura 17. Acuerdo de licencia



Fuente: Autores

- En la siguiente ventana se presenta para la selección de la carpeta en la cual se va a instalar y el espacio requerido del software. Una vez ya seleccionada la carpeta se da clic en Next.

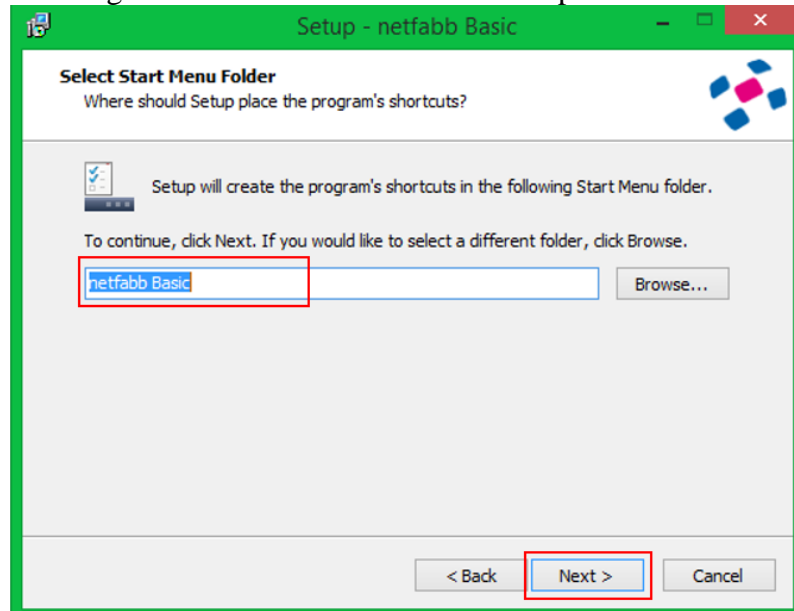
Figura 18. Selección de la ubicación



Fuente: Autores

- Se muestra en la ventana que el software va a crear un acceso en el icono de inicio, se procede a dar clic en Next.

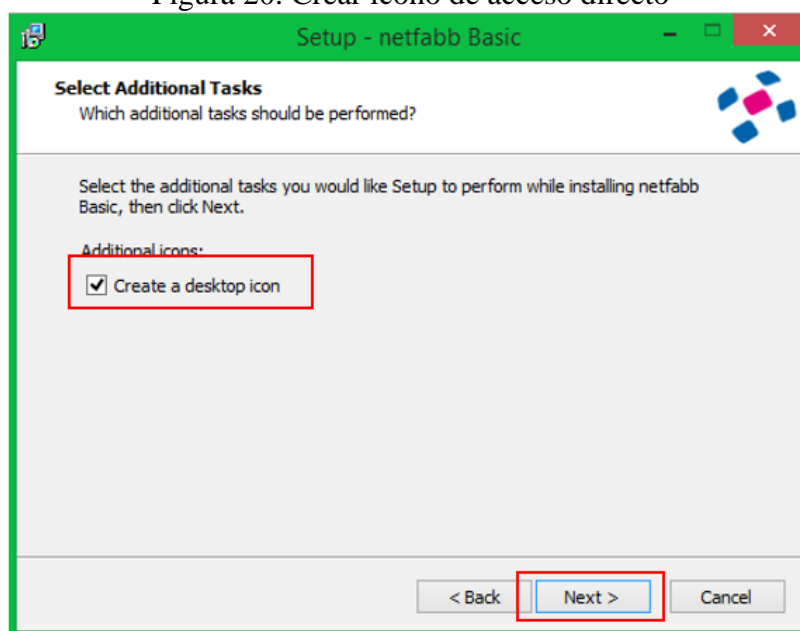
Figura 19. Crear acceso directo en la pestaña inicio



Fuente: Autores

- En la siguiente ventana indica que va a crear un acceso directo en el escritorio del computador, si se desea el acceso directo dar visto en el recuadro caso contrario quitar el visto y dar clic en Next.

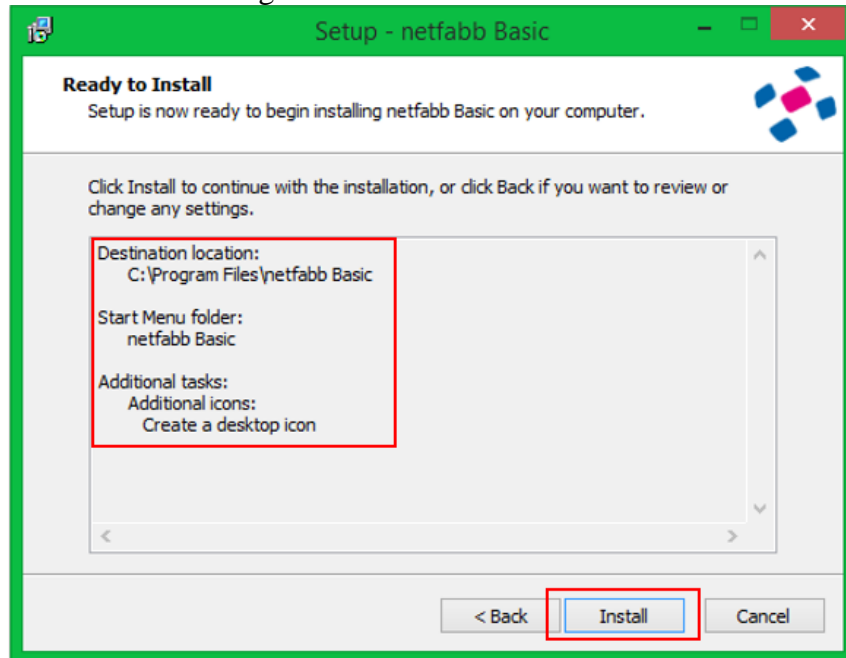
Figura 20. Crear icono de acceso directo



Fuente: Autores

- La siguiente ventana es un resumen de la ubicación y creación de accesos directos, y se procede a dar clic en Instalar.

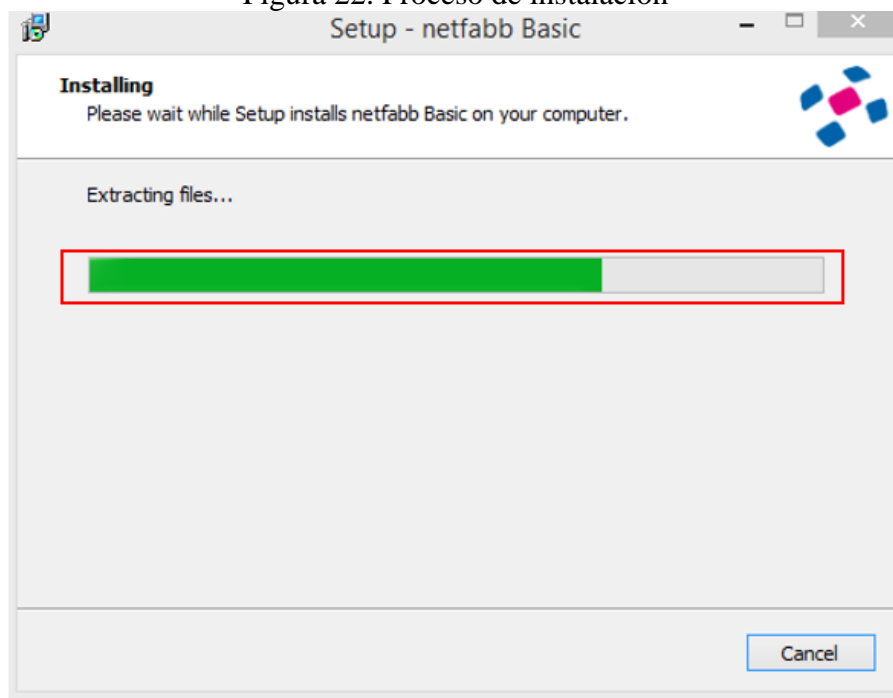
Figura 21. Ventana de resumen



Fuente: Autores

- En la siguiente ventana se muestra el proceso de instalación

Figura 22. Proceso de instalación

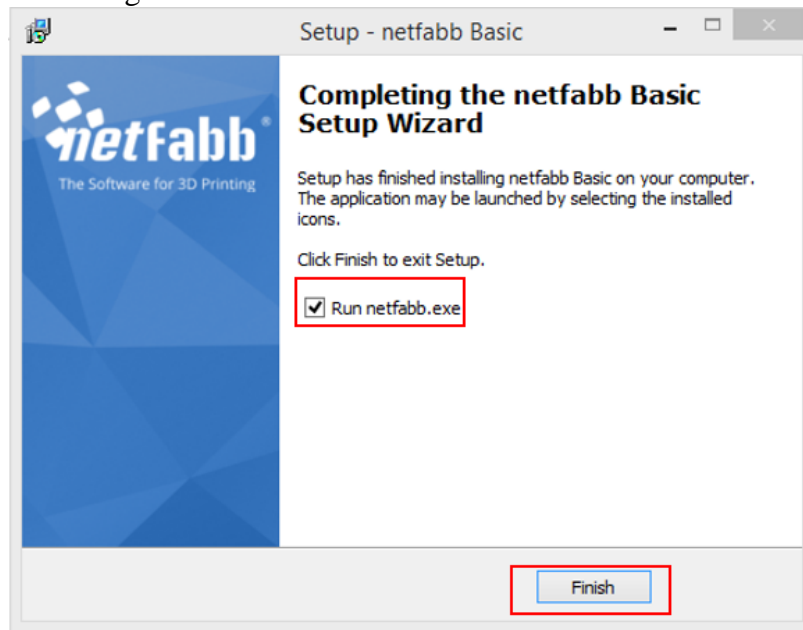


Fuente: Autores



- Al terminar el proceso de instalación, se da clic en Finalizar.

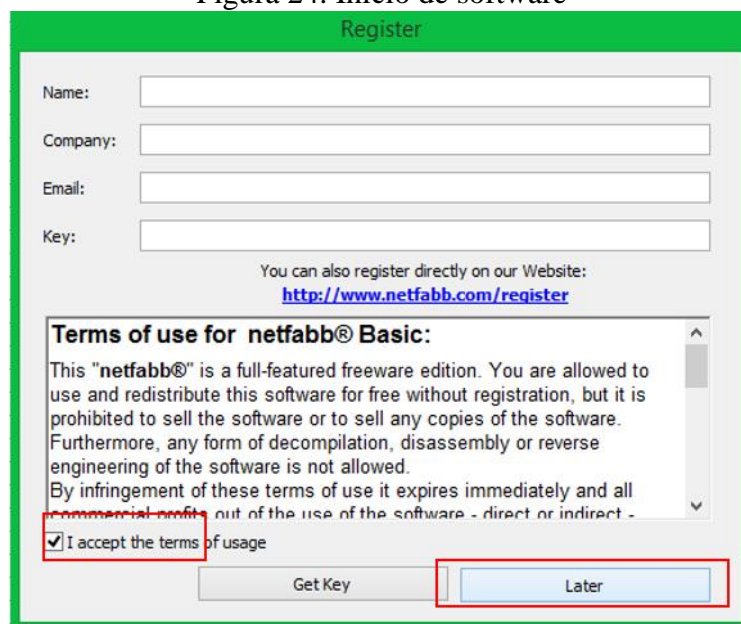
Figura 23. Ventana de finalización de instalación



Fuente: Autores

- Para iniciar el software se selecciona I accept the terms of usage y dar clic en Later, ya que el software funciona bien si no se registra la licencia.

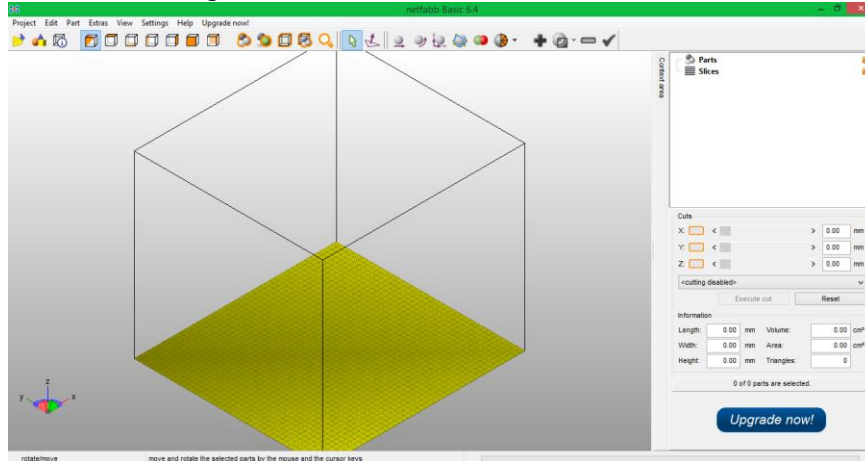
Figura 24. Inicio de software



Fuente: Autores

- Finalmente, el software está listo para ser utilizado.

Figura 25. Pantalla de inicio del software



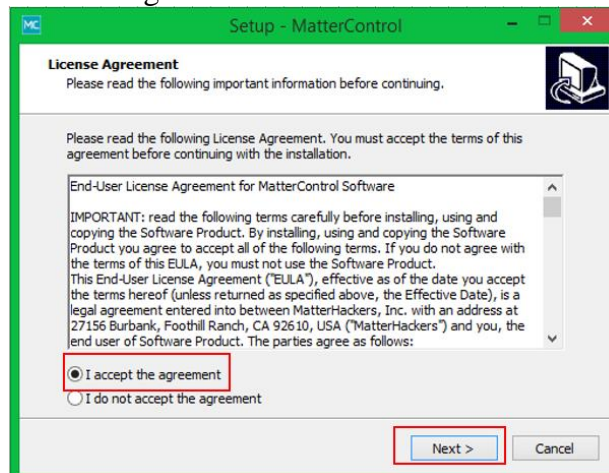
Fuente: Autores

**3.6.2** *MatterControlSetup-1.6.0.* El software va a ser utilizado para manejar los parámetros de impresión, es decir, va a seleccionar como debe proceder la impresora para imprimir la pieza. Una vez realizada la reconstrucción de la malla en netfabb Basic, la cual se basa en la representación poligonal de la superficie del objeto. Dicho software puede trabajar de forma online con la impresora o simplemente generar el Código-G para ser introducida a la impresora.

**3.6.2.1** *Instalación del software.* Se va a seguir los siguientes pasos para la instalación de dicho software.

- La presente ventana va a mostrar el acuerdo de derecho en el cual se procede a seleccionar en I accept the agreement y se da clic en Next.

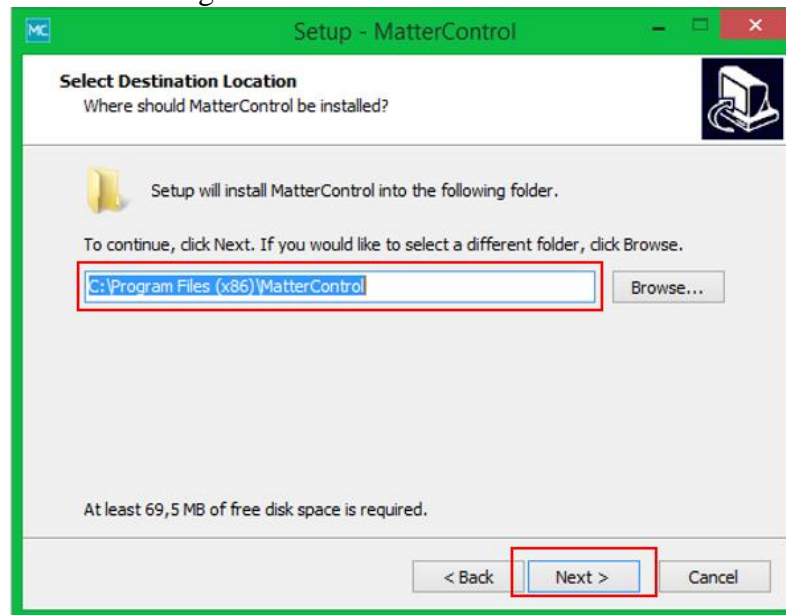
Figura 26. Acuerdo de licencia



Fuente: Autores

- Luego se selecciona la carpeta donde se va a instalar el software.

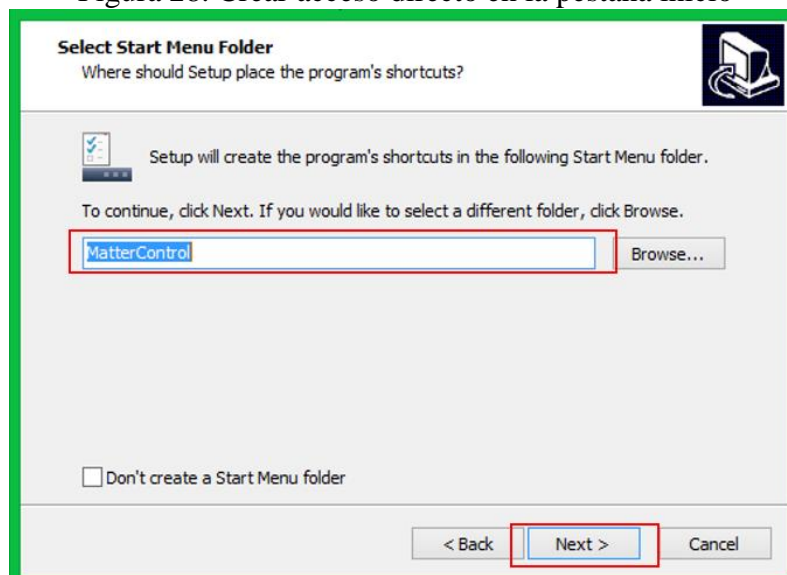
Figura 27. Selección de la ubicación



Fuente: Autores

- En la siguiente ventana se indica que se procede a anclar un acceso directo al menú inicio. Y se da click en Next.

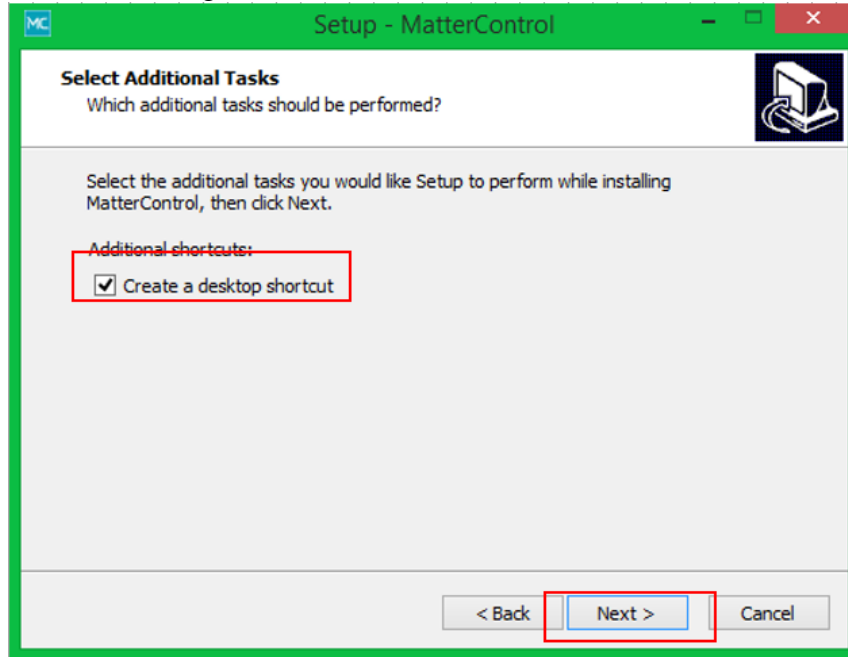
Figura 28. Crear acceso directo en la pestaña inicio



Fuente: Autores

- En la siguiente ventana nos indica la creación de un acceso directo en el escritorio del computador. Y posteriormente se da clic en Next

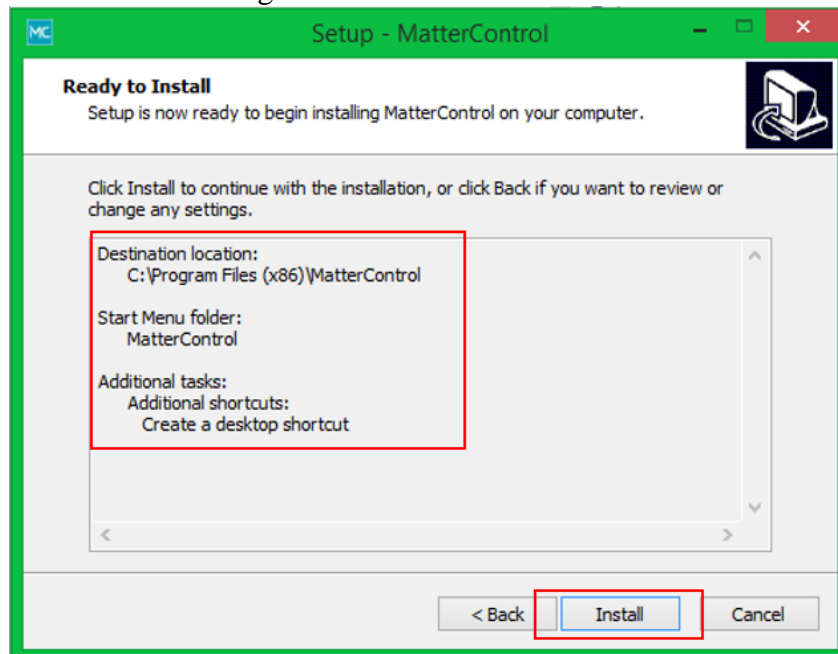
Figura 29. Crear icono de acceso directo



Fuente: Autores

- En la siguiente ventana nos muestra un resumen de las anteriores ventanas confirmando lo ya seleccionado. Se procede dar clic en Install.

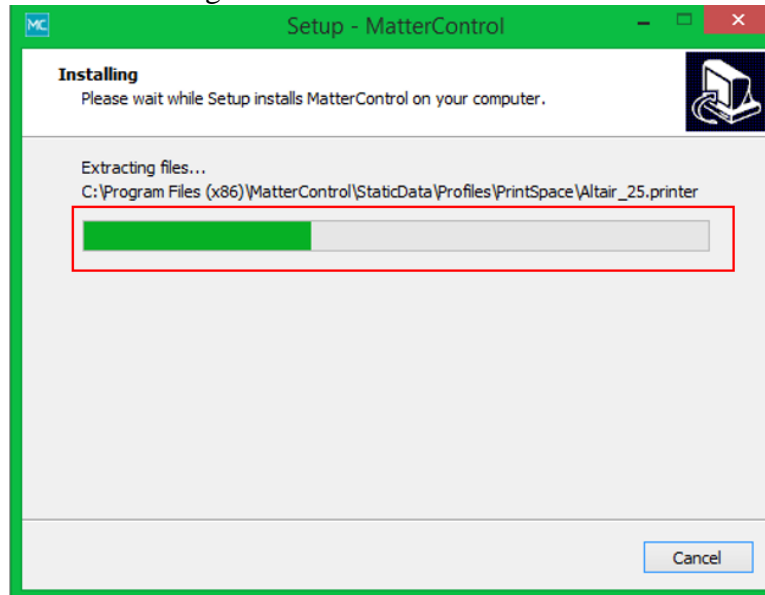
Figura 30. Ventana de resumen



Fuente: Autores

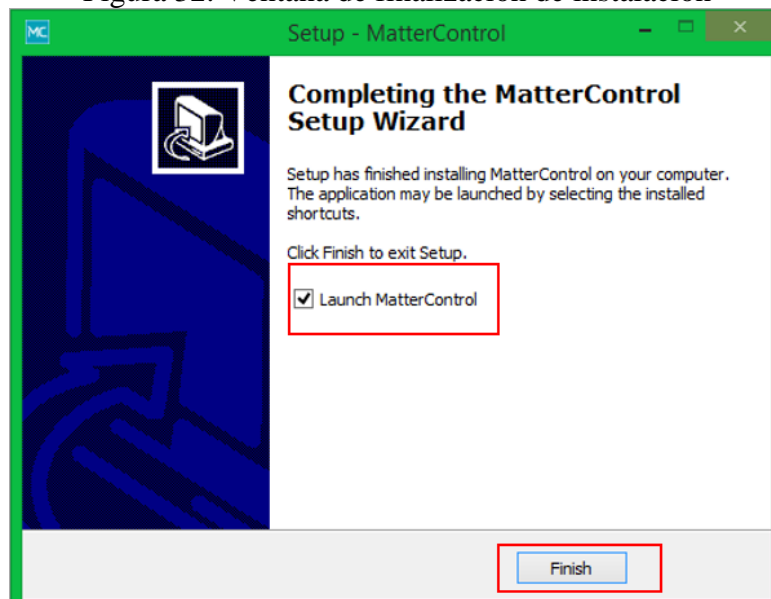
- Se presenta el proceso de instalación del software y al culminar se presenta una ventana de finalizar y se da clic en Finish. Y el software está listo para ser utilizado

Figura 31. Proceso de instalación



Fuente: Autores

Figura 32. Ventana de finalización de instalación



Fuente: Autores

## CAPÍTULO IV

### 4. PARÁMETROS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN.

#### 4.1 Modelado de piezas de la cadena de protección de cableado

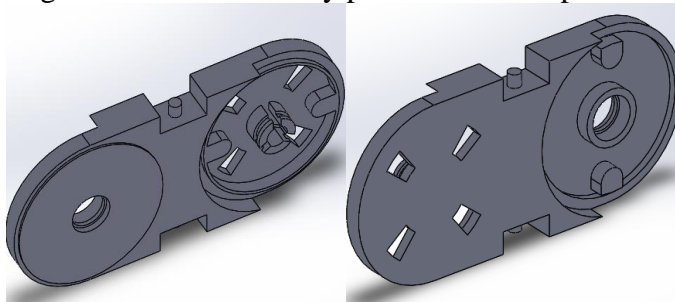
Una vez seleccionada las características y dimensiones de la cadena de protección de cableado a sustituirse y sus respectivas partes se procede al modelado en el software de diseño 3D Solid Works debido a que se tiene la licencia en la Facultad de mecánica y además de ser seleccionado anteriormente por brindar facilidades de diseño.

La cadena está conformada por varias partes que se detallan a continuación: Las partes de la cadena son las siguientes:

- Tapa lateral
- Tapa superior
- Enlace superior
- Enlace inferior

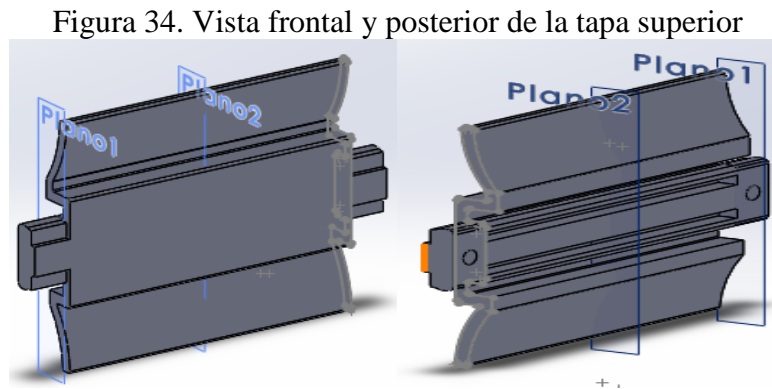
**4.1.1** *Tapa lateral.* Son aquellas que al momento de ser ensambladas van a proporcionar la facilidad de movimiento y van a servir de apoyo para las tapas superiores e inferiores, el diseño de la tapa lateral es más compleja que las demás por tener detalles pequeños, al momento de imprimir estos detalles se tomara en consideración colocar material de apoyo porque la mayoría tiene salidas que pueden distorsionar la forma. Se puede apreciar de mejor manera en el Anexo C.

Figura 33. Vista frontal y posterior de la tapa lateral



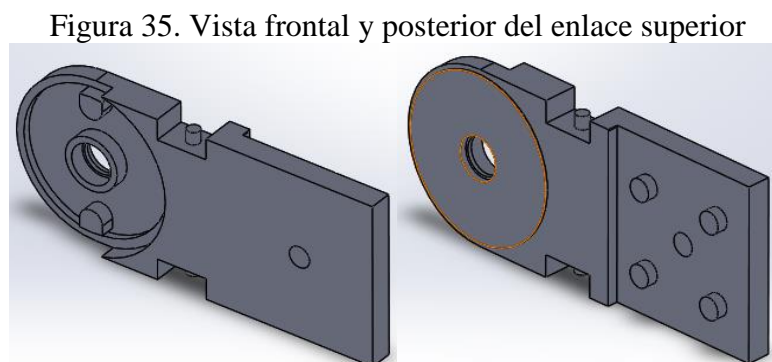
Fuente: Autores

**4.1.2** *Tapa superior.* son las que se acoplan a las tapas laterales y su función es la protección del cable de agentes externos como puede ser las limallas producidas en el mecanizado, dicha cadena va a contar con el mismo modelo tanto en la parte superior como inferior. Se puede apreciar de mejor manera en el Anexo D.



Fuente: Autores

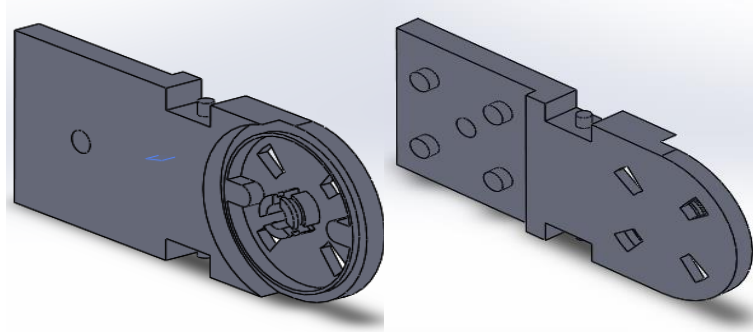
**4.1.3** *Enlace superior.* Son aquellas que se van a acoplar al inicio de la cadena de protección de cableado para la sujeción de la misma y del cable a proteger. Se puede apreciar de mejor manera en el Anexo E. Los enlaces superiores como se muestra en la siguiente figura cuentan con un diseño similar a las tapas laterales, con el propósito de ensamblarse con las mismas.



Fuente: Autores

**4.1.4** *Enlace inferior.* Son aquellas que se van a acoplar al final de la cadena de protección de cableado para la sujeción de la misma y del cable a proteger. Se puede apreciar de mejor manera en el Anexo F. Los enlaces inferiores como se muestra en la siguiente figura cuentan con un diseño similar a las tapas laterales, con el propósito de ensamblarse con las mismas.

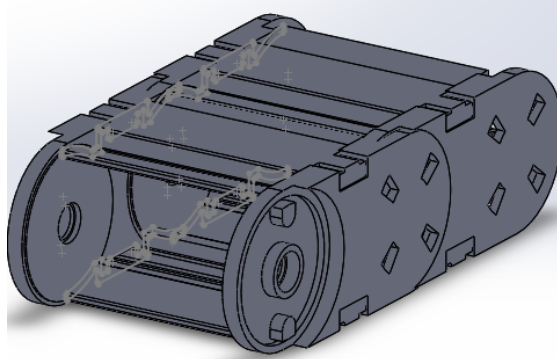
Figura 36. Vista frontal y posterior del enlace inferior



Fuente: Autores

**4.1.5** *Ensamble en software de diseño.* El software brinda la herramienta de ensamble para verificar si las formas concadenen en su lugar, se seleccionan las piezas guardadas y con relación de posición se colocan de modo que se forme el eslabón, la siguiente imagen muestra el eslabón ensamblado en su totalidad.

Figura 37. Vista frontal y posterior del enlace superior



Fuente: Autores

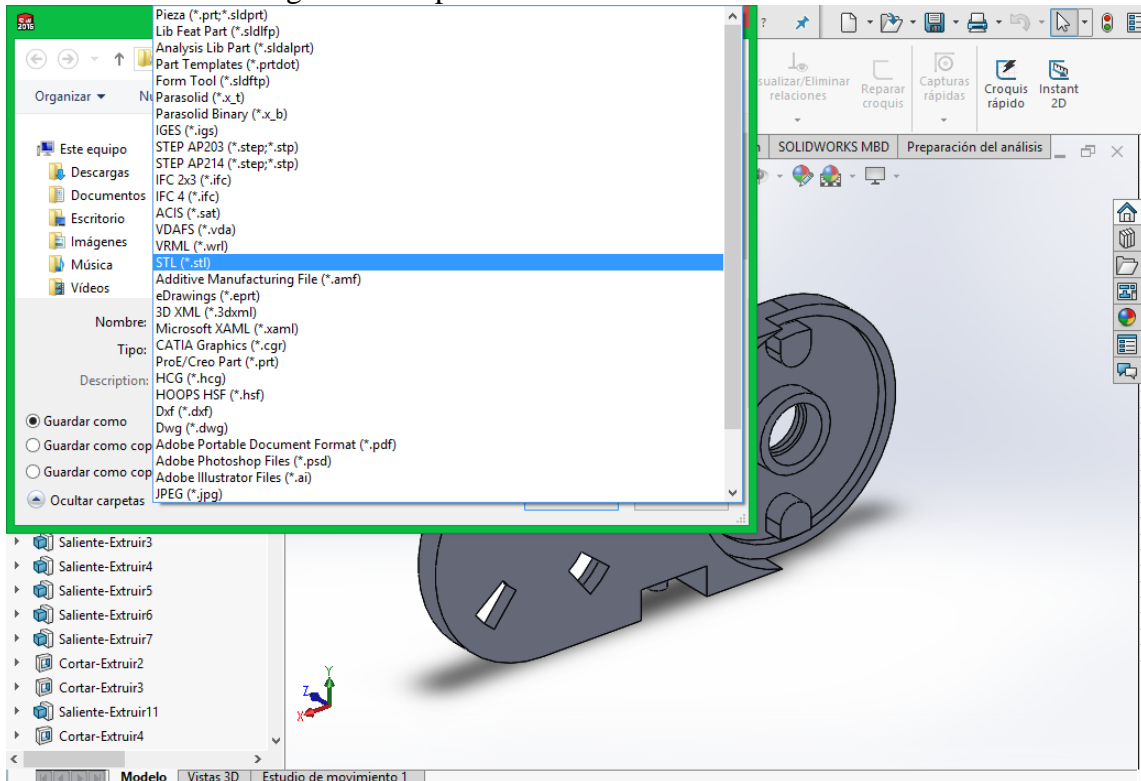
**4.1.6** *Exportado de archivos.* Para exportar archivos se debe guardar en un formato STL, como se explicó anteriormente, este formato es compatible con todos los softwares de impresoras 3D y tiene la particularidad de definir un diseño 3D geoméricamente excluyendo características como color texturas o propiedades físicas.

Desde el software de diseño se procede a dar clic en el icono guardar, posteriormente en guardar como, se selecciona la carpeta donde se desea guardar y en tipo se selecciona el formato STL (\*.stl), el archivo se encuentra listo para ser manipulado por los softwares de la impresora 3D.

La imagen muestra cómo se procede a guardar el diseño en un formato STL



Figura 38. Exportado de archivo en formato STL



Fuente: Autores

## 4.2 Preparación de archivo para impresión.

El software neftaab básico es un programa que permite reparar las posibles fallas que se produzcan especialmente en el momento de exportar el diseño a un formato STL, también es posible mejorar las características especialmente para construir la triangulación de todo el diseño, es importante mencionar que este software sirve únicamente para modificar y mejorar las propiedades no para generar códigos G.

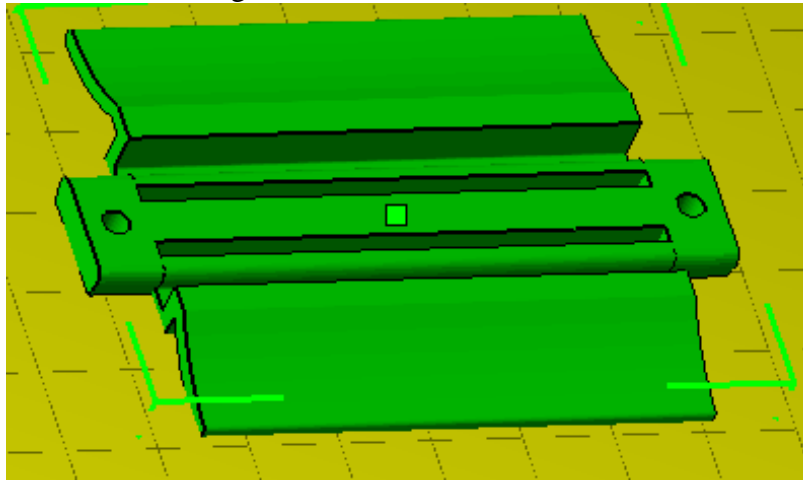
En las piezas de la cadena este software se utilizó para cambiar de posición e imprimir de forma correcta, los pasos que se detallan a continuación se van a realizar para cada uno de los diseños.

**4.2.1 Colocación orientada.** Para que las dimensiones sean exactas a las especificadas inicialmente la colocación del diseño en la bandeja de impresión es crucial además la forma de colocar el objeto influye en el tiempo de impresión, un buen diseño puede verse afectado por una mala colocación a la hora de imprimir el prototipo, por esto debe ser un paso muy importante a ser tomado en cuenta, se recomienda que la parte

más ancha se posicione en la base de este modo se mejora el área de contacto entre la base ,como nuestro diseño en sus límites externos tienen partes pequeñas que pueden sufrir deformaciones se colocara material de apoyo que después será removido cuidadosamente.

En este caso todas las piezas se las coloco en forma horizontal porque es la mejor posición para optimizar el tiempo de impresión y utilizar la menor cantidad de material de apoyo.

Figura 39. Colocación orientada



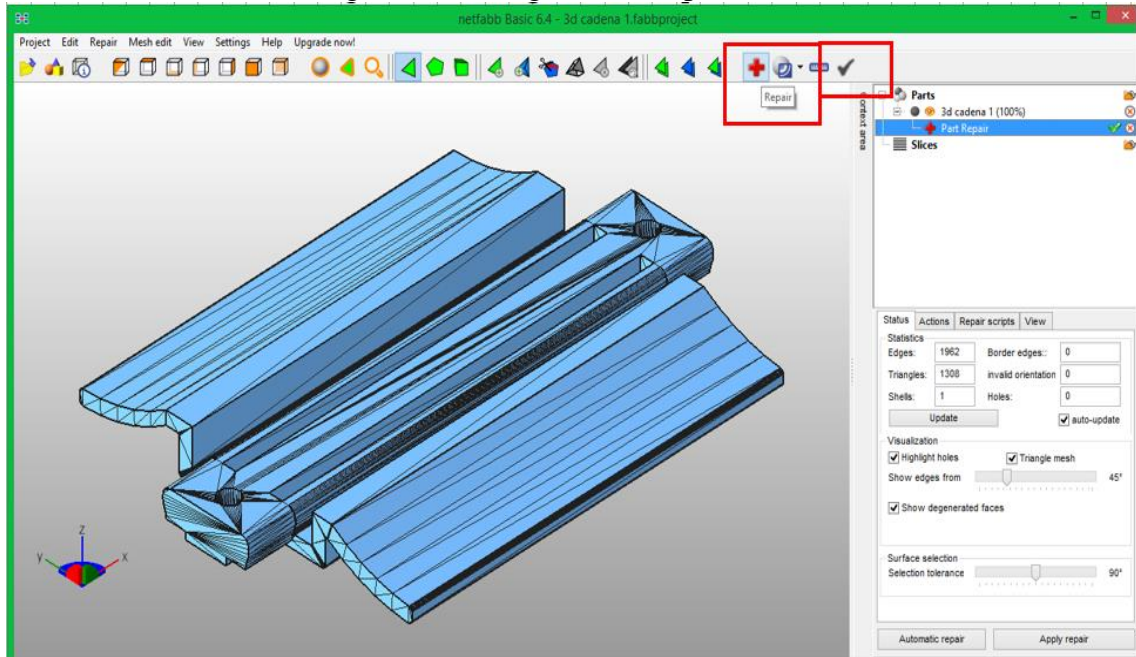
Fuente: Autores

**4.2.2** *Triangulación de polígonos.* Este es el principal objetivo por el cual se utilizó este programa de reparación, aunque a plena vista el diseño está perfecto en muchos casos puede presentar fallas especialmente en el momento de exportar el modelo 3D a un formato STL, la principal falla es que no se forman triángulos en las paredes y al contrario se forman curvas.

Para proceder a reparar esta falla de la triangulación se da clic en la opción **Repair**, como se muestra en la imagen, posteriormente se da clic en el icono de visto y la triangulación está completa.

Una vez ya realizada la triangulación de polígonos el archivo está reparado y listo para ser exportado hacia el programa número dos ( MatterControlSetup-1.6.0) se debe tomar en consideración que para utilizar este programa el diseño deberá estar completamente hecho porque este programa solo sirve para seleccionar los diferentes parámetros de impresión y generar el código G, no para modificar formas .

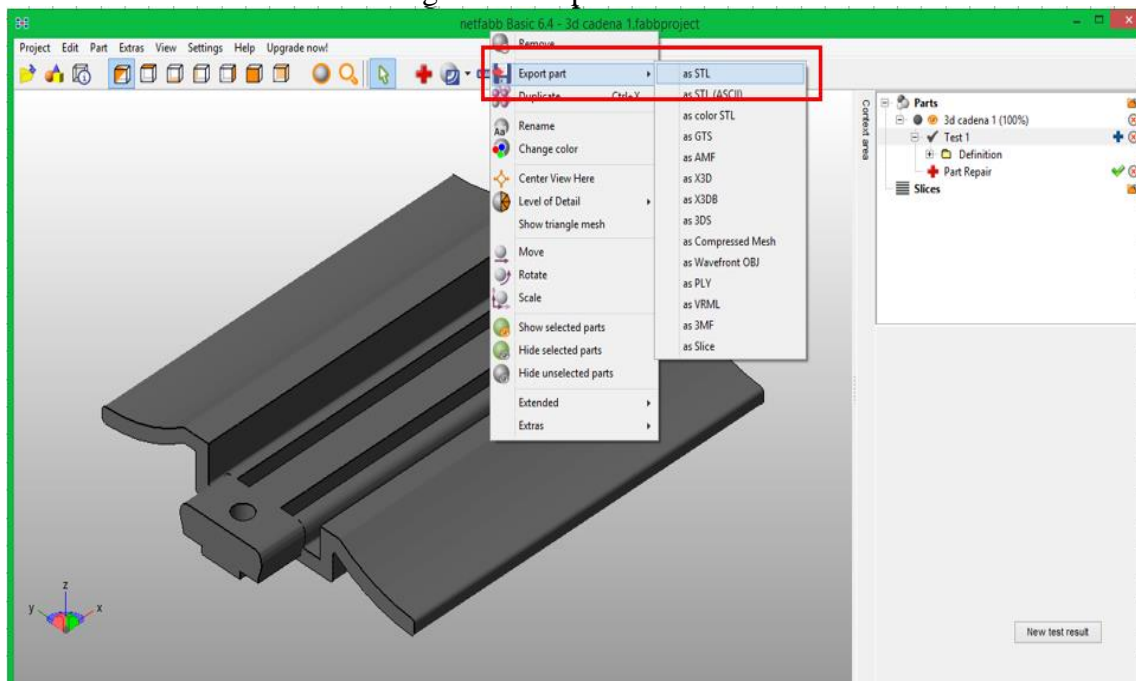
Figura 40. Triangulación de polinomios



Fuente: Autores

**4.2.3** *Exportado de archivo.* Al finalizar la reparación se deberá realizar una última exportación en el mismo formato STL, para exportar el archivo se procede a dar clic derecho sobre la imagen, se selecciona la opción de Export part y se selecciona en as. STL como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 41. Exportar archivo



Fuente: Autores

### 4.3 Parámetros de impresión.

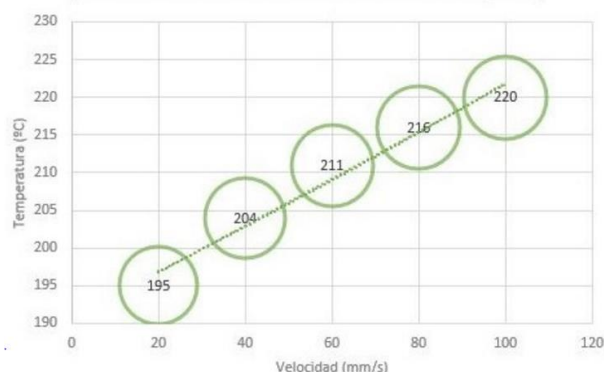
La impresión 3D está compuesta por una serie de pasos, desde el diseño exportación y finalmente la correcta selección de los diferentes parámetros de impresión, de esto dependerá que el diseño cumpla con altas características de resistencia y de precisión, el programa para seleccionar parámetros es MatterControlSetup-1.6.0.

Los principales parámetros a ser seleccionados son:

- Temperatura
- Velocidad
- Densidad de relleno
- Altura
- Material de apoyo

**Temperatura.** Existen diferentes rangos de temperatura dependiendo del material a ser utilizado, en este caso el material PLA el fabricante sugiere varios rangos de temperaturas al que se debe imprimir pero la selección de temperatura optima se debe seleccionar según la forma del diseño y principalmente de la velocidad de extrusión debido a que cuanto mayor sea la velocidad de impresión mayor temperatura de extrusión se necesitara, a continuación se aprecia un gráfico para seleccionar la temperatura adecuada.

Figura 42. Temperaturas de impresión del PLA  
TEMPERATURA IMPRESIÓN PLA (° C)



Fuente: <https://goo.gl/0tP1SI>

En la figura se aprecia una comparación de la temperatura con la velocidad, ratificando lo dicho anteriormente que la temperatura será seleccionada en base a la velocidad.

La temperatura seleccionada para las partes de la cadena de protección es de 180 °C en el extrusor, esta temperatura se selecciona directamente desde la impresora, la temperatura de la base es de 70°C.

**Velocidad:** a menor velocidad el acabado superficial será mejor, se puede variar la velocidad dependiendo del lugar de impresión del diseño mediante la perilla de mando de la impresora.

Se realizaron varias pruebas con diferentes velocidades para seleccionar la mejor opción además de las recomendadas según la temperatura y las características de la pieza, la tabla siguiente muestra las diferentes velocidades recomendadas en distintas zonas de las piezas.

Figura 43. Resumen de velocidades en diferentes zonas

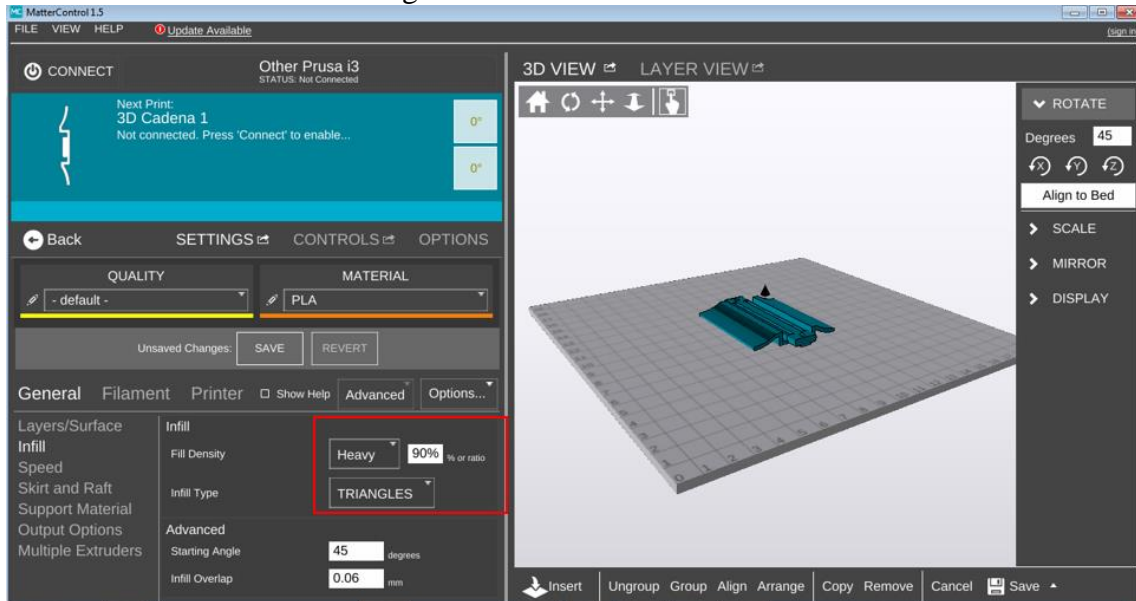
Zona	¿Velocidad?
Perímetros externos	Siempre muy lenta (15-20 mm/s)
Perímetros pequeños (agujeros...)	Siempre muy lenta (15-20 mm/s)
Perímetros internos	Podemos subir la velocidad, sin exagerar (<60mm/s)
Relleno interno	Aquí no hay problema en subir la velocidad al máximo que admita nuestra impresora sin atascarse el extrusor ni tener problemas mecánicos (60-120 mm/s)
Capa sólida superior (externa)	Siempre muy lenta (20-25 mm/s)
Capas sólidas no externas	Podemos subir la velocidad, sin exagerar (<50-60 mm/s)
Puentes	La velocidad debe ser media. Una muy lenta causará que el puente se caiga por su propio peso, y una más rápida puede ocasionar que no salga plástico de lado a lado completamente. (aprox. 50 mm/s)

Fuente: <https://goo.gl/0tP1Sl>

La velocidad seleccionada es 60 mm/s directamente desde la impresora, esta selección de velocidad se realizó según la temperatura, pruebas y forma que en su mayoría es de relleno sólido.

**4.3.1 selección de la densidad de relleno.** Este parámetro influye en la resistencia del prototipo es el parámetro más importante para garantizar un prototipo de calidad y con buena resistencia, a mayor porcentaje de densidad de relleno mayor resistencia, por eso es vital seleccionar densidad de relleno que en este caso es de 90% este porcentaje se selecciona directamente desde el software.

Figura 44. Densidad de relleno



Fuente: Autores

**Altura:** la selección de altura define el grosor de capa y aumenta o disminuye la calidad superficial específicamente en el eje Z, con capas más finas mejora la adherencia o compactación de la pieza, se recomienda que la altura no supere el 80% del diámetro de la boquilla del nozzle (diámetro punta) que en nuestro caso es de 0.4 mm.

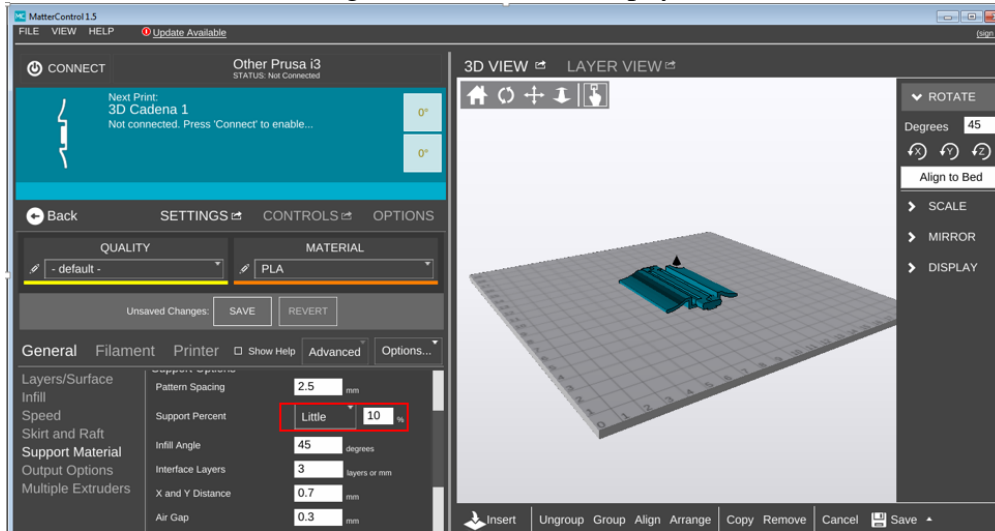
Con estas especificaciones se seleccionó la altura menor que es de 0.1 mm para obtener un buen acabado y además se puede verificar que la altura no es mayor al 80% del diámetro de la boquilla.

**4.3.2 Material de apoyo.** Colocar material de apoyo es necesario cuando se tienen formas con salientes es decir que no tienen contacto con la base o cuando se tienen partes que se puedan desprender con facilidad, en la cadena se colocara material de apoyo específicamente en las esquinas para evitar que las partes se desprendan al momento de cambiar la temperatura.

Esta selección se realiza de la siguiente manera:

En la opción General en la parte izquierda del software se selecciona material de soporte, inmediatamente se desplaza una serie de opciones se selecciona Support Options se dirige a Support Percent y finalmente se selecciona la opción de Little que es de 10%.

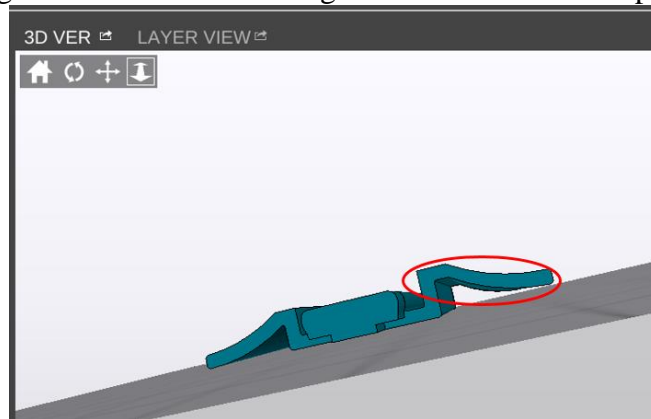
Figura 45. Material de apoyo



Fuente: Autores

En la imagen siguiente se observa los sectores donde se colocaran los materiales de apoyo

Figura 46. Sector donde se generara el material de aporte



Fuente: Autores

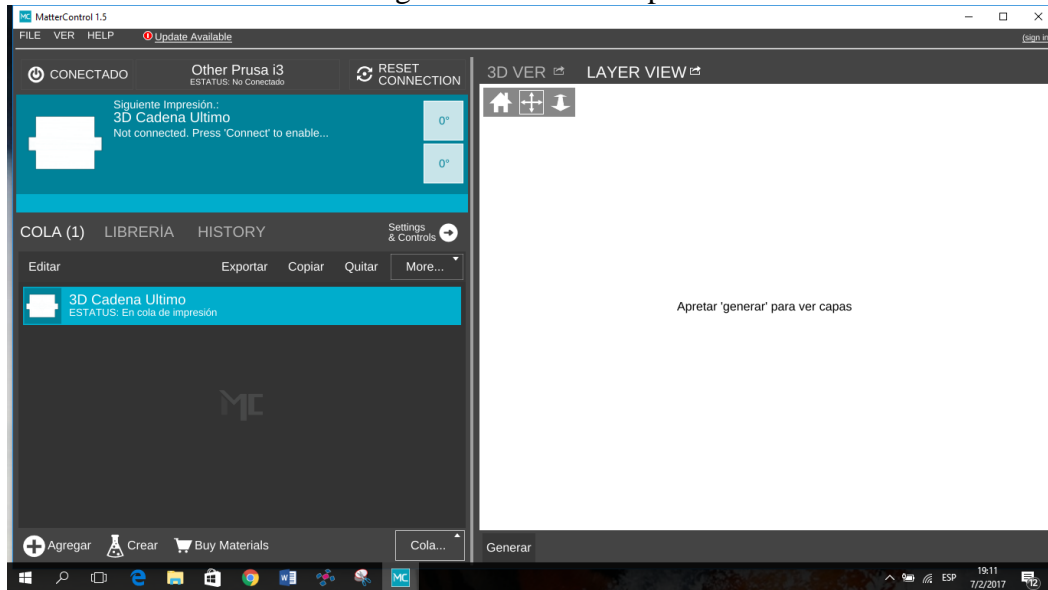
#### 4.4 Simulación de la impresión.

El software tiene la facilidad de poder realizar una simulación previa antes de la impresión física, esta opción es importante para saber el tiempo de impresión, la cantidad de material en gramos y especialmente las posibles fallas que se puedan presentar, con esta simulación se puede ahorrar material y reparar a tiempo los problemas de adherencia o compactación.

Para comenzar con la simulación se dirige hacia la pestaña superior que indica Layer View y se procede a dar clic en la opción General.



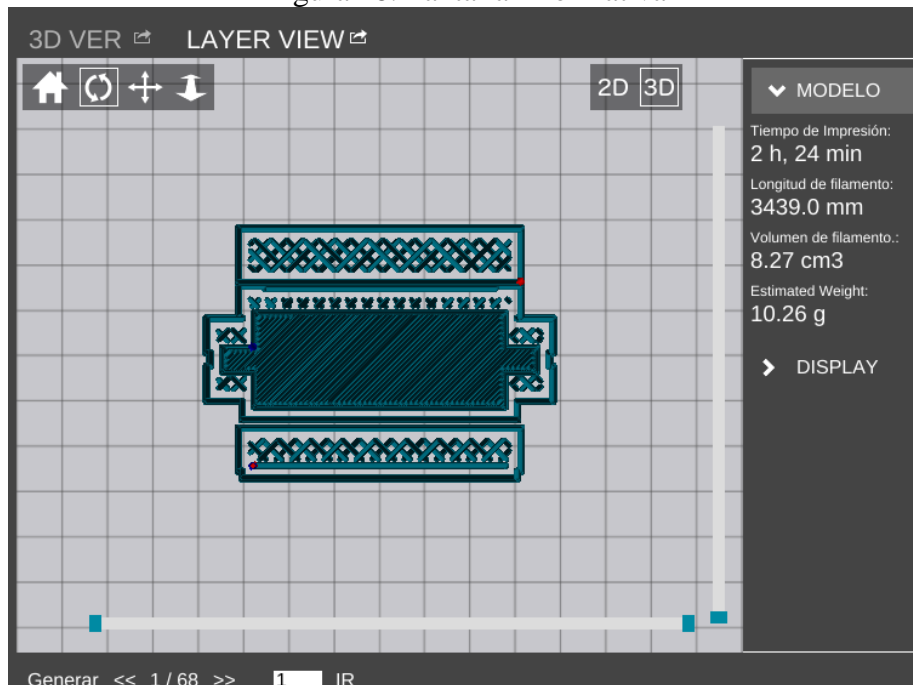
Figura 47. Generar capas



Fuente: Autores

Al final de la simulación se generan datos informativos que muestran la longitud del filamento, la cantidad en gramos y el volumen de filamento utilizados en la impresión, así como también el tiempo total de impresión.

Figura 48. Pantalla informativa

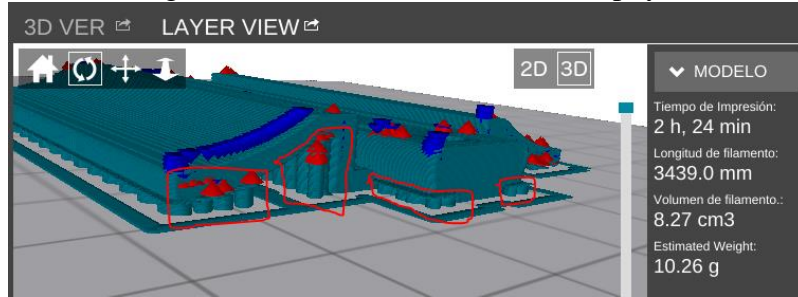


Fuente: Autores

En la siguiente figura se muestra la simulación del material de apoyo creado para la impresión de la pieza.



Figura 49. Creación del material de apoyo



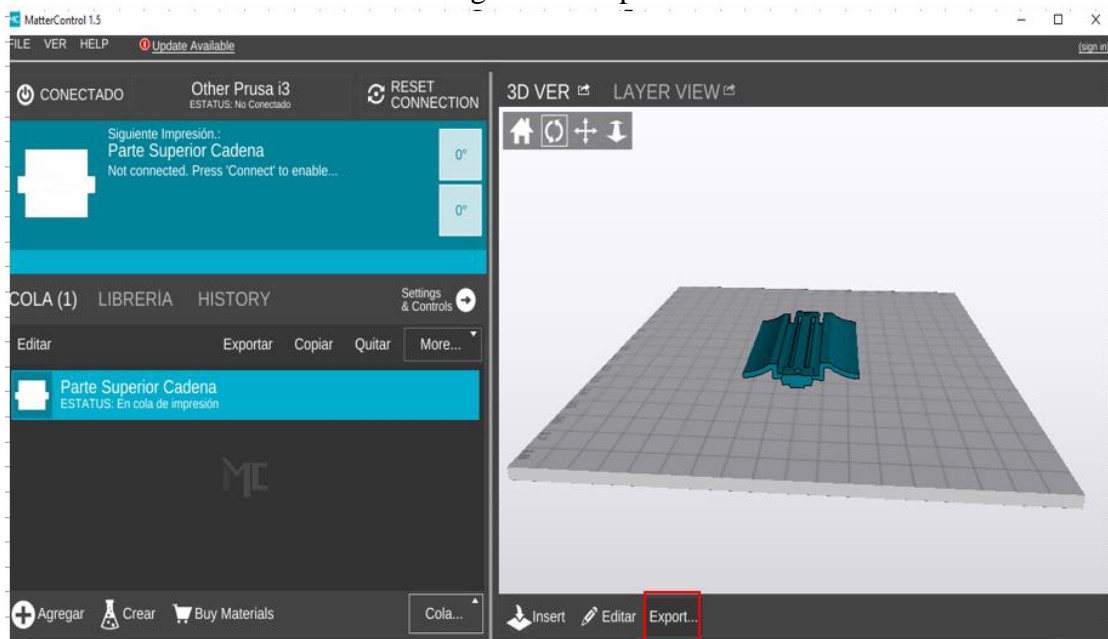
Fuente: Autores

#### 4.5 Generación del Código G.

una vez ya establecidos los parámetros de impresión y visualizado la simulación se procede a la generación del código G, el código G es un lenguaje de programación que le dice a una máquina que hacer y cómo hacerlo, para el caso de impresoras 3D se generan códigos individuales y por lo tanto se entiende que cada código es una instrucción , el programa genera automáticamente los códigos según el diseño tridimensional estos códigos se guardaran en una tarjeta de memoria para ser leída por la impresora para proceder con la fabricación, la forma de generación de códigos G se describe a continuación:

Se selecciona la opción de 3D ver, se procede a dar clic en la opción Export.

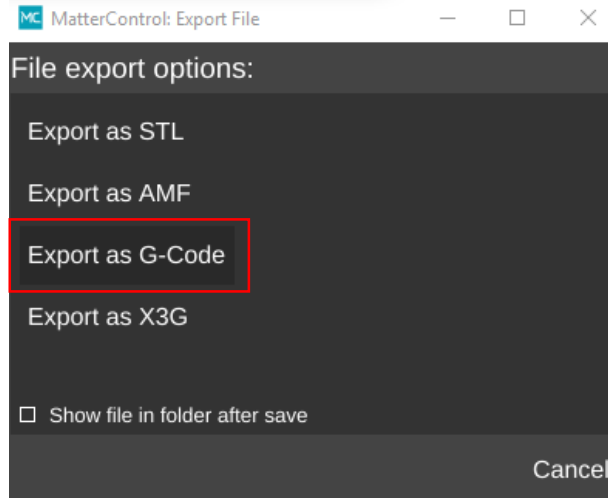
Figura 50. Export



Fuente: Autores

Se abre la siguiente ventana donde se procede a seleccionar Export as G-Code, y se genera el código G necesario para imprimir la pieza.

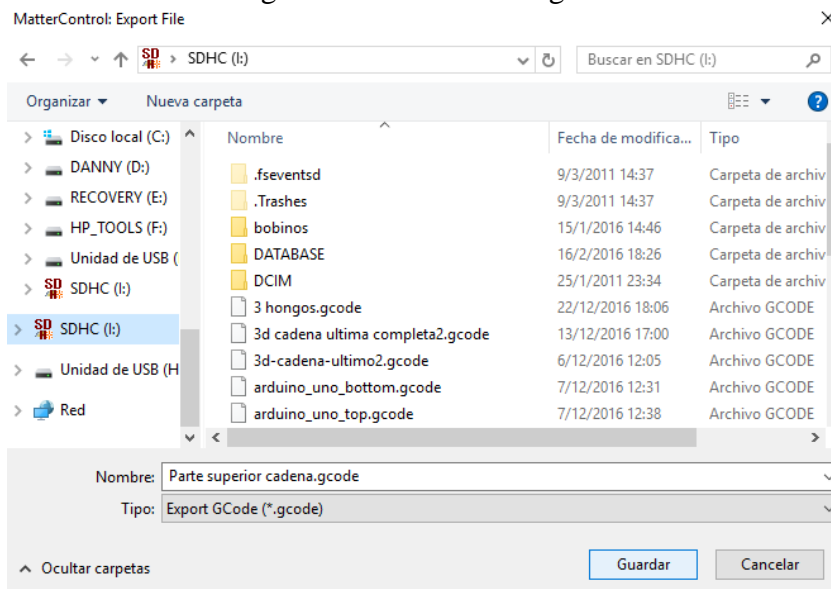
Figura 51. Export G-Code



Fuente: Autores

Como último paso se escoge el dispositivo en el cual se va a guardar el código, en este caso SDHC, el tipo de archivo con extensión (\*.gcode) y posteriormente se da clic en guardar.

Figura 52. Guardar Código-G



Fuente: Autores

Hecho estos pasos los códigos están guardados y listos para ser introducidos en la impresora 3D.

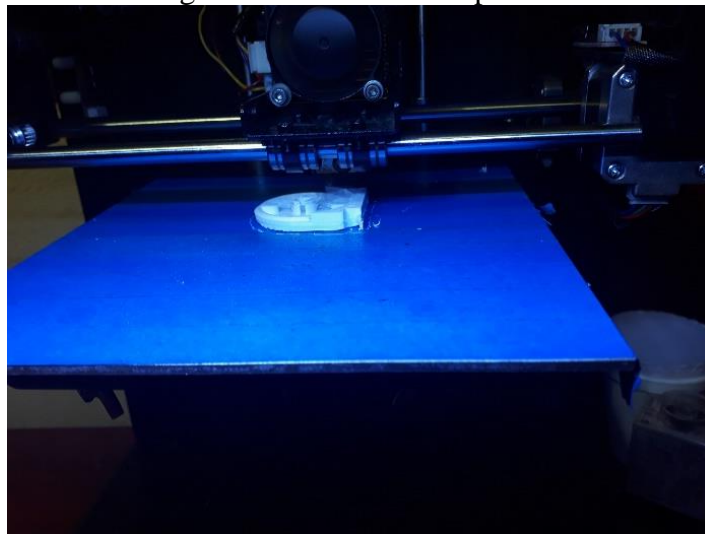
#### **4.6 Impresión de piezas.**

- Para poder imprimir prototipos se deberá calibrar y preparar la impresora con distintos procedimientos que servirán para mantener la calidad y dimensiones correctas de las piezas, el procedimiento será el siguiente:
- La impresora se colocará en un lugar ventilado y plano para no interferir en la forma del prototipo.
- El filamento (PLA) se colocará en el extrusor de la impresora, se comprobará que este correctamente colocado cuando haya salida de material por la boquilla del extrusor.
- Se debe colocar cinta automotriz en la base de aluminio de la impresora para facilitar la extracción de la pieza impresa, con la impresora desconectada de la fuente de energía.
- Posteriormente se enciende la impresora y se selecciona la opción de precalentado de mesa y extrusor.
- El filamento (PLA) se colocará en el extrusor de la impresora, se comprobará que esté correctamente colocado cuando haya salida de material fundido por la boquilla del extrusor.
- Finalmente se realiza una inspección de planicidad con la ayuda de una hoja de papel que se coloca en la base y con la perilla de control de la impresora se selecciona move axis para mover los ejes (X, Y).
- Una vez lista la impresora se procede a introducir la tarjeta SD donde se guardó el código G generado anteriormente, en el menú de la impresora se selecciona Imprint from SD y se selecciona el archivo que se desea imprimir.

Finalmente se selecciona la velocidad de impresión para un mejor acabado girando la perilla de control.

**4.6.1** *Pruebas de impresión.* Para imprimir correctamente se realizaron varias pruebas de impresión con modelos a escala para verificar la calibración y la correcta selección de parámetros, en estas pruebas se evidencio que las bases tendían a separarse cuando el material cambiaba de temperatura esto debido a la contracción interna del PLA , para corregir este error se colocó cinta y laca catalizada en la mesa para aumentar la adherencia y evitar que el material se desprenda , este es el único problema que se presentó ya que se pudo ver que el modelo impreso tenia buena calidad superficial buena resistencia y las dimensiones coincidían con las medidas diseñadas.

Figura 53. Pruebas de impresión

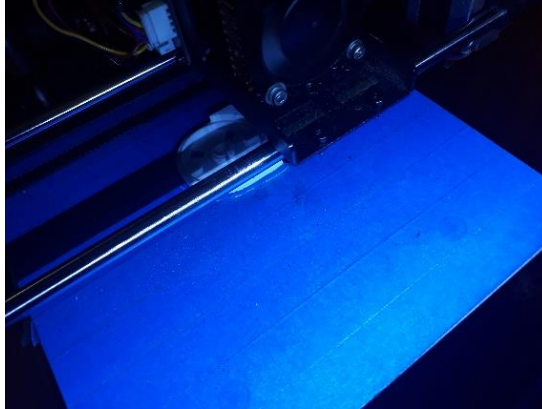


Fuente: Autores

**4.6.2** *Impresión del modelo real.* Al finalizar la prueba se imprime las partes de la cadena con las medidas reales , se constató que el tiempo de impresión en la simulación difiere con algunos minutos al tiempo de impresión físico en total fueron 10 minutos de diferencia , el tiempo completo de impresión sumado las 4 piezas de la cadena es de protección, al final de la impresión se deja enfriar la pieza y se remueve con ayuda de una pequeña espátula, después se realiza la verificación de medidas con ayuda de un calibrador puesto que luego se ensamblaran para formar un solo conjunto, las pruebas de medición fueron positivas.

El acabado superficial es el adecuado, en las partes donde se colocó material de apoyo es necesario remover este exceso cuidadosamente para no modificar su forma, las partes donde se desprenden este material será necesario pulirlas con lija fina además de toda la superficie para mejorar la calidad superficial.

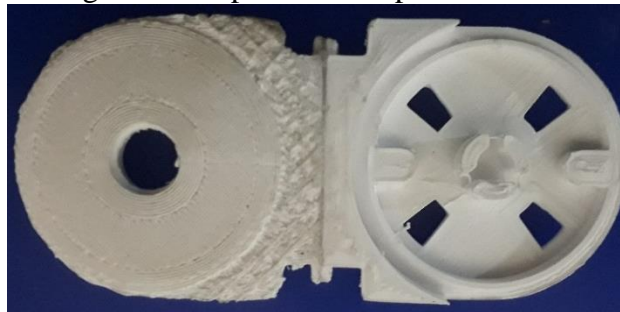
Figura 54. Impresión final



Fuente: Autores

**4.6.3** *Ensamble.* La cadena esta lista cuando se realiza el ensamble de las 4 piezas, el inconveniente en el ensamble fueron los bordes internos de los enlaces inferior y superior, estos bordes son un poco redondeados en el diseño original, pero en la impresión por el material de apoyo introducido los bordes son rectangulares para corregir este error se procedió a pulir con ayuda de una lima después de esto los enlaces coincidían correctamente en las tapas laterales y la cadena se ensamblo totalmente.

Figura 55. Impresión lista para ensamble



Fuente: Autores

**4.6.4** *Pruebas.* La cadena de protección de cableado está destinada para ser colocada en el centro de mecanizado de la máquina bridgeport de la escuela de Ingeniería Industrial de la faculta de mecánica, las funciones principales que cumplirá será de protección de los cables.

Para tener una comparación se analizará el trabajo de la cadena de protección original con la maquina encendida y trabajando, se aprecia que esta cadena presenta estabilidad esta es la principal característica que se comparara con el prototipo impreso además de estar construida por un material compacto.

Para la prueba de comparación se reemplazó la cadena original por nuestro prototipo impreso, el centro de control numérico bridgeport se puso en marcha con la mecanización de una pieza sencilla, se observó que la cadena resiste los movimientos propios de la máquina y al comparar con el material original no se encuentran diferencias las dos cadenas son robustas y resistentes.

## **4.7 Instrucciones de buen uso de la impresora 3D**

Todas las personas que utilicen el equipo serán los encargados de su mantenimiento y limpieza antes y durante su uso con el objetivo de alargar la vida útil de la impresora, los cuidados se deberán tener en el equipo, en las fuentes de energía y en las personas que manipulen la máquina, para mayor alcance de estos cuidados se elaboró un manual de operación que se encuentra descrito en el anexo G

### **4.7.1 *Impresora***

- Después de cada pieza impresa se removerá inmediatamente el exceso de filamento o de cualquier material utilizado para aumentar la adherencia, con la ayuda de un paño húmedo se limpiará toda la superficie.
- La impresora se colocará en una superficie totalmente plana, no se colocará ningún elemento sobre la impresora.
- No intentar realizar modificaciones o reparaciones que no estén especificadas por el proveedor.
- Utilizar únicamente filamentos recomendados por la marca.
- No introducir ningún material en la base al momento de estar en operación la impresora.

### **4.7.2 *Cuidados eléctricos***

- Al ser una estructura abierta por ningún motivo se tocará el interior de la impresora cuando esté en funcionamiento.
- Verificar que la fuente de conexión sea la adecuada.
- Comprobar que los aislamientos de los cables estén en perfecto estado.
- No colocar recipientes con agua sobre o cerca de la impresora.

- No colocar la impresora en entornos que haya exceso de humedad.

#### **4.7.3** *Cuidados para personas que manipulen la impresora.*

- El filamento se extruye a 180° c por esto para manipular el prototipo cuando finalice la impresión se dejará un tiempo prudencial en la base para no sufrir ninguna quemadura.
- Cuando se use filamentos de ABS se colocará la impresora en un lugar con buena ventilación porque este material desprende vapores tóxicos en cantidades mínimas.
- No se tocará los ejes de la maquina porque se pueden producir atrapamientos.
- El encargado de la impresora dará indicaciones básicas de seguridad a las personas que usen por primera vez el equipo.

**4.7.4** *Mantenimiento.* La impresora 3D tendrá un constante mantenimiento antes y después del uso en toda su estructura en general, pero específicamente en ejes, tornillos, banda tensora, componentes electrónicos, los encargados de este mantenimiento serán las personas que impriman prototipos (alumnos) y la persona encargada del laboratorio será la que verifique que se cumpla el correcto mantenimiento, a continuación, se especifican los mantenimientos en cada uno de los componentes:

**4.7.4.1** *Mantenimiento en tuercas y tornillos.* Para que la impresión sea perfecta se deberá verificar constantemente que los tornillos estén bien apretados, suele suceder que por el movimiento de la impresión estos mecanismos se aflojen.

**4.7.4.2** *Mantenimiento de varillas lisas y roscadas.* Las varillas se limpiarán y se lubricaran según el lugar donde se encuentre la impresora, puede variar de 2 meses a un año, si la impresora está en un excelente ambiente y tiene poco uso este mantenimiento se realizara cada año, este mantenimiento tiene como finalidad que el extrusor y la base se muevan en sus respectivos ejes sin ninguna dificultad, siempre que se haga el mantenimiento de la impresora se desconectara de la fuente de energía.

**4.7.4.3** *Limpieza de componentes electrónicos.* Una de las desventajas de la impresora es su estructura abierta, el uso constante y la exposición puede acumular polvo y partículas de material en los componentes electrónicos que son los elementos más sensibles de la impresora además de los más costosos.

Se debe limpiar cuidadosamente con ayuda de una brocha pequeña después de cada uso todos los componentes electrónicos y los motores paso a paso.

**4.7.4.4** *Mantenimiento de la punta de la boquilla del extrusor.* Este mantenimiento es el más usual, siempre después de acabar una impresión se limpiará el interior y exterior de la boquilla del extrusor con ayuda de un cepillo o una pinza para remover el filamento acumulado en el interior se utilizará un alambre fino de modo que saque el exceso de material seco del interior.



## CAPITULO V

### **5. COSTOS TOTALES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LA CADENA DE PROTECCIÓN DE CABLEADO DE LA MÁQUINA BRIDGEPORT.**

Este proyecto de tesis de grado tiene la finalidad de construir un repuesto por nuestro medio y aportar a los laboratorios de la escuela de ingeniería Industrial con la donación de una impresora 3D para incrementar el concomimiento de los alumnos, para tener un costo total se considerará la impresión de la cadena y el valor de adquisición de la impresora 3D.

#### **5.1 Cálculo del costo de impresión de la cadena de protección**

Para tener un cálculo más real del costo de impresión de la cadena es necesario considerar varios factores que influyen directamente en el precio de impresión, los datos que se utilizan para este cálculo son los reales tomados desde la pantalla de control de la impresora no son datos tomados de la simulación porque hay una ligera variación de alrededor de 2% , se debe también considerar que para el costo de una impresión varia si se empieza desde el diseño o desde un prototipo ya diseñado, con esta consideración los factores que varían el costo de impresión son:

- Tiempo de impresión
- Costo de energía
- Precio en gramos del filamento (PLA)
- Costo operativo
- Licencias

Los datos para el cálculo como salario básico y la hora de energía son recopilados de las fuentes de información actualizadas del gobierno de turno.

El cálculo de la hora de impresión es de 1\$, el tiempo total de la cadena es de 150 horas con esto el total de impresión de la cadena es de 150\$, los detalles del cálculo fueron realizados en una hoja de cálculo del programa Excel sus detalles se muestran en el anexo H

## 5.2 Costos directos

Tabla 19. Costos directos.

Cantidad	Detalle	Descripción	Valor unitario [USD]	Valor Total [USD]
1	Impresora 3D	Sais Creatore 2	1200	1200
1	Filamento	Filamento de PLA en gramos	80	80
350	Hora de impresión	calculo de horas de impresión	1	350
1	Pegamento	Pegamento glue stick	2	2
1	Laca	Laca de pegamento	3,5	3,5
Total				1635,5

Fuente: Autores

## 5.3 Costos indirectos.

Tabla 20. Costos Indirectos.

Detalle	Valor [USD]
Asesoría técnica	140
Transporte	60
Documentación e investigación	120
Inconvenientes	50
Total	370

Fuente: Autores

## 5.4 Costo total.

Tabla 21. Costos totales

Detalle	Valor [USD]
Costos Directos	1635,5
Costos Indirectos	370
Total	2005.5

Fuente: Autores

El costo de construcción de la cadena de protección aplicando tecnología de Impresión 3D es de \$ 150.

El total del costo del proyecto es de \$1805,5, se hizo esta inversión para que los estudiantes puedan realizar prácticas y estén constantemente en preparación en el uso de nuevas tecnologías

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se diseñó y fabricó la cadena de protección de cableado de la máquina Bridgeport utilizando un sistema de impresión 3D.

La densidad de relleno es de 90% para que tenga rigidez en su estructura.

El material (filamento PLA) que utiliza la impresora 3D Sais Creatore 2 tiene excelentes características mecánicas por esto es aplicable en la fabricación de repuestos para maquinaria.

Con el diseño de la cadena se tiene un repuesto digital que puede ser utilizado inmediatamente para ser impresa y colocada como repuesto en la cadena de protección.

Los prototipos pueden ser creados según nuestra necesidad, las medidas pueden ser modificadas desde el diseño para que se acoplen a repuestos que son difíciles de conseguir o como es el caso del centro de mecanizado BRIDGEPORT por el tiempo se dejaron de construir.

#### 6.2 Recomendaciones

La cadena se construirá con los mejores parámetros de impresión especialmente con el menor porcentaje de porosidad para garantizar su durabilidad y funcionalidad.

Para evitar el levantamiento de las piezas impresas se colocará laca de cabello para aumentar la adherencia del material a la base de la impresora.

Antes de imprimir un prototipo se deberá verificar si el filamento es suficiente para concluir con toda la estructura para esto es recomendable realizar una simulación para constatar el material utilizado en gramos.

La estructura de la impresora es abierta, se deberá tener un control estricto para que no se produzcan accidentes por manipular componentes que se encuentren a altas temperaturas.

Se dará mantenimiento periódico en toda la estructura de la impresora según su uso.

Para piezas de gran dimensión se consultará las características de la impresora específicamente las dimensiones de impresión.

La cadena original es fabricada mediante un proceso de inyección, para este proyecto se empleó un proceso de impresión 3D, esta tecnología es aplicable a baja escala por esto se recomienda que se impriman solo partes principales.

## BIBLIOGRAFÍA

**3D CAR PORTAL.** *Poortal Cad Cam en Español.* [En línea]. Los Angeles, 2014. [Consulta: 25 de Junio de 2016.]. Disponible en: <http://www.3dcadportal.com/>.

**CAPELLO, Eduardo.** *Tecnología de la fundición.*. Barcelona. 1987. pp 12-19

**CREATIVE COMMONS.** *Tecnonauta.* [En línea]. Los Angeles, 2015. [Consulta: 20 de Junio de 2016.]. Disponible en: <http://www.tecnonauta.com/notas/1881-impresoras-3d-materiales>.

**FONDA, Carlo.** *Guia de mi primera Impresion 3D.* [En línea]. Mexico, 2012. [Consulta: 27 de Junio de 2015.]. Disponible en: [https://impresion3denelictp.files.wordpress.com/2014/03/guc3ada-prc3a1ctica-para-tu-primera-impresic3b3n-3d\\_carlo-fonda1.pdf](https://impresion3denelictp.files.wordpress.com/2014/03/guc3ada-prc3a1ctica-para-tu-primera-impresic3b3n-3d_carlo-fonda1.pdf).

**NET FREELANCE.** *Impresoras 3D.* [En línea]. Chicago, 2015. [Consulta: 18 de Junio de 2015.]. Disponible en: <http://impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/>.

**APPOLD, H. et al.** *Tecnología de lo Metales.* Barcelona. 1985. pp 76-80

**ESTRELLA, Edison.** *Diseño y Contrucción de un robot para la manipulación de explosivos.* Universidad Tecnica de Ambato.[En línea] 2014.pp 21-27 [Consulta: 1 de Agosto de 2015.]. Disponible en: <http://repositorio.pucesa.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/918/1/75566.pdf>.

**MIRRALLES, Rodrigo.** *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor.* España. 2007.pp 76-79

**SUAREZ, Grosch.** *Academia.* [En línea] 2005. [Consulta: 12 de junio de 2015.]. Disponible en: [http://www.academia.edu/12513070/MANO\\_MEC%C3%81NICA\\_MA-I](http://www.academia.edu/12513070/MANO_MEC%C3%81NICA_MA-I).

**STONE, Hook.** *Kinematic Modeling,identification,and control of robotic manipulators.* . Pennsylvania. Estados Unidos de America. 1986. pp 34-38



