

DISEÑO DE LA OPTATIVA PROTOTIPADO RAPIDO

CARLOS ALBERTO MOGOLLÓN LÓPEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA MECANICA

BUCARAMANGA

2018

DISEÑO DE LA OPTATIVA PROTOTIPADO RAPIDO

CARLOS ALBERTO MOGOLLÓN LÓPEZ

Trabajo de grado

MSC. JUAN MANUEL ARGUELLO ESPINOSA

DOCENTE ASOCIADO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA MECANICA

BUCARAMANGA

2018

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Ciudad y Fecha (día, mes, año) (Fecha de entrega)

DEDICATORIA

Es sabido por mí que un ser supremo y omnipotente al que llamamos Dios logra armonizar lo existente, el cual me dio unos padres maravillosos y dedicados que me apoyaron para terminar la carrera anhelada. Dios les bendiga eternamente Carlos y Ana.

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que de una u otra forma hicieron posible la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	18
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	21
4. MARCO TEÓRICO.....	23
4.1 Historia del prototipado rápido	23
4.2 Definición de prototipado rápido	26
4.3 Materiales usados en prototipado rápido.....	26
4.4 El proceso básico	27
4.5 Principales tecnologías	28
4.6 Aplicaciones impresión 3D.....	35
4.7 FUNCIONAMIENTO DE LA MAKERBOT REPLICATOR+	36
5. MATERIALES Y MÉTODOS	38
5.1 MATERIALES	38
5.2 METODOLOGÍA	38
6. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	39
6.1 CONTENIDO PROGRAMÁTICO DE LA MATERIA.....	39
6.2 INTRODUCCIÓN A LAS IMPRESORAS 3D TIPO FDM	43

6.3	LISTA DE PRACTICAS DE LABORATORIO.....	61
6.4	RESULTADOS, ANALISIS Y CONCLUSIONES DE LOS CASOS PRACTICOS.....	62
7.	CRONOGRAMA.....	90
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	92
	BIBLIOGRAFIA.....	94
	Anexo 1: manual de laboratorio	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Formato Syllabus	40
Tabla 2: Practicas del laboratorio	61
Tabla 3: Propiedades de impresión Placa	63
Tabla 4: Resultados cilindros a capa de 0,3 mm	64
Tabla 5: Resultados cilindros a capa de 0,1 mm	64
Tabla 6: Resultados pruebas de ajuste agujero único	66
Tabla 7: Resultado tornillos	67
Tabla 8: Resultados tuercas	69
Tabla 9: Propiedades de impresión Letras "U P B"	70
Tabla 10: Propiedades de impresión "Puentes de calibración"	71
Tabla 11: Propiedades de impresión "esfera maciza"	72
Tabla 12: Propiedades de impresión "esfera hueca"	73
Tabla 13: Propiedades de impresión "Rueda de ginebra"	75
Tabla 14: Propiedades de impresión "Llantas"	77
Tabla 15: Propiedades de impresión "Ejes"	78
Tabla 16: Propiedades de impresión "Ejes"	79
Tabla 17: Propiedades de impresión "Batidor"	80
Tabla 18: Propiedades de impresión "Carrocería"	82
Tabla 19: Propiedades de impresión "Apoyos contenedor"	84

Tabla 20: Propiedades de impresión "Sistema de elevación"	85
Tabla 21: Propiedades de impresión "Contenedor"	87
Tabla 22: Propiedades "Mecanismo doble balancín de Grashof"	89

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1: Recorte de prensa del periódico Austin American Newspaper, fechado en 1987, que habla sobre la impresión 3D.	24
Imagen 2: Imagen de la primera máquina de prototipado creada por Chuck Hull	24
Imagen 3: Impresora del proyecto RepRap llamada Mendel autorrePLICANDOSE	25
Imagen 4: Armazón del carro Urbee impreso en 3D.....	26
Imagen 5: Proceso básico del prototipado rápido.....	27
Imagen 6: Principales tecnologías	28
Imagen 7: Esquema estereolitografía	29
Imagen 8: Proceso estereolitografía	29
Imagen 9: Esquema sinterización.....	31
Imagen 10: Proceso sinterización.....	31
Imagen 11: Esquema fabricación por corte y laminado	33
Imagen 12: Esquema Deposición por hilo fundido	34
Imagen 13: Proceso de FDM.....	35
Imagen 14: Foto de la MAKERBOT REPLICATOR+	37
Imagen 15: Proceso básico del prototipado rápido.....	43
Imagen 16: Ventana principal MakerBot deskotp (Software para hacer el slicer)	47

Imagen 17: Ventana de propiedades predeterminadas	48
Imagen 18: Modificador de TODAS las propiedades (Custom)	49
Imagen 19: Placa vista isométrica en SolidWorks	63
Imagen 20: Letras “U P B” vista isométrica en SolidWorks.....	70
Imagen 21: Letras “U P B” terminadas de imprimir	70
Imagen 22: Puentes de calibración terminados de imprimir	72
Imagen 23: “Esfera maciza” terminada de imprimir	73
Imagen 24: “Esfera hueca” antes de terminada de imprimir	74
Imagen 25: “Rueda de ginebra” vista isométrica en SolidWorks	75
Imagen 26: “Rueda de ginebra” terminada de imprimir	76
Imagen 27: “Llanta” vista isométrica en SolidWorks	77
Imagen 28: “Llantas” terminada de imprimir	77
Imagen 29: “Telescópico” terminado de imprimir	78
Imagen 30: “Ejes” terminados de imprimir	79
Imagen 31: “Bastidor” vista isométrica en SolidWorks.....	80
Imagen 32: “Bastidor” terminado de imprimir.....	81
Imagen 33: “Carrocería” vista isométrica en SolidWorks	82
Imagen 34: “Carrocería” terminada de imprimir	83
Imagen 35: “Apoyo contenedor” vista isométrica en SolidWorks.....	84
Imagen 36: “Apoyos contenedor” terminados de imprimir	84
Imagen 37: “Sistema de elevación” vista isométrica en SolidWorks	85
Imagen 38: “Sistema de elevación” terminado de imprimir	86

Imagen 39: “Contenedor” vista isométrica en SolidWorks	86
Imagen 40: “Contenedor” terminado de imprimir	87
Imagen 41: Esquema “Mecanismo de doble balancín de Grashof”	88
Imagen 42: “Mecanismo doble balancín de Grashof” terminado de imprimir..	89
Imagen 43: “Mecanismo doble balancín de Grashof” en pie.....	89

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Manual laboratorio prototipado rápido	96

GLOSARIO

Balsa: estructura de apoyo creada abajo de cada objeto para darle firmeza en la impresión.

Capa: cada una de los planos horizontales que conforman el objeto a imprimir.

Conchas o perímetros: cada uno de los trazos perimetrales o caparazones que conforman cada capa.

Contornos: el caparazón más externo en cada capa.

Eje: barra cilíndrica que atraviesa un cuerpo giratorio y le sirve como centro para girar.

Ejes X, Y y Z: son las tres líneas que se juntan en un único punto de forma perpendicular, creando un sistema espacial definido por cada coordenada, que indican la posición de los puntos respecto a estos ejes XYZ.

Extrusión: proceso de fabricación donde el material se empuja a través de una de una sección transversal deseada.

Extrusor: parte de la impresora 3D donde se lleva a cabo la fundición y extrusión del material.

Insets: todas las conchas excepto la más externa en cada capa.

Primera capa: la primera capa del objeto cuando está imprimiendo sin una balsa.

Primera capa de la balsa: la primera capa del objeto cuando imprime con una balsa.

Puentes: Secciones de una impresión que se apoyan en ambos extremos, pero no en el medio.

Relleno: todas las áreas contenidas entre los perímetros.

Retracción: movimiento de retroceso del filamento hecho por el extrusor cuando no lo está extruyendo.

Sintonización: es un proceso que consiste en aplicar presión y alta temperatura, sin llegar al punto de fusión, a un material en polvo. De esta manera el material se compacta y forma una pieza sólida.

Soportes: estructuras de apoyos creadas con el fin de ayudar en la construcción de los voladizos o puentes largos.

Superficie de impresión: Área donde se puede llevar a cabo la impresión

Tornillo: elemento mecánico de unión encargado de la fijación temporal de piezas entre sí, dotado de una caña con rosca, y una cabeza.

Tuerca: elemento mecánico de unión con un orificio central, el cual presenta una rosca, que se utiliza para acoplar a un tornillo, en forma fija o deslizante. La tuerca permite sujetar y fijar uniones de elementos desmontables.

Voladizo: cada una de las geometrías que queden con un extremo no apoyado a otra parte.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DISEÑO DE LA OPTATIVA PROTOTIPADO RAPIDO

AUTOR(ES): Carlos Alberto Mogollón López

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): MSc. Juan Manuel Arguello Espinosa

RESUMEN

Este proyecto muestra el diseño de la asignatura de prototipado rápido con sus respectivos laboratorios, para los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica; donde aprendan el uso y mantenimiento de una impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling). Así como conocimientos de otros tipos de estas impresoras.

PALABRAS CLAVE:

Impresión 3D, asignatura, Fused Deposition Modeling, prototipado rápido

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: DESIGN OF RAPID PROTOTYPE SUBJECT'S

AUTHOR(S): Carlos Alberto Mogollón López

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: MSc. Juan Manuel Arguello Espinosa

ABSTRACT

This project shows the design of rapid prototyping signature with their respective laboratories, for the students of the mechanical engineering faculty; Where they learn the use and maintenance of a 3D printer FDM (Fused Deposition Modeling). As well as knowledge of other types of these printers.

KEYWORDS:

3D printer, signature, Fused Deposition Modeling, Rapid prototyping

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

Debido a las tecnologías de automatización, materiales plásticos y el desarrollo e integración de software de diseños se ha llegado a la creación de las impresoras 3D las cuales permiten crear y replicar modelos económicos de piezas en todos los campos desde ingeniería pasando por la biomedicina llegando a las artes y hasta la culinaria. Por ello la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana ha adquirido una de estas nuevas impresoras 3D para sacarle el máximo potencial y probar su ya creciente versatilidad de modo que sea una herramienta más en los procesos de aprendizajes de estudiantes y un apoyo fundamental en cualquier proyecto futuro de la facultad o porque no de la misma universidad.

Se ve la necesidad de integrar la impresora 3D a la formación de los estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica al fin que ellos puedan entender su funcionamiento, su manejo y su versatilidad para así probar su utilidad en situaciones que lo ameriten a medida que se instruyen en cómo aprovechar mejor las ventajas de contar con una herramienta tan útil como esta y ponerla a disposición en futuros proyectos donde se necesiten piezas de cualquier complejidad con buenas propiedades mecánicas y sobre todo económicas de fabricar y probar.

Estas nuevas impresoras han llegado para liderar una nueva revolución industrial y tecnológica que lidere en los procesos de fabricación de modelos y prototipado adaptados a condiciones específicas exigidas por cada situación particular y así no estar dependiendo de las exigencias de las grandes industrias o estar incurriendo en costos adicionales debido a fallos o imprevistos en los diseños

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el contenido programático de la optativa de prototipado rápido con sus respectivos laboratorios, dirigido a los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el contenido programático de la optativa basado por competencias.
Resultado: Contenido programático de la materia. **Indicador:** El contenido programático será desarrollado de acuerdo al formato “syllabus Asignatura DA-F0-001” de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Floridablanca.
- Diseñar de 10 a 12 prácticas necesarias para el laboratorio de la optativa.
Resultado: obtención de un manual con las practicas adecuadas para manejar y mantener una impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling). **Indicador:** 10 prácticas de laboratorios acordes a las competencias que se buscan adquirir con la optativa y que serán complementarias a las clases teóricas.
- Desarrollar un caso estudio de estudio que sirva de modelo para probar el funcionamiento de la impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling).
Resultado: prototipo de un dispositivo mecánico visto en cualquiera de las materias de carrera realizado en la impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling).

Indicador: piezas hechas en la impresora de acuerdo a parámetros y especificaciones previas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a que la facultad de Ingeniería Mecánica de la UPB Bucaramanga cuenta con una impresora 3D se buscara diseñar el contenido programático de la optativa prototipado rápido basado por competencias desarrollado de acuerdo al formato “syllabus Asignature DA-F0-001” de la Universidad Pontifica Bolivariana seccional Bucaramanga; además de su respectivo laboratorio que constara de 10 prácticas acordes a las competencias que se buscan adquirir con la optativa con el fin de manejar y mantener una impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling) siendo complementarias a las clases teóricas y para finalizar se mostrara el correcto funcionamiento de la impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling) con la creación de piezas hechas de acuerdo a parámetros y especificaciones previas desarrollando un caso estudio con un prototipo de un dispositivo mecánico visto en cualquiera de las materias de carrera.

3.2 JUSTIFICACIÓN

La necesidad de la industria moderna de obtener resultados y predecir el comportamiento de componentes, sistemas y máquinas; hace necesario el modelamiento de estos de una forma rápida y económica; es por esta razón, que desde hace algunos años atrás se desarrolló y se ha venido perfeccionando el prototipado rápido; como respuesta a esta necesidad, aplicando diversos materiales

de impresión 3D y máquinas modeladoras, que han disminuido los costos de producción y tiempos de fabricación.

Por tal motivo, se hace necesario que el estudiante de Ingeniería Mecánica, conozca e interactúe con esta tecnología, como respuesta a las necesidades del mercado para la concepción, fabricación y puesta en funcionamiento de componentes y sistemas mecánicos, en el menor tiempo posible, disminuyendo costos de fabricación y tiempos de desarrollo.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Historia del prototipado rápido¹

Las primeras propuestas sobre prototipado rápido surgen en 1972, cuando el Ing. Matsubara de Mitsubishi Motors, propone la utilización de resinas fotopoliméricas para la creación de moldes capa por capa luego en 1981, el Dr. Hideo Kodama propone el primer sistema funcional basado en fotopolímeros.

Las tecnologías de prototipado rápido surgieron en 1987 cuando Chuck Hull da comienzo a la estereolitografía, que es un proceso que solidifica capas de polímeros líquidos sensibles a la luz ultravioleta mediante tecnología láser. Debido a esto a Chuck Hull se le llama el padre del prototipado rápido. En los años siguientes se introdujeron otras tecnologías de prototipado tales como: Fused Deposition Modeling (FDM) desarrollada por Scott Crump, sinterizado selectivo por láser (SLS) por Carl Deckard (imagen1) y fabricación de objetos laminados (LOM) por la empresa Helisys Cubic Technologies. Por lo tanto, estas 4 tecnologías son las pioneras y las bases del prototipado rápido.²

¹ LOPEZ C., José E. NOTA DE FUTURO 2 / 2016 Impresoras 3 D. España. Disponible de: http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/17854.pdf

² STRATASYS LTD. A. ¿Qué es el prototipado rápido?: Prototipado rápido – Una historia rápida. Minnesota, EE. UU. Disponible de: <http://www.stratasys.com/es/legal/website-use-terms-and-conditions>.

Imagen 1: Recorte de prensa del periódico Austin American Newspaper, fechado en 1987, que habla sobre la impresión 3D.



Fuente: ESPINEL V. José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

En la década de los 90, Chuck Hull funda la empresa 3D Systems ya que desde 1988 se comercializa una impresora 3D basada en estereolitografía, tal y como se aprecia en la Imagen 2. De otra parte, Scott Crump hace lo mismo fundando la empresa Stratasys comercializando impresoras 3D basada en la tecnología de Fused Deposition Modeling (FDM). En 1999 científicos del Instituto de Wake Forest de Medicina Regenerativa comienza a imprimir partes orgánicas (Vejiga urinaria) logrando crear el primer órgano (Riñón) que luego es implantado con éxitos en un paciente.

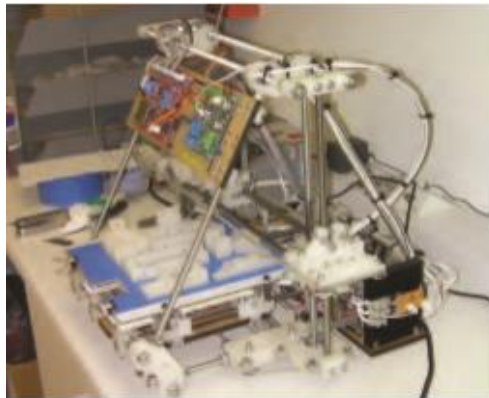
Imagen 2: Imagen de la primera máquina de prototipado creada por Chuck Hull



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

En el 2005, la empresa 3D Systems lanza la primera impresora 3D a color y en alta definición además el Dr. Adrian Bowyer comienza el proyecto RepRap, cuyo resultado se aprecia en la imagen 3; proyecto que ayudara a crear impresoras 3D de bajo costo utilizando un código abierto. En el 2006, la empresa Objet lanza la primera impresora capaz de imprimir en varios materiales y en el 2008 el proyecto RepRap lanza “Darwin” la primera impresora auto-replicante es decir que puede imprimir la mayoría de sus partes. En este momento aparecen las primeras prótesis impresas en 3D.

Imagen 3: Impresora del proyecto RepRap llamada Mendel autorreplíandose



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

Posteriormente aparecen las primeras partes de vehículos como el armazón del carro Urbee hecho por la empresa Kor Ecologic como se aprecia en la imagen 4 y un avión no tripulado hecho por la universidad de Southampton impresas en 3D, así como las primeras impresoras 3D especializadas en imprimir materiales comestibles, metales, materiales biorgánicos (Hueso y vasos sanguíneos) y concreto.

Imagen 4: Armazón del carro Urbee impreso en 3D



Fuente: KOR ECOLOGIC. Winnipeg, Canadá. 2012. Disponible de: https://korecologic.com/about/urbee_2/ [Consultado el 7 de mayo de 2017]

4.2 Definición de prototipado rápido

Son los conjuntos de tecnologías con las cuales se obtienen prototipos en menos de 24 horas a partir de un archivo CAD, que posteriormente es convertido a un archivo STL; esto da la posibilidad de probar, en un tiempo relativamente corto, diversos tipos de geometrías para una pieza, validarla y planificar la producción en serie de forma rápida, con unos costos de desarrollo bajos, por lo que el tiempo de desarrollo de un producto puede reducirse de forma considerable.³

4.3 Materiales usados en prototipado rápido⁴

Líquidos: suelen ser resinas polimerizantes, termoplásticos fundidos o proyectados; en los primeros se solidifican por el impacto de un haz luminoso, en los segundos se funden, deponen y solidifican de nuevo y en los terceros se funde, es proyectado y se solidifica al impactar.

³ AGUAYO G, Francisco. SOLTERO S, Víctor M. Metodología del diseño industrial un enfoque desde la ingeniería concurrente. Madrid, España. Ra-Ma, 2003.

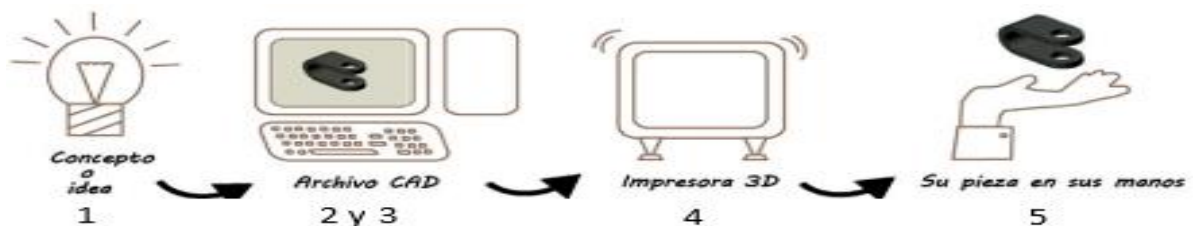
⁴ Digita2 TIC, S.L. ¿Qué es el prototipado rápido?. Zaragoza, España. Disponible de: <http://www.protorapido.es/que.pdf>.

Sólidos: en forma de láminas muy finas que pueden ser autoadhesivas o soldadas por polimerización.

Polvo: puede ser metálico, plástico, carbón, etc. Se suelen usar en procesos de sinterización, fusión o aglomerado con cola o resina.

4.4 El proceso básico⁵

Imagen 5: Proceso básico del prototipado rápido



Fuente: D'AMORE, Florencia. Prototipos 3D: ¿ciencia ficción o realidad? Buenos Aires. Argentina. [Consultado el 4 de mayo de 2017]

1. Crear un modelo del diseño en CAD: modelación del objeto especificado usando un software CAD (Dibujo Asistido por Ordenador) (1º gráfico).

2. Convertir ese modelo CAD en un formato STL: el software CAD usa diferentes algoritmos para representar los objetos sólidos, así que se a estandarizado el formato STL; de modo que hay que convertir el archivo CAD en formato STL. Este formato representa una superficie tridimensional a base de ensamblar planos triangulares (2º gráfico).

⁵ IKERTIA. Cómo utilizar el prototipado rápido. Bilbao, España. Disponible de: <http://www.innosupport.net/index.php?id=2214&L=6>

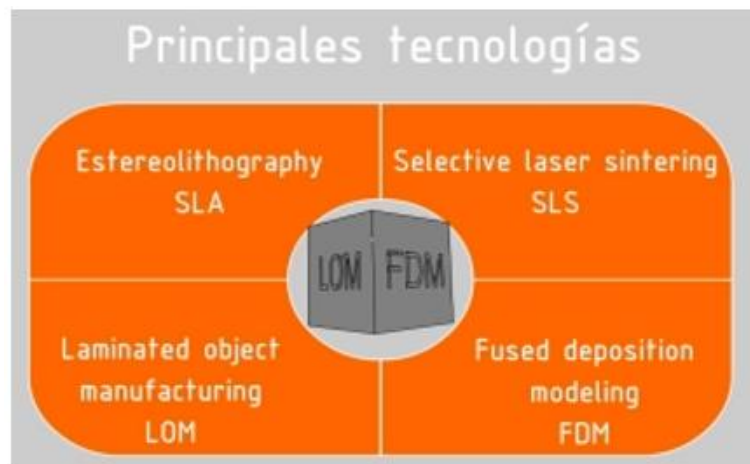
3. Seccionar el archivo STL en finos planos cruzados seccionados: un programa pre-procesador prepara el archivo STL para ser construido. Hay muchos programas disponibles, y la mayoría permiten al usuario ajustar el tamaño, la localización y la orientación del modelo (2º gráfico).

4. Construir el modelo: usando algunas de las 4 tecnologías se va construyendo una capa cada vez, en termoplásticos, polímeros, papel o polvo metálico (3º gráfico).

5. Limpiar y terminar el modelo: esto implica sacar el prototipo de la máquina y borrarle los soportes. A algunos materiales fotosensibles hay que protegerlos antes de usarlos. Los prototipos también se pueden limpiar y tratar su superficie. Lijar, sellar y pintar el modelo para mejorar su apariencia y durabilidad (4º gráfico).

4.5 Principales tecnologías⁶

Imagen 6: Principales tecnologías



Fuente: SANCHEZ J, Javier. FERNANDEZ DE LA PUENTE, Arturo. LLORENTE G, Julián. Técnicas de prototipado rápido. Sevilla. España. [Consultado el 28 de febrero de 2017]

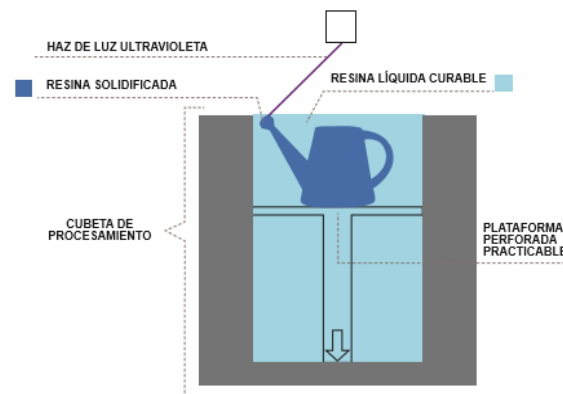
⁶ SANCHEZ J, Javier. FERNANDEZ DE LA PUENTE, Arturo. LLORENTE G, Julián. Técnicas de prototipado rápido. Sevilla. España

1. Estereolitografía (SLA)

Es la tecnología de prototipado rápido más usada. En esta tecnología se usa una resina fotocurable (Resina Epoxi y resinas acrílicas) líquida que es solidificada mediante un láser ultravioleta una capa a la vez hasta terminar la pieza.

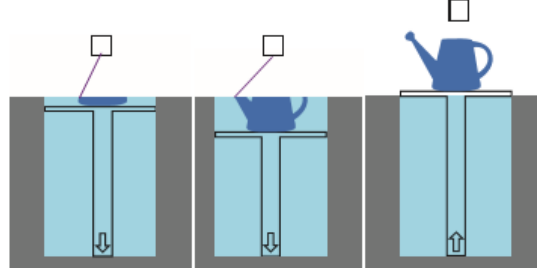
Sus principales componentes son: Láser ultravioleta, recipiente con resina fotocurable líquida y elevador del recipiente.

Imagen 7: Esquema estereolitografía



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

Imagen 8: Proceso estereolitografía



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

Procedimiento:

- Una vez pre-procesado el archivo STL la impresora lo divide en capas de tamaño predeterminado.
- El elevador baja el tamaño de capa especificado y los laser dibujan la sección transversal de la capa hasta solidificar la resina.
- Repetición del paso 2 hasta terminar la pieza.

2. Sinterización selectiva por láser (**S**elective **L**aser **S**intering)

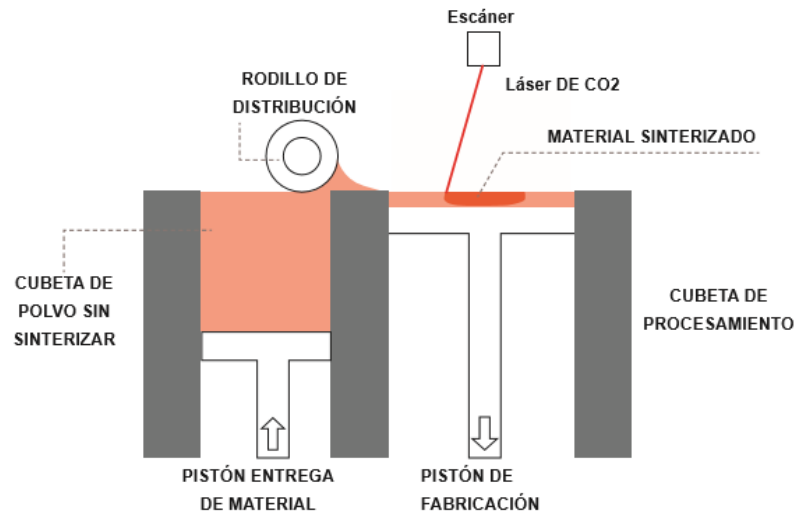
Similar al anterior difiriendo únicamente en el cambio de la resina líquida por material en polvo el cual es almacenado en una cubeta aledaña y por medio de un elevador y un rodillo se esparce sobre la capa que el láser va a sinterizar. (Calentar y fundir).

El láser (de CO₂ y potencia de salida de 60w) calienta el polvo apenas por debajo del punto de fusión (sinterizando) o por encima (fundiendo), fusionando así las partículas del compuesto y solidificándolas hasta conseguir un objeto sólido.⁷

Sus principales componentes son: Láser de CO₂, rodillo, 2 elevador y 2 tanques de polvo.

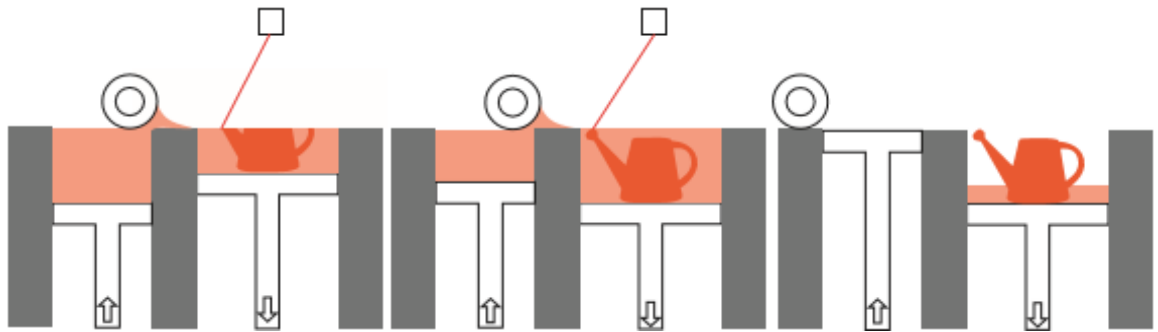
⁷ INFANTE M, Rafael. Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido. España. [Consultado el 23 de Marzo de 2017]

Imagen 9: Esquema sinterización



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

Imagen 10: Proceso sinterización



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

Procedimiento:

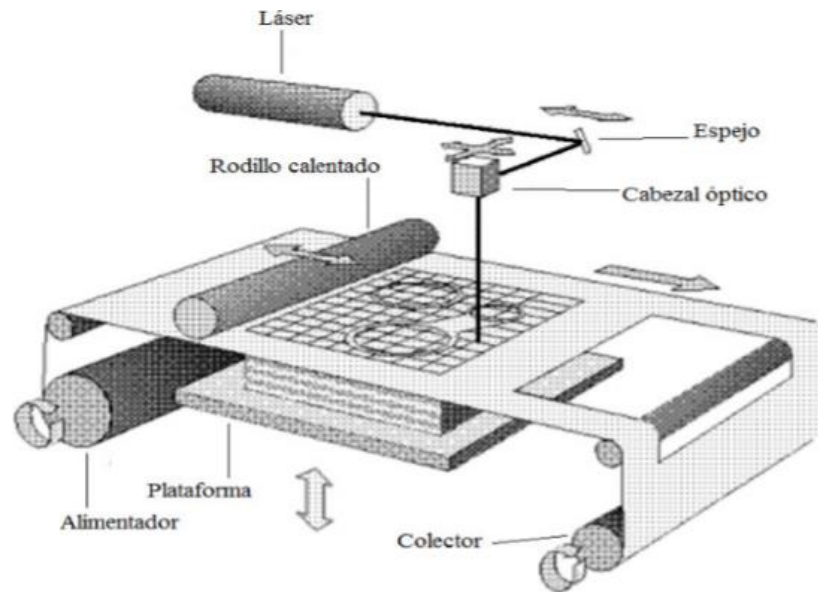
- Una vez pre-procesado el archivo STL la impresora lo divide en capas de tamaño predeterminado.
- Se esparce una capa de material en polvo desde uno de las cubetas al otro y los laser dibujan la sección transversal de la capa hasta solidificar la resina.
- Se baja la plataforma el valor de la capa predeterminada.
- Repetición del paso 2 y 3 hasta terminar la pieza.

3. Fabricación por corte y laminado (**Laminater Object Manufacturing**)

En esta una hoja de material se posiciona automáticamente sobre una plataforma y se prensa con un rodillo caliente quedando adherida a la hoja precedente. A este proceso se le llama laminación secuencial de láminas transversales. Una vez adherido el material el láser corta el contorno de la capa controlado por una mesa de posicionamiento XY.⁸

⁸ INFANTE M, Rafael. Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido. España.

Imagen 11: Esquema fabricación por corte y laminado



Fuente: INFANTE MARTIN, Rafael. Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido. España. [Consultado el 23 de marzo de 2017]

Procedimiento:

- Una vez pre-procesado el archivo STL se desenvuelve el material con espesor predeterminado en los rodillos.
- El láser corta el material dejando lista la capa.
- Se baja la plataforma, se desenrolla más material y un rodillo calefactor hace que se pegue al anterior.
- Repetición de los pasos 2 y 3 hasta terminar la pieza.

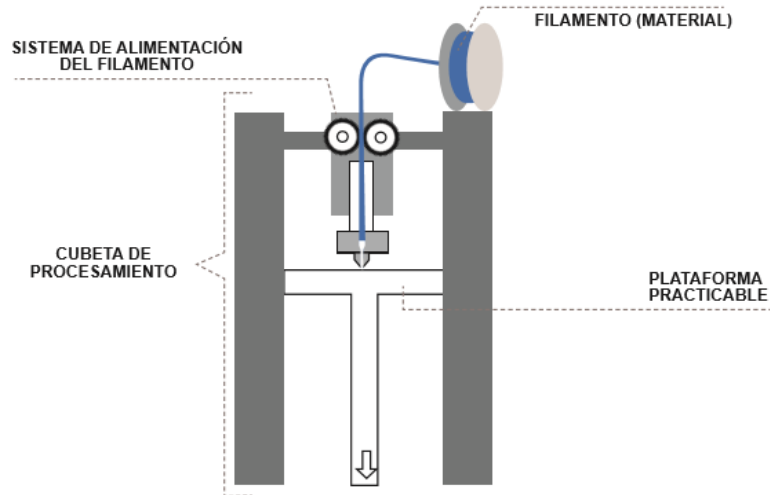
4. Deposición por hilo fundido (**Fused Deposition Modeling**)

Es la segunda tecnología de prototipado rápido más usada, la primera es la estereolitografía, su campo de acción es muy diverso ya que varios sectores como: automoción, aeronáutica, informática, package, etc. recurren a ella.⁹

En esta se extruye una pequeña cantidad de termoplástico a través de una boquilla una capa a la vez hasta terminar la pieza.

Sus principales componentes son: un cabezal móvil extrusor del termoplástico, plataforma y rollo de material termoplástico.

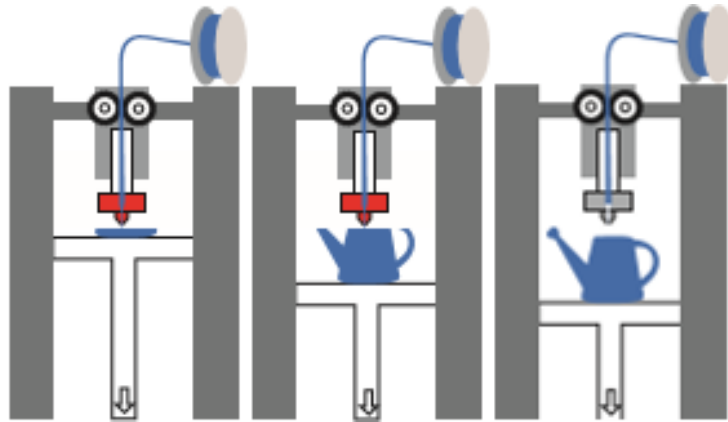
Imagen 12: Esquema Deposición por hilo fundido



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

⁹ INFANTE M, Rafael. Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido. España. [Consultado el 23 de Marzo de 2017]

Imagen 13: Proceso de FDM



Fuente: ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España 2016. [Consultado el 24 de abril de 2017]

Procedimiento:

- Una vez pre-procesado el archivo STL la impresora lo divide en capas de tamaño predeterminado y el cabezal móvil extruye el material en forma semilíquida, moviéndose y creando toda la capa.
- Según sea la configuración de la impresora la plataforma desciende o el cabezal asciende para hacer la siguiente capa.
- Repetición del paso 2 hasta terminar la pieza.

4.6 Aplicaciones impresión 3D¹⁰

Automotriz

En este campo se pueden fabricar piezas de vehículos grandes o pequeñas con cualquier grado de complejidad como por ejemplo caja de cambios para coches de

¹⁰ LOPEZ C, José E. NOTA DE FUTURO 2 / 2016 Impresoras 3 D. España. Disponible de: http://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/17854.pdf

carreras con un interior muy perfeccionado que además llega a ser más ligera que las convencionales. E incluso se ha llegado a construir coches enteros (Strati).

Alimentación

Esta tecnología es aplicable a materiales comestibles en forma líquida o en polvo. Esto incluye azúcar, queso, salsas, chocolate, pastas etc. Que además mantienen su frescura y cualidades nutricionales y de sabores salados o dulces.

Medicina

Cualquier órgano de tejido blando, como una oreja, dedo o riñón, puede ser producido en 3D. Además, ya se han fabricado implantes metálicos, implantes de cadera, de cráneo, plantillas ortopédicas, aparatos ortopédicos corporales y trasplantes de mandíbula. Cabe resaltar que con esta aplicación se consiguen diseños personalizados y adaptables para cada forma del paciente que lo requiera.

Aeroespacial

Se emplea para producir componentes de aeronaves y vehículos espaciales ayudando a acelerar su construcción y reparación incluso en ambientes de gravedad cero presentes en la Estación Espacial Internacional. Por lo tanto, la NASA tiene pensado su aplicación para hacer misiones espaciales más auto-suficientes y largas como las de alcanzar y explorar el planeta Marte.

4.7 FUNCIONAMIENTO DE LA MAKERBOT REPLICATOR+

La MAKERBOT REPLICATOR+ mostrada en la imagen 14, que es la impresora 3D que posee en estos momentos la UPB, hace objetos sólidos y tridimensionales fundiendo el filamento MakerBot PLA luego lo extruye en la placa en forma de líneas finas para construir el objeto capa por capa. La cámara de construcción permite que

el PLA extruido se enfría lentamente, minimizando el deformado y curvado. Este método de impresión 3D se llama modelado de deposición fundido (FDM).¹¹

Imagen 14: Foto de la MAKERBOT REPLICATOR+



Fuente: MAKERBOT INDUSTRIES. Makerbot Replicator+ manual de usuario. New York, USA. 2009. [Consultado el 7 de mayo de 2017]

¹¹ MAKERBOT INDUSTRIES. Makerbot Replicator+ manual de usuario. New York, USA. 2009.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

1. Computador
2. Impresora 3D tipo FDM Makerbot
3. Carretes de filamentos marca Makerbot.
4. Cuchillo.
5. Destornilladores.
6. Lijas
7. Acetona
8. Recipiente metálico.

5.2 METODOLOGÍA

Este proyecto tiene un enfoque cuantitativo ya que se espera obtener el contenido temático de la optativa prototipado rápido para que sea dictada a los estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica de la universidad Pontificia Bolivariana. Además de obtener piezas acordes a requerimientos específicos utilizando la impresora 3D de la facultad.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 CONTENIDO PROGRAMATICO DE LA MATERIA

La Universidad Pontificia Bolivariana para estar de acorde con sus políticas de calidad a estipulado el siguiente formato llamado Syllabus donde estará consignado los requisitos que deberán tener todas las asignaturas que se quieran impartir teniendo en cuenta la misión, visión y políticas de la universidad.

Se deberá consignar lo concerniente a su clasificación como materia de la universidad es decir a que escuela, facultad y área va a pertenecer, así como el nombre, los requisitos en caso de haberlos y la cantidad y tipo de hora además de su equivale en créditos de acuerdo a las políticas de la universidad.

Se aclarara la justificación y los propósitos de la asignatura estipulando las razones del porque se debe impartir, tomando como referencia las implicaciones prácticas y el valor teórico que traerá a los estudiante el ver la optativa prototipado rápido ya que esta supondrá más ventajas en su futuro profesional todo enmarcado en una educación integral con sentido humano como exige la universidad evidenciado en las 3 competencias que debe tener el estudiante UPB: el saber, el saber hacer y el saber ser.

Se expondrá los contenidos a desarrollar durante el transcurso de la asignatura, así como las estrategias de enseñanza y aprendizaje que se buscan crear con el Trabajo de **Acompañamiento Directo** y el **Trabajo Independiente**.

Y finalmente todo lo concerniente al cómo será evaluada la asignatura de acuerdo a lo estipulado por las normas de la universidad y la bibliografía disponible en la biblioteca universitaria.

Tabla 1: Formato Syllabus

ESCUELA: Ingenierías FACULTAD: Ingeniería Mecánica				
CÓDIGO Y NOMBRE DE LA ASIGNATURA Prototipado rápido			ÁREA (CICLO) Acá debe ubicar la asignatura en uno de los cuatro ciclos que configuran la estructura curricular: † Profesional Integración	
REQUISITOS: Análisis de mecanismos (CTIM 0005) Diseño II (CTIM 0008) Procesos de fabricación (CTIM 0004)				
HT: 2 Horas teóricas	HP: Horas prácticas	HL: 4 Horas Laboratorio	C: 4 Créditos	Horas/Semana de Trabajo independiente: 8 (Calculadas según las equivalencias UPB)
JUSTIFICACIÓN				
<p>La necesidad de la industria moderna de obtener resultados y predecir el comportamiento de componentes, sistemas y máquinas; hace necesario el modelamiento de estos de una forma rápida y económica; es por esta razón, que desde hace algunos años atrás se desarrolló y se ha venido perfeccionando el prototipado rápido; como respuesta a esta necesidad, aplicando diversos materiales de impresión 3D y máquinas modeladoras, que han disminuido los costos de producción y tiempos de fabricación.</p> <p>Por tal motivo, se hace necesario que el estudiante de Ingeniería Mecánica, conozca e interactúe con esta tecnología, como respuesta a las necesidades del mercado para la concepción, fabricación y puesta en funcionamiento de componentes y</p>				

sistemas mecánicos, en el menor tiempo posible, disminuyendo costos de fabricación y tiempos de desarrollo.

PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA

UNIDADES DE COMPETENCIA Y ACTUACIONES DEL ESTUDIANTE

Competencias Cognitivas (Saber):

El estudiante: conoce a cerca del prototipado rápido y sus generalidades y sabe distinguir las diferentes tecnologías, componentes y materiales existentes en la industria.

Indicadores de logro:

Diferenciar entre las distintas tecnologías del prototipado rápido de acuerdo a sus componentes, materiales y requerimientos específicos.

Distingue cada parte del proceso de prototipado rápido y soluciona posibles errores que puedan surgir.

Competencias Actitudinales y Axiológicas (Saber Ser):

El estudiante: está en la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos en la materia en su desempeño a futuro en la industria asegurando a cabalidad sus funciones como ingeniero mecánico.

Indicadores de logro:

Considera cuando aplicar los conocimientos adquiridos de acuerdo a las situaciones que lo ameriten a medida que desempeña su labor como ingeniero mecánico.

Competencias Pragmáticas (Saber Hacer):

El estudiante: tiene la capacidad de operar y mantener una impresora 3D tipo FDM (**Fused Deposition Modeling**) con la cual puede crear piezas adecuadas a especificaciones o requerimientos previos con las cuales puede construir o reparar cualquier sistema mecánico de acuerdo a sus necesidades.

Indicadores de logro:

Plena capacidad de operación, mantenimiento y producción con una impresora 3D tipo FDM (**Fused Deposition Modeling**).

CONTENIDOS

CONTENIDOS

Historia del prototipado rápido

Generalidades del prototipado rápido (Definición, materiales y proceso básico)

Principales tecnologías:

Estereolitografía (SLA)

Sinterización selectiva por láser (Selective Laser Sintering)

Fabricación por corte y laminado (Laminater Object Manufacturing)

Deposición por hilo fundido (Fused Deposition Modeling)

Aplicaciones impresión 3D

Funcionamiento teórico-práctico de una impresora 3D (Makerbot Replicator+)

Fabricación de piezas con la impresora 3D (Makerbot Replicator+)

Acabados de la piezas hechas con la impresora 3D (Makerbot Replicator+)

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE QUE APOYARÁN EL TAD Y TI

TAD: en la asignatura se buscará inculcar al estudiante sobre la importancia que tiene el prototipado rápido en la industria hoy en día, con el objetivo que el sienta la necesidad de estar en constante formación para así intercambiar ideas con sus demás compañeros y el profesor al fin de hacer unas prácticas provechosas en su formación profesional complementaria.

TI: el estudiante indagara más sobre los temas tratados en clase con el objetivo de llegar informado y aportar sus conocimientos para un satisfactorio desarrollo de la asignatura.

Tendrá la obligación de preparar clases y laboratorios consultando información previa que le permita tener conocimientos sólidos para encarar los desafíos propuestos en cada clase de la asignatura.

EVALUACIÓN

Competencia:

Tipo de Evaluación	Criterio de Evaluación	Evidencias de Evaluación	Tipo de Aprendizaje	Instrumentos de Evaluación
Teórica	El estudiante conoce que es el prototipado rápido y las diferentes tecnologías existentes en la industria	Calificaciones cuantitativa de 0 a 5	Cognitivo	Quices parciales y
Practica	El estudiante está en la capacidad de operar y mantener una impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling)	Calificaciones cuantitativa de 0 a 5	Practico	Informes de laboratorios

BIBLIOGRAFÍA

AGUAYO G, Francisco. SOLTERO S, Víctor M. Metodología del diseño industrial un enfoque desde la ingeniería concurrente. Madrid, España. Ra-Ma, 2003.

SANCHEZ J, F Javier. FERNANDEZ DE LA PUENTE, Arturo. LLORENTE G, Julián. Técnicas de prototipado rápido. Sevilla, España.

KALPAKJIAN Serope, SCHIMD Steven R. Manufactura, Ingeniería y tecnología. Mexico, Pearson Education, 2002.

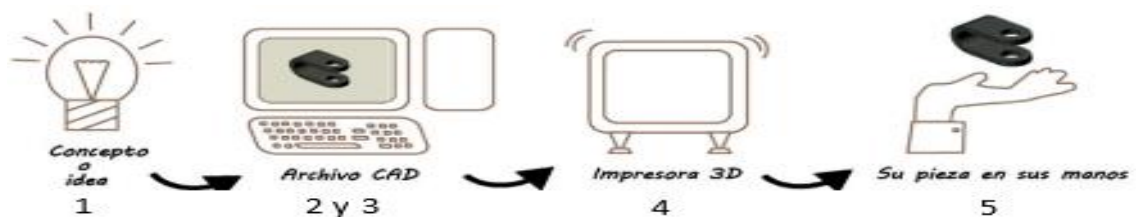
Fuente: Autor del proyecto

6.2 INTRODUCCION A LAS IMPRESORAS 3D TIPO FDM

En esta sección se realizará una introducción detallada de todo lo que hay que tener en cuenta al realizar una impresión 3D con una impresora tipo FDM con énfasis en la impresora 3D Makerbot.

Como se había dicho anteriormente el proceso de impresión 3D se puede dividir en 5 pasos básicos:

Imagen 15: Proceso básico del prototipado rápido



Fuente: D`AMORE, Florencia. Prototipos 3D: ¿ciencia ficción o realidad? Buenos Aires. Argentina. [Consultado el 4 de mayo de 2017]

1. Crear un modelo del diseño en CAD

Los modelos CAD se definen como: modelos de diseño asistido por computadora en tres dimensiones, estos representan diseños como conjuntos de entidades solidas en tres dimensiones, cada una por lo general construida con figuras geométricas como cilindros, bloques y orificios¹².

2. Convertir ese modelo CAD en un formato STL

Luego de tener el modelo CAD hay que guardar el archivo en formato “.stl”, que es el más común para las impresoras 3D. Este formato STL es el formato que se creó para el primer proceso comercializado, la estereolitografía como ya se ha mencionado (sterelitography, de ahí STL). Este formato se caracteriza porque el modelo está compuesto por caras triangulares. El archivo STL contiene las coordenadas donde se encuentran los vértices y la normal de la cara, que es lo que indica hacia donde está mirando el objeto (delimita lo que sería la cara exterior y la interior)¹³.

3. Seccionar el archivo STL en finos planos cruzados seccionados (Slicer)

Después de tener el archivo en formato STL, el software escogido para el slicer procesa el modelo en capas de un espesor definido. A esto se le denomina slicing (rebanado).

¹² □ULRICH Karl T, EPPINGER Steven D. Diseño y desarrollo de productos. Mexico DF, Mexico. McGrawhill, 2009.

¹³ ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España.

A continuación, se explicarán los parámetros más generales que intervienen en las impresiones 3D tipo FDM.

Tipo de plástico: existen muchos plásticos utilizables, pero solo se hablará del PLA debido a que es el que usa la impresora Makerbot.

PLA: el ácido poliláctico es biodegradable y se obtiene del almidón de maíz, por lo que es además un material apto para el uso alimenticio. La temperatura necesaria para su impresión es de unos 210 °C¹⁴.

Temperatura: obviamente el plástico debe ser fundido para poder ser extruido luego enfriado y finalmente consolidado en la pieza como se constató en las propiedades del PLA su temperatura de fusión es de 180°C pero es aconsejable hacer impresiones desde los 190°C hasta los 220°C ya que en este rango el plástico presenta la consistencia necesaria para facilitar la extrusión, el enfriado y consolidado de la pieza; temperaturas más bajas harán errores en las piezas como huecos y aumentara el riesgo de un atasco debido a una extrusión deficiente, al igual que temperaturas mayores harán errores como gotas y aumentara el riesgo a que el plástico comience a quemarse o la boquilla no permita la consolidación de la pieza.

Velocidad: este parámetro está directamente relacionada a la temperatura, temperaturas mayores requerirán velocidades mayores ya que el plástico será más

¹⁴ Ibid.

fluido y deberá enfriarse más rápido al salir de la boquilla y si esta sigue estando cerca no dejará que esto suceda.

Altura de capa: este parámetro está limitado al diámetro de la boquilla que en la impresora Makerbot es 0,4 mm por lo tanto las alturas de capas serán menores a esta medida siendo muy populares los tamaños 0,1 0,2 y 0,3. La principal característica que este parámetro trae consigo es la estética mejorando el acabado superficial; se puede hacer una analogía con los pixeles en las imágenes virtuales. También afecta el gasto de material y el tiempo.

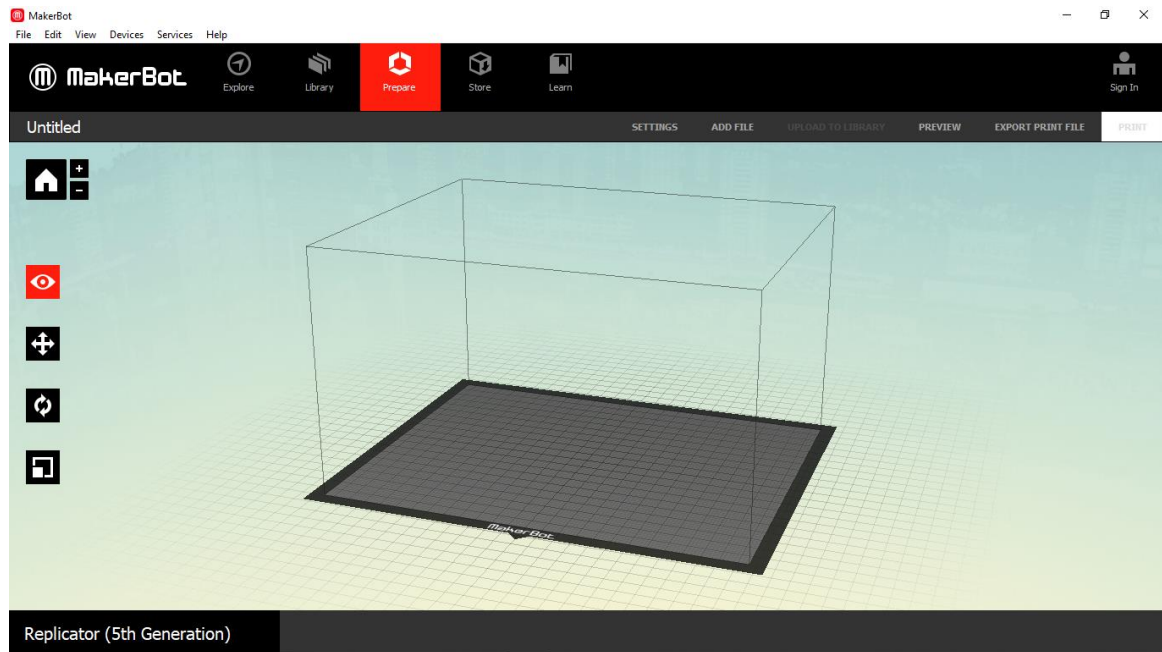
Relleno: este parámetro mejora propiedades mecánicas, aunque impacta el gasto en material y tiempo de impresión se recomienda un máximo de 50% en promedio, aunque depende mucho de la geometría de la pieza.

Ya con la información anterior se profundizará específicamente en el software “MakerBot desktop” que es el predeterminado para hacer el slicer de las impresoras Makerbot.

Software para hacer el slicer

La impresora 3D Makerbot trae consigo un software encargado de realizar el slicer donde se puede modificar los parámetros básicos descritos anteriormente, así como sus variaciones y otros parámetros dependiendo del resultado que se quiera obtener en las piezas, a continuación, se explicara cada ventana y cada opción.

Imagen 16: Ventana principal MakerBot desktop (Software para hacer el slicer)



Fuente: Autor del proyecto

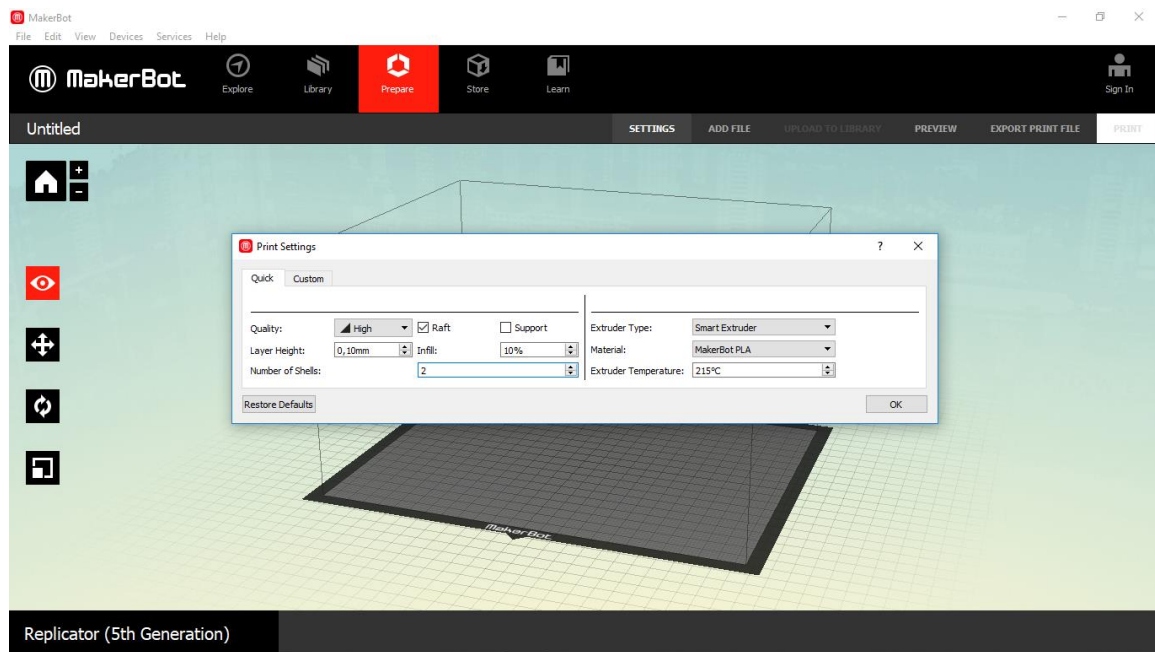
En esta ventana se puede observar principalmente 3 cosas interesantes como lo son:

1. en el centro una representación del área de impresión, cada cuadro pequeño mide 1 mm x 1mm en los ejes X y Y por lo tanto cada cuadro grande mide 5 mm x 5 mm y las líneas horizontales superiores son los límites de impresión en el eje Z.
2. A la izquierda se observa los comandos de control de las vistas y las piezas, de arriba abajo esta: el botón de vista principal (Forma de casa), al lado de este los botones del zoom; le sigue el botón que activa la rotación de las vistas (Forma de ojo), el botón que mueve la pieza en los planos X, Y y Z (Forma de flechas en cruz), el botón de rotación de la pieza en los planos X, Y y Z (Forma de flechas curvas) y el botón para escalar las piezas (Forma de cuadros).

3. Barra de estado arriba de los 2 ítems anteriores, de izquierda a derecha esta: Nombre de la pieza a imprimir, Propiedades (Settings), agregar una pieza (Add file), subir a librería (Upload to library), Visualización de la pieza después del slicer (Preview), exportar archivo para imprimir con memoria USB (Export print file) e imprimir.

Una vez seleccionado el botón de propiedades aparece la siguiente ventana con las 2 pestañas de propiedades:

Imagen 17: Ventana de propiedades predeterminadas

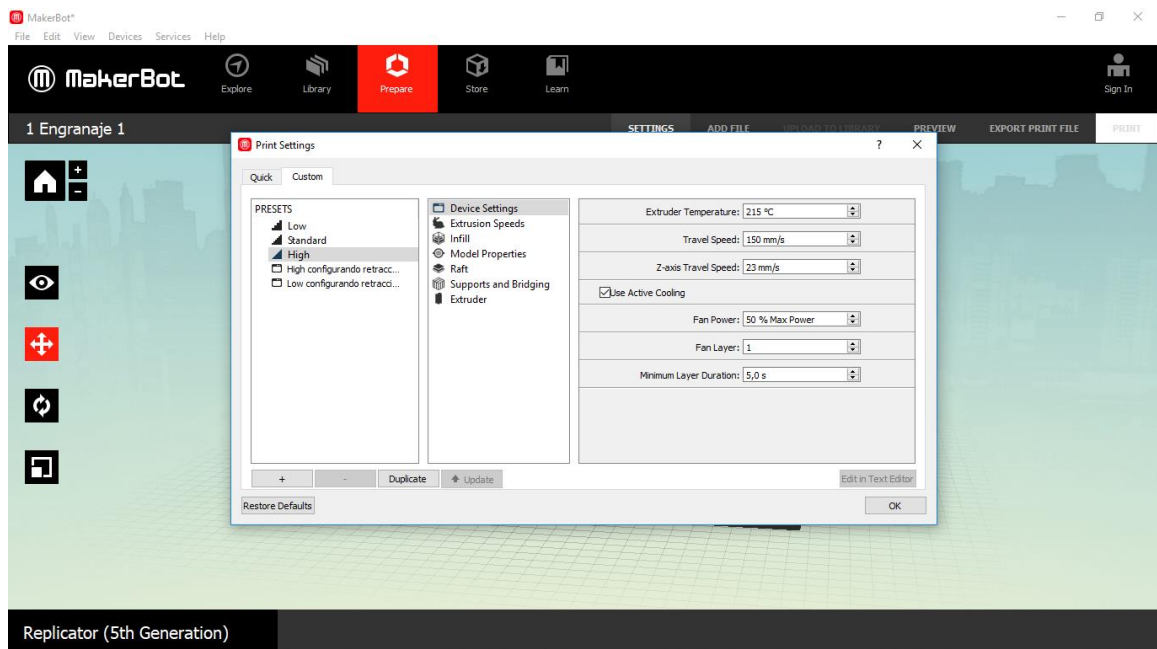


Fuente: Autor del proyecto

1. Predeterminadas (Quick), de arriba a abajo y de izquierda a derecha esta: la calidad (Quality) con sus respectivas 3 opciones (High, Standar y Low), Altura de capa (Layer height) se puede modificar a voluntad desde 0,05 mm hasta 0,4 mm, aunque cada calidad trae la altura de capa predeterminada de 0,1 mm, 0,2 mm y 0,3 mm respectivamente; Numero de perímetros (Number of shells) modificable de

1 a 100 siendo 2 la predeterminada, sigue las casilla de activación de la balsa (Raft) y los soportes (Support), luego el relleno (Infill) modificable de 0% hasta 100%, en la otra mitad el extrusor usado, el material a usar, la temperatura de impresión (Extruder temperature) modificable de 0°C hasta 280°C siendo 215 la predeterminada y abajo a la izquierda el botón de restaurar valores predeterminados (Restore Defaults) debido a que cuando se modifica un valor el nuevo aparecerá con un asterisco al lado del nombre de la propiedad.

Imagen 18: Modificador de TODAS las propiedades (Custom)



Fuente: Autor del proyecto

En esta pestaña encontraremos todas las propiedades con las que se puede jugar para cierto fin a la hora de imprimir las piezas. La ventana se divide principalmente en 3 grandes grupos de izquierda a derecha son: el nombre de cada calidad de imprimir, vienen las mismas 3, vistas anteriormente aunque con los botones de abajo se pueden crear, eliminar, duplicar y actualizar desde Internet; en la mitad, cada gran grupo de propiedades, a la derecha cada propiedad con su valor y por

último el botón de restaurar valores predeterminados (Restore Defaults) debido a que cuando se modifica un valor el nuevo aparecerá con un asterisco blanco con fondo verde al lado derecho, al darle clic en este volverá únicamente al valor predeterminado la propiedad modificada.

1° gran grupo de propiedades: Configuración básica (Device Settings)

1. Temperatura de impresión (Extruder temperature) explicada anteriormente, aunque esta vez el valor máximo es 255°C.
2. Velocidad del viaje: velocidad a la que se desplaza el carro del extrusor cuando no se imprime (Extruye) modificable de 0 a 175 mm/s por defecto 150 mm/s
3. Velocidad del viaje en el eje z: velocidad a la que baja la superficie de impresión modificable de 0 a 50 mm/s por defecto 23 mm/s
4. Activar el ventilador de capa: su nombre lo dice, por defecto marcado.
5. Potencia ventilador de capa: su nombre lo dice, modificable de 0 a 100% de la máxima potencia, por defecto 50%.
6. Capa del ventilador: número de capa en la cual se activa el ventilador de capa modificable de 0 a 5000, por defecto 1.
7. Duración mínima de la capa: tiempo mínimo que debe durar una capa para favorecer el enfriado y consolidado de la misma. modificable de 0 a 30 s, por defecto

2° gran grupo de propiedades: Velocidades de impresión (Extrusion Speeds)

Cada propiedad tiene 2 opciones modificables: la potencia del ventilador de capa que por defecto es 0,5 (50% de la potencia máxima) y la velocidad del carro del extrusor que es particular para cada una.

1. Puentes (Bridges): son las secciones apoyadas en los extremos, pero no en la mitad. La velocidad por defecto es 40 mm/s.
2. Primera capa (First Layer): es la primera capa de la pieza. La velocidad por defecto es 30 mm/s.
3. Primera capa de la balsa (First Layer Raft): es la primera capa de la balsa. La velocidad por defecto es 30 mm/s.
4. Relleno del piso (Floor surface Fills): son las capas a continuación de la primera capa, este concepto se redondeará más adelante. La velocidad por defecto es 90 mm/s.
5. Relleno (Infill): es el material depositado en el área delimitada por todos los perímetros (Shells) en cada capa. La velocidad por defecto es 90 mm/s.
6. Perímetros interiores (Insets): tipo de perímetro el cual son los más internos en cada capa. La velocidad por defecto es 90 mm/s.
7. Contorno (Outlines): tipo de perímetro el cual es el más externo en cada capa. La velocidad por defecto es 20 mm/s.
8. Balsa (Raft): Área de apoyo que incrementa la adhesión a la superficie de impresión. La velocidad por defecto es 90 mm/s.
9. Base de la balsa (Raft Base): si se selecciona la opción balsa esta sería en realidad la primera capa impresa. La velocidad por defecto es 90 mm/s.

10. Relleno del techo (Roofsurface Fills): son las capas finales de la pieza, este concepto se redondeará más adelante. La velocidad por defecto es 90 mm/s.

3° gran grupo de propiedades: Relleno (Infill)

1. Densidad del relleno (Infill Density): establece la densidad de la estructura de soporte interno de la pieza. Modificable de 0% a 100% y por defecto 10%; un porcentaje más alto dará como resultado un objeto más pesado y más fuerte, pero gastará más tiempo y obviamente más material.

2. Altura de la capa de relleno (Infill Layer Height): establece la altura de las capas de relleno. Modificable de 0 a 1,6 mm, el valor de defecto depende de la calidad (0,4 mm para Standard y 0,3 mm las otras 2) y el patrón escogido, explicado a continuación; exceptuando Low (En Standard 0,2 mm para todos menos los dos Diamonds y en High 0,4 mm para los dos diamonds). Si es mayor a la altura de capa (Layer Height) explicada en el siguiente grupo (Propiedades del modelo) permite acelerar la impresión sin sacrificar la calidad de la superficie.

3. Patrón de relleno: es la forma del patrón del relleno. Se escoge una de las siguientes siete opciones siendo por defecto “Diamond (Fast)” en calidad Standard y “Linear” para las otras dos.

A) Linear: se compone de líneas rectas paralelas, perpendiculares a las líneas en la capa anterior, es rápido de imprimir y simplifica su trayectoria.

B) Hexagonal: se compone de hexágonos, es fuerte, por lo que puede imprimir objetos resistentes sin agregar peso.

C) Catfill, Sharkfill y Moroccanstar: están destinados a ser decorativos y divertidos. Estos patrones pueden aumentar los tiempos de impresión y agregar complejidad adicional a su trayectoria.

D) Diamonds: se compone de rombos (diamantes), es resistente y mejora la rapidez de impresión aún más el Diamond (Fast) aunque aumenta la complejidad de la trayectoria.

4° gran grupo de propiedades: Propiedades del modelo (Model Properties)

1. Altura de capa (Layer Height): establecer el grosor de las capas individuales de la pieza. Modificable de 0,05 a 0,4 mm y por defecto depende de la calidad seleccionada explicadas ya. Una altura de capa más baja dará como resultado una superficie más lisa es decir mejor acabado superficial, pero demorara y gastara más material.

2. Numero de perímetros (Number of Shells): establece el número de perímetros que llevara la pieza. Modificable en valores enteros de 1 hasta 9999 siendo por defecto 2. Cuando las piezas son demasiado altas se recomienda más perímetros por lo general 5 es el valor máximo.

3. Espesor del techo y espesor del piso (Roof thickness y floor thickness): establece la altura de las capas solidas de la parte inicial y final de la pieza. Modificable de 0 a 5 mm y por defecto depende de la calidad seleccionada (1 mm para High y 0,8 mm para las otras dos). Cuando se necesitan piezas más fuertes y pesadas como en las muy altas se recomienda mayor altura que a su vez traerá más consumo de tiempo y material; si se quiere saber cuántas capas de estas se van a imprimir se divide la altura seleccionada por la altura de capa, algunos softwares para hacer el slicer traen es esta opción (Numero de capas del piso y el techo).

4. Tosquedad (Coarseness): se usa para simplificar los contornos de cada capa de su impresión antes de que se cree la trayectoria. Estos contornos pueden incluir pequeños detalles o pequeños cambios en el ángulo que complican el recorrido de la herramienta sin hacer ninguna diferencia en el objeto impreso real. Puede bajar el valor muy levemente si los detalles en su modelo no se muestran en su impresión,

o alzarlo ligeramente para simplificar aún más su objeto. Modificable de 0 hasta 0,00999 mm por defecto 0,00010 mm.

5. Punto de inicio de capa fija: Comienza cada capa desde el objeto más cercano a una ubicación fija, en lugar de donde terminó la capa anterior. Seleccionable o no seleccionable y valor predeterminado no seleccionable.

6. Punto de inicio de perímetro fijo:

5° gran grupo de propiedades: Balsa (Raft)

Balsa (Raft): la balsa es una estructura de base que mantiene la pieza estable durante el proceso de impresión. Seleccionable o no seleccionable. Es recomendable su uso en piezas donde los puntos de contactos con la superficie de impresión sean pocos por ejemplo en esferas. Todas las piezas hechas con la impresora 3D Makerbot deben llevar balsa.

6° gran grupo de propiedades: Soportes y puentes (Supports and bridges)

1. Support: Seleccionable o no seleccionable y valor predeterminado no seleccionable. Los soportes estándar en este software para hacer el slicer son paredes entrecruzadas, aunque tienen variaciones más adelante explicadas, en otros softwares hay otros tipos de soporte. Los soportes son útiles cuando se imprimen modelos con voladizos (No apoyados en un extremo) y puentes largos.

2. Leaky connections: Seleccionable o no seleccionable y valor predeterminado seleccionable. Permite que el plástico gotee fuera de la boquilla del extrusor durante los movimientos de desplazamiento, fortaleciendo los enlaces entre las diferentes secciones de las estructuras de soporte.

3. Align Suport: Seleccionable o no seleccionable y valor predeterminado seleccionable. Cambia las paredes entrecruzadas por paredes paralelas.
4. Extra Suport: Seleccionable o no seleccionable y valor predeterminado no seleccionable. Genera un estilo de soporte más pesado que se utilizó en las versiones anteriores de MakerBot Slicer.
5. Support Density: cambia el espaciado entre las paredes de los soportes. Modificable de 0,00 hasta 1,00 siendo por defecto 2,00. Entre mas alto el número más juntas estarán las paredes de los soportes.
6. Support Margin: establece que tanto sobrepasan los bordes de los soportes a los bordes de la porción de la pieza que los llevara. Modificable de 0,00 mm hasta 5,00 mm siendo por defecto 0,50 mm. Al seleccionar 0 mm los soportes no sobrepasaran la porción de la pieza que los llevara.
7. Support to Model Spacing: establece la distancia entre los bordes exteriores de la pieza y los bordes externos de las estructuras de soporte más cercanas en el plano horizontal. Modificable de 0,00 mm hasta 5,00 mm siendo por defecto 0,40 mm. Al modificar esta propiedad automáticamente se modifica la siguiente y cuando su valor es 2,1 mm o superior la siguiente dará una advertencia. Las estructuras de soporte más cercanas a su objeto proporcionarán más soporte, pero pueden ser más difíciles de eliminar.
8. Support Roof to Model Spacing: establece la distancia entre los bordes exteriores de la pieza y los bordes superiores de los soportes en el plano horizontal. Modificable de 0,00 mm hasta 2,00 mm siendo por defecto 0,40 mm. Al poner un valor superior de 2,1 mm en la anterior este también aparecerá en esta mostrará una advertencia en rojo diciendo que se sobrepasado el rango.
9. Support Angle: establece el ángulo mínimo desde la vertical que puede llevar un voladizo sin tener soporte automático. Modificable de 0 ° hasta 90° (Horizontal) siendo por defecto 68°.

10. Support Layer Height: establece la altura de capa de los soportes. Modificable de 0,00 mm hasta 4,00 mm siendo por defecto la misma de la calidad seleccionada teniendo en cuenta las mismas consideraciones.

11. Breakaway Support: establece estructuras de soporte que serán más fáciles de eliminar del objeto impreso. Seleccionable o no seleccionable y valor predeterminado no seleccionable. Cuando se selecciona Breakaway Support, Align Support y Extra Support no estará disponible.

12. Maximum Bridge Length: establece la longitud máxima de un puente que no será soportado. Modificable de 0,00 mm hasta 100,00 mm siendo por defecto 80 mm.

13. Support Bridges: establece si todos los puentes tendrán soportes. Seleccionable o no seleccionable y valor predeterminado no seleccionable.

7° gran grupo de propiedades: Extrusión

Como se habló en los parámetros que intervienen las impresiones 3D más concretamente en el parámetro temperatura, cuando la impresora esta lista para imprimir el plástico ya está fundida y un poco del sale por gravedad de la boquilla del extrusor. Cuando ya comienza a imprimir a medida que el plástico sale, el extrusor deberá empujar el filamento para poder seguir manteniendo el flujo de plástico predeterminado. Por eso en los viajes el extrusor retrae una pequeña longitud de filamento (Retracción). Esto ayuda a evitar que se formen delgadas cadenas de plástico (Hilos) entre las diferentes secciones de su impresión. Cuando la extrusión comienza de nuevo al final del viaje, el filamento se empuja hacia dentro del extrusor para continuar la impresión (Reinicio).

Si la impresora 3D tiene dos extrusores, verá dos categorías con las mismas propiedades: Extrusor derecho y Extrusor izquierdo, en caso contrario solo habrá una categoría.

1. Extruder Type: establece el tipo de extrusor seleccionado.
2. Filament: establece el diámetro de filamento. Modificable de 1,25 mm hasta 2,25 mm siendo por defecto 1,77 mm.
3. Retraction distance: establece la distancia que será retraído el filamento en cada viaje del carro del extrusor. Modificable de 0 mm hasta 50,0 mm siendo por defecto 1,00 mm. Como se dijo antes al aumentar la retracción se eliminan los hilos entre las secciones, pero si se eleva mucho se obtendrá una extrusión pobre.
4. Retraction Speed: establece la velocidad de retracción del filamento. Modificable de 0 mm/s hasta 100,0 mm/s siendo por defecto 50,00 mm/s.
5. Restart Speed: establece la velocidad con la que se empuja el filamento hacia la boquilla después en un reinicio. Modificable de 0 mm/s hasta 50,0 mm/s siendo por defecto 30,00 mm/s.
6. Extra Restart Distance: establece un adicional o no adicional a la distancia de filamento que se empuja en la boquilla del extrusor en un reinicio. Modificable de 0 mm hasta 5,0 mm siendo por defecto 0,1 mm. Si se establece en cero, se colocará la misma cantidad de filamento que se retractó, ingrese un valor positivo para agregar plástico adicional y reducir espacios. Ingrese un valor negativo para agregar menos plástico del valor retraído y reducir burbujas.
7. Extra Restart speed: establece la velocidad con la que se empuja el filamento hacia la boquilla en el Extra Restart Distance. Modificable de 0 mm/s hasta 50,0 mm/s siendo por defecto 30,00 mm/s.
8. Ooze Distance: establece la distancia de plástico exudado. Modificable de 0 mm hasta 2,00 mm siendo por defecto 0,10 mm. El plástico puede seguir saliendo de la extrusora al final de un movimiento. El MakerBot Slicer hace uso de ese plástico

adicional y reduce el enhebrado al detener la extrusión un poco antes y usar el exudado para completar el movimiento. Menos plástico sale durante la etapa de exudado, pero la extrusora se ralentiza hacia el final del movimiento, manteniendo el ancho de extrusión constante.

9. Minimum Ooze Path Length: establece la mínima distancia a la cual se exudará. Modificable de 0 mm hasta 2,00 mm siendo por defecto 0,10 mm. Si la distancia de extrusión es menor que el Minimum Ooze Path Length no se exudará.

3. Construir el modelo

Si se tuvo en cuenta los anteriores pasos la impresión será casi autónoma, se aconseja estar pendiente en las primeras capas por si algún imponderable aparece. El proceso de construcción del modelo se divide en dos grandes momentos la pre-impresión y la impresión. A continuación, un resumen de todo el proceso de construcción de las piezas:

Pre-impresión: son los pasos que realiza la impresora antes de comenzar a extruir.

1. Inicio de la pre-impresión: la impresora asimilará el archivo del slicer.
2. Movimientos de prueba: la impresora moverá el carro del extrusor en todos los ejes y retraerá el filamento.
3. Pre-calentamiento: la impresora comenzará un pre-calentamiento hasta 180° C y mantendrá la temperatura.
4. Home: la impresora irá a la posición de Home que es la posición predeterminada con las coordenadas de inicio de cada eje.

5. Calibración de la cama: la impresora se posará sobre la cama de impresión que habrá subido buscando el punto antes calibrado.

6. Calentamiento final: la impresora se posará en la esquina inferior derecha del área de impresión y comenzará a calentar el extrusor hasta la temperatura predeterminada.

Impresión: son los pasos que realiza la impresora al comenzar a extruir hasta que termina la construcción del modelo.

1. Línea de limpieza de boquilla: debido a como se ha dicho, el plástico al alcanzar la temperatura predeterminada ya está saliendo de la boquilla por eso la impresora realizara una línea para limpiarla del plástico excedente.

2. Impresión de la balsa: se imprime la balsa que se divide en tres partes: una base gruesa en forma de “Eses”, un doble entramado poco denso y las capas densas que llevaran unos perímetros más tenues. Al terminar cada capa la cama de impresión bajara la altura de capa predeterminada.

3. Impresión de la pieza: se imprime la pieza que se dividirá en cuatro grandes partes: la primera capa, las capas del piso, las capas intermedias que llevan el relleno y las capas del techo. Al terminar cada capa la cama de impresión bajara la altura de capa predeterminada.

Cada impresión de las capas a su vez tiene siempre este orden: impresión de perímetro exterior, impresión de perímetros interiores e impresión de rellenos. Si la altura de capa de los perímetros es diferente al relleno se imprimirá tantas veces como sea necesario la menor de las dos alturas completando las capas necesarias

hasta alcanzar la mayor altura y hay si se imprimirán las dos alturas juntas completando la capa siempre siguiendo el orden antes descrito.

Si va a haber una perturbación en la geometría (Huecos o protuberancias) de las capas futuras la impresora dividirá esta perturbación otra vez en primera capa, capas del piso, capas intermedias y capas del techo, con sus propios perímetros. mientras en el resto de la capa seguirá con el orden que llevaba.

4. Terminación de la impresión: la impresora llevara el carro extrusor a la esquina inferior derecha y bajara la cama al máximo.

4. Limpiar y terminar el modelo

Como se explicó anteriormente entre más compleja sea las geometrías de las piezas es más probable que se requiera recurrir a tratamientos o procesos de acabados como recurrir a cincelar o retirar residuos con espátulas, cuchillos o cuñas, lijar superficies o si se quiere una apariencia más estética un tratamiento con acetona.

6.3 LISTA DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Tabla 2: Practicas del laboratorio

N	PRACTICAS DEL LABORATORIO
1	Conociendo la impresora MAKERBOT
2	Manejo del software para hacer el slicer
3	Imprimiendo placa horizontal
4	Imprimiendo cilindros
5	Imprimiendo las letras Verticales
6	Imprimiendo "puentes y agujeros en las piezas"
7	Imprimiendo medias esferas y esferas
8	Imprimiendo ensamblajes sencillos (Rueda de ginebra)
9	Imprimiendo ensamblajes sencillos (medio de transporte)
10	Acabados con vapor de acetona
11	Preparando ensamblaje FINAL parte I
12	Preparando ensamblaje FINAL parte II
13	Preparando ensamblaje FINAL parte III
14	Presentación ensamblaje FINAL

Fuente: Autor del proyecto

6.4 RESULTADOS, ANALISIS Y CONCLUSIONES DE LOS CASOS PRACTICOS

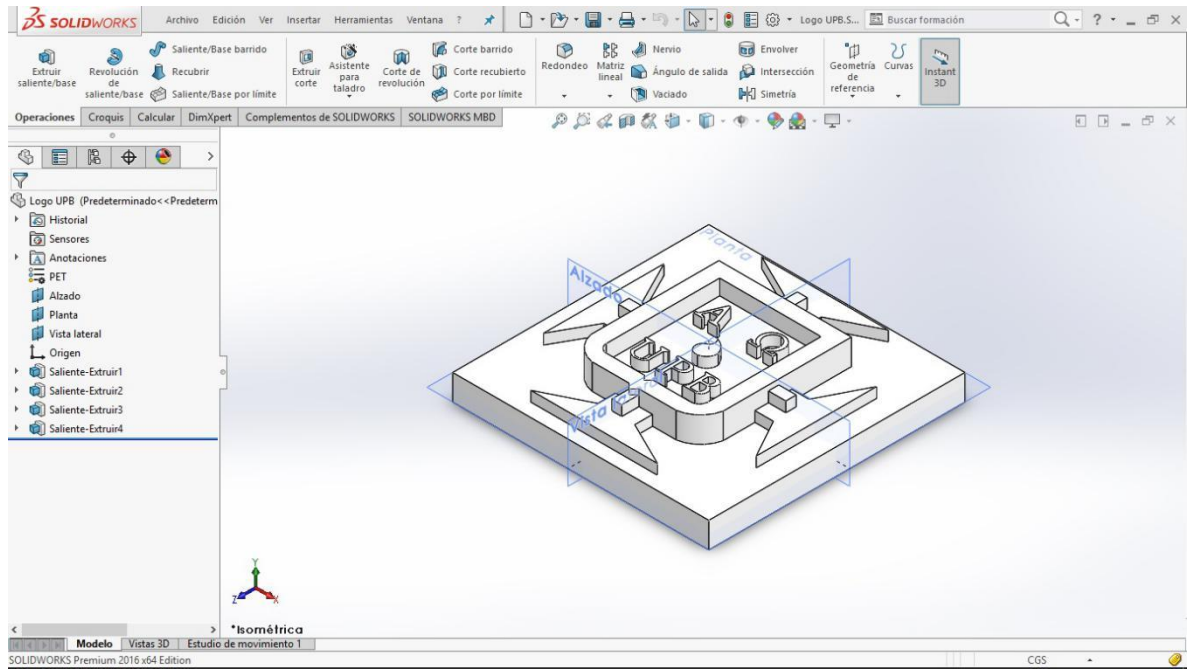
Para buscar los límites y posibilidades de la impresora 3D Makerbot se imprimieron una serie de piezas de pruebas basadas en las practicas propuestas para el laboratorio desde la numero 3 hasta la numero 10; además se quiso ir un poco más allá de hacer unas prácticas meramente introductorias para cualquier persona interesada en aprender sobre la impresión 3D y para esto se indago como saldrían piezas de uso cotidiano en el área de ingeniería mecánica tales como tornillos, pasadores y ejes teniendo en cuenta conceptos técnicos sobre tolerancias y ajustes.

Estos son los resultados:

Placas en posición horizontal

Se imprimió una placa con el escudo de la UPB donde se pudo constatar como los parámetros anteriormente descritos afectan los tiempos, gastos y acabado de las impresiones; así como se pudo apreciar la facilidad de la impresora para hacer detalles pequeños y finos como las letras y demás figuras que tiene el escudo.

Imagen 19: Placa vista isométrica en SolidWorks



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 3: Propiedades de impresión Placa

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	100 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Cilindros

Se imprimieron varios cilindros individuales en posición horizontal y después en posición vertical primero a capa de 0,3 mm y luego a capa de 0,1 mm de longitud constante de 2 cm, diámetro variable desde 2 mm hasta 10 mm (1 cm) y el relleno predeterminado de 10% del software de la impresora.

Tabla 4: Resultados cilindros a capa de 0,3 mm

Capa 0,3 mm	
Cilindro L= 2 cm	RESULTADO
D= 2 mm Vertical	Error en la construcción
D= 7 mm Vertical	Optimo
D= 8 mm Vertical	Optimo
D= 9 mm Vertical	Optimo (Concavidad en la cara superior)
D= 10 mm Vertical	Optimo

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 5: Resultados cilindros a capa de 0,1 mm

Capa 0,1 mm	
Cilindro L= 2 cm	RESULTADO
D= 2 mm Vertical	Abonbamiento exagerado hacia la base
D= 7 mm Vertical	Abonbamiento hacia la base
D= 8 mm Vertical	Abonbamiento hacia la base
D= 9 mm Vertical	Pequeño defecto hacia la base
D= 10 mm Vertical	Optimo

Fuente: Autor del proyecto

Análisis: como es apreciable entre más pequeña sea la pieza a la impresora le costará más realizarla satisfactoriamente debido a que el plástico no logra enfriarse lo suficientemente rápido debido a que la boquilla seguirá caliente impidiendo consolidar el cuerpo de la pieza y comienza a surgir deformaciones hacia el comienzo de las bases de las piezas sobre todo en diámetros menores a 5 mm y con capa de 0,1 mm.

Cuando se hacen cilindros en posición horizontal estos problemas se solucionan porque la boquilla se aleja considerablemente de la zona de impresión y el plástico logra enfriarse consolidando el cuerpo de la pieza, pero siempre quedará un parte plano en el área de contacto con la superficie de apoyo que se deberá tener en cuenta a la hora de implementar la función de la pieza.

Conclusiones: Si se necesita imprimir cilindros verticales a capas de 0,3 mm con diámetros menores de 5 mm o a capas de 0,1 mm con diámetros menores a 10 mm (1 cm) realizarlo acompañado de otra pieza preferiblemente de una altura igual o superior a la pieza requerida.

Si se piensa imprimir cilindros horizontales tener en cuenta la función que desempeñara la pieza para analizar si es mejor imprimirla verticalmente recordando la conclusión anterior.

Partiendo del hecho de que los cilindros son unas de las figuras geométricas más comunes en piezas relacionadas con ingeniería mecánica se buscó como implementarlos ya sea como ejes, pasadores o tornillos, aquí los resultados:

Pasadores y ejes

La diferencia principal entre un pasador y un eje es que el primero es un elemento mecánico cuya principal función es la fijación de 2 o más elementos es decir evitar el movimiento relativo de ellas mientras el eje es un elemento mecánico que permite transferir un movimiento rotacional de un elemento a otro. Por lo anterior se concluye que se necesita cierto ajuste para lograr o no el movimiento de las piezas, para ello se imprimieron varios cilindros verticales y horizontales con el sistema agujero único donde se varió la dimensión del eje para obtener los ajustes básicos además de imprimir otros cilindros circunscritos en el agujero de tal forma que la impresora los imprimiera juntos y al final se intentó separarlos, aquí los resultados:

Tabla 6: Resultados pruebas de ajuste agujero único

Capa 0,3 mm	
Hueco Vertical con cilindro	RESULTADO
D= 1 cm Cili= 0,9 cm	Ajuste con juego Tole (0,5mm)
D= 1 cm Cili= 0,93 cm	Ajuste intermedio Tole (0,35mm)
D= 1 cm Cili= 0,95 cm	Ajuste apretado Tole (0,25mm)

Fuente: Autor del proyecto

Conclusión: Se pudo constatar que un tolerancia de 0,5 mm logra un ajuste con juego produciendo una perfecta rotación del cilindro convirtiéndolo en un eje destinado a transferir todo el movimiento rotacional sin pérdidas considerables, una

tolerancia de 0,35 mm logra un ajuste intermedio donde el cilindro no girara libremente y producirá cierto roce, una tolerancia de 0,2 mm logra un ajuste de apriete convirtiendo el cilindro en un pasador que evitara un movimiento relativo de las piezas y un tolerancia menor a 0,2 mm lograra que el cilindro no ingrese al agujero por lo tanto esta es la tolerancia mínima que debe emplearse en cualquier ensamble.

Al poder forzar el movimiento en el cilindro con ajuste de juego se piensa poder sacar ensambles funcionales como una sola pieza sin necesidad de unir los elementos, idea que se pondrá a prueba en el caso de estudio del mecanismo de 4 barras.

Tornillos

Para probar la mínima dimensión del tornillo que puede ser hecho en la impresora 3D Makerbot se tuvo en cuenta la prueba de los cilindros y el libro de Casillas ademas de escoger la rosca fina porque produciría las dimensiones más pequeñas forzando la versatilidad de la impresora, estos son los resultados:

Tabla 7: Resultado tornillos

TORNILLOS	
Diámetro	RESULTADO
1 pul Capa=0,3	Falla en el roscado
8 mm Horizontal	Falla en el roscado
0,5 pul con tuerca	Optimo
10 mm con tuerca	Optimo

8 mm con tuerca	Optimo
7 mm con tuerca	Optimo
6 mm	Rotura de la rosca
8 mm Doble L= 3 cm Impreso con otro	Optimo (Hilos entre cilindros)
8 mm con 7 mm Doble L= 1,5 cm SOLO	Abonbamiento en la base
8 mm con 7 mm Doble L= 1,5 cm Apoyo 1	Apoyos difíciles de retirar exitosamente
8 mm con 7 mm Doble L= 1,5 cm con tuerca	Optimo pero la tuerca no pasa a la otra rosca
8 mm con 7 mm Doble Completo L= 1,5 cm con tuerca	Optimo pero la tuerca no pasa a la otra rosca
ROSCA no pasante "8 mm" (7,6) H= 6 mm RI	Hilos en el agujero
8 mm Doble L= 3 cm	Abonbamiento en la base

Fuente: Autor del proyecto

Análisis: debido a las pequeñas dimensiones que se dan en la rosca fina se decidió simplificar el perfil al triangulo base constatando que los tornillos salían óptimos a capas de 0,1 mm y en posición vertical con un diámetro nominal mínimo de 7 mm logrado con los parámetros predeterminados, pero se recomienda el diámetro nominal mínimo de 8 mm con los parámetros predeterminados debido a su mayor resistencia a la rotura cuando se roscaba la tuerca de dimensión mínima.

Tuerca

Como se dijo anteriormente las dimensiones básicas (Diámetro nominal de ambos y paso) se sacaron del libro de casillas, estos fueron los resultados:

Tabla 8: Resultados tuercas

Diámetro Tornillo	Rango de tuerca
10 mm	9,5 mm a 9,9 mm
9 mm	8,5 mm a 8,9 mm
8 mm	7,5 mm a 7,9 mm
7 mm	6,7 mm a 6,9 mm

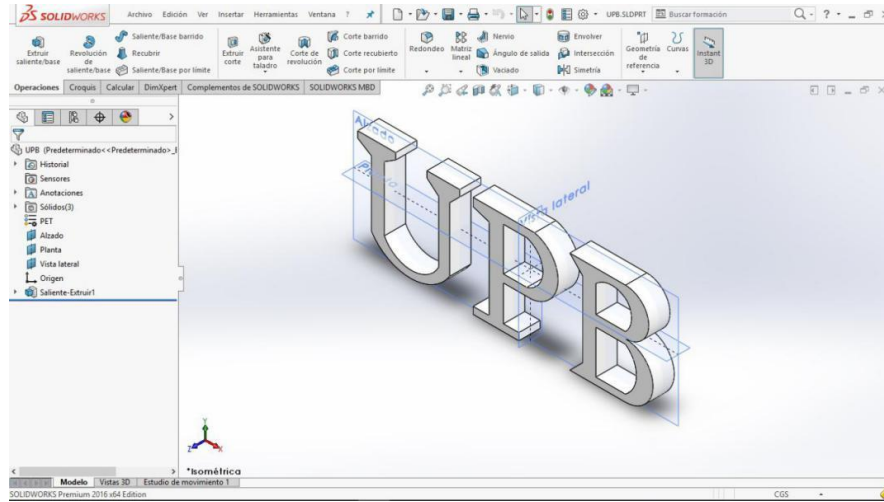
Fuente: Autor del proyecto

Como se puede observar los rangos de la tuerca cambian debido a lo distinto de los materiales, en el rango inferior es posible que haya que hacer una fuerza moderada en el primer acople mientras se limpia la rosca.

Letras Verticales

Se imprimieron las letras "U", "P" y "B" en posición vertical para constatar como la impresora se comportaba haciendo los puentes y soportes necesarios para llevar a buen término las partes en voladizos de dichas letras.

Imagen 20: Letras “U P B” vista isométrica en SolidWorks



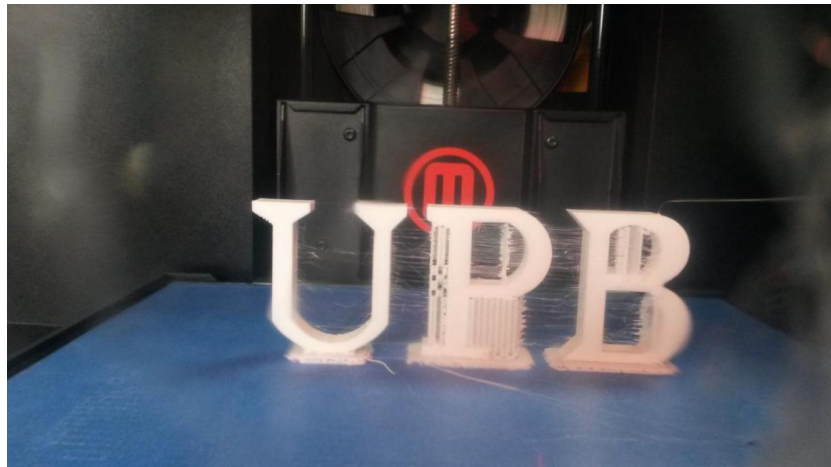
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 9: Propiedades de impresión Letras “U P B”

Altura de capa	0,3 mm
Relleno	20 %
Soportes	Si
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 21: Letras “U P B” terminadas de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

Puentes y agujeros en las piezas

Se imprimieron varios puentes de pruebas, tanto apoyados como no apoyados para constatar como la impresora se comportaba haciendo estas importantes piezas de diferentes longitudes y probando todas las combinaciones de apoyos posibles con sus propiedades respectivas para encontrar los correctos ajustes para diversos fines.

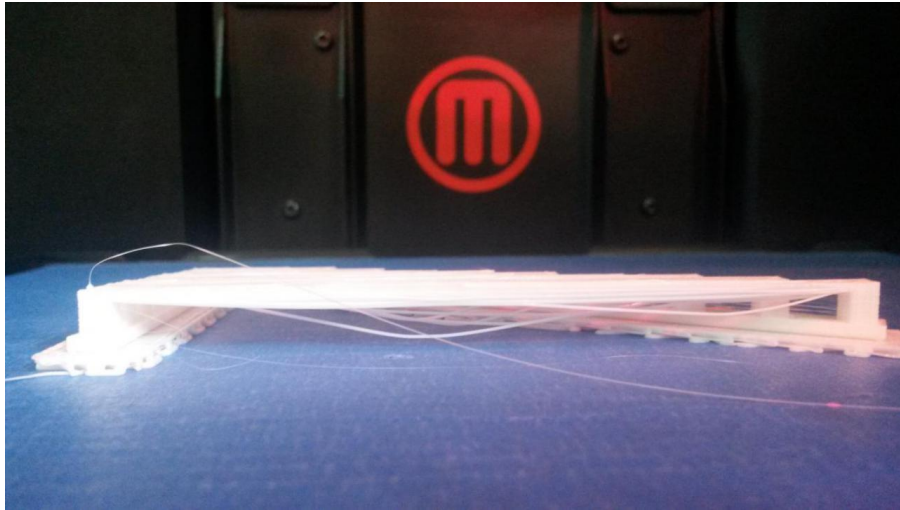
Primero se procedió a imprimir un archivo de calibración con puentes de 1 cm hasta los 10 cm. Estos son los resultados:

Tabla 10: Propiedades de impresión “Puentes de calibración”

Altura de capa	0,3 mm
Relleno	10 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 22: Puentes de calibración terminados de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

Como se aprecia los puentes más largos a 3 mm tienen una caída considerable de los primeros hilos; debido a que la velocidad del extrusor para los puentes es algo baja haciendo que el hilo al estar caliente no se retraiga lo suficientemente rápido.

Esferas

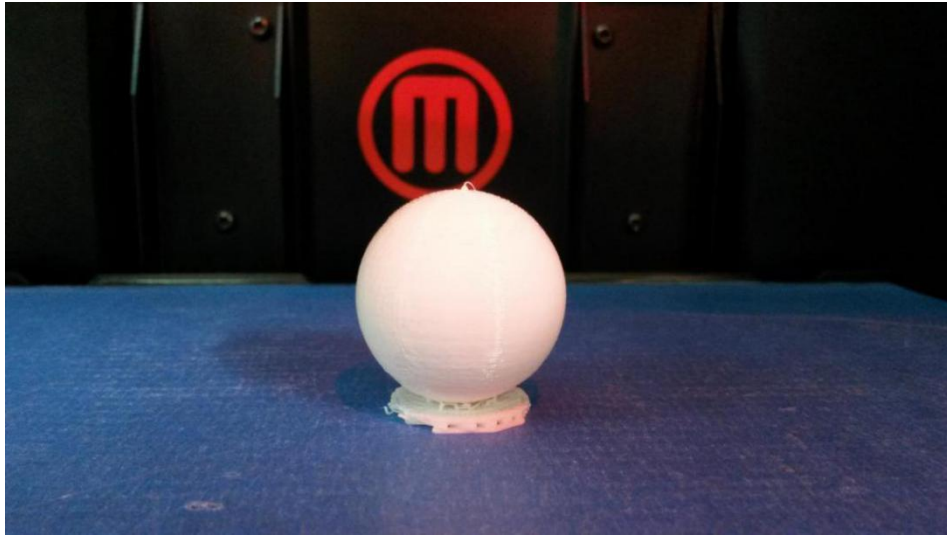
Se imprimieron dos esferas, una maciza y otra hueca para constatar como la impresora se comportaba ante tales geometrías que son de las más exigentes que se puedan encontrar.

Tabla 11: Propiedades de impresión “esfera maciza”

Altura de capa	0,3 mm
Relleno	10 %
Soportes	Si
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 23: "Esfera maciza" terminada de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 12: Propiedades de impresión "esfera hueca"

Altura de capa	0,3 mm
Relleno	0 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 24: "Esfera hueca" antes de terminada de imprimir

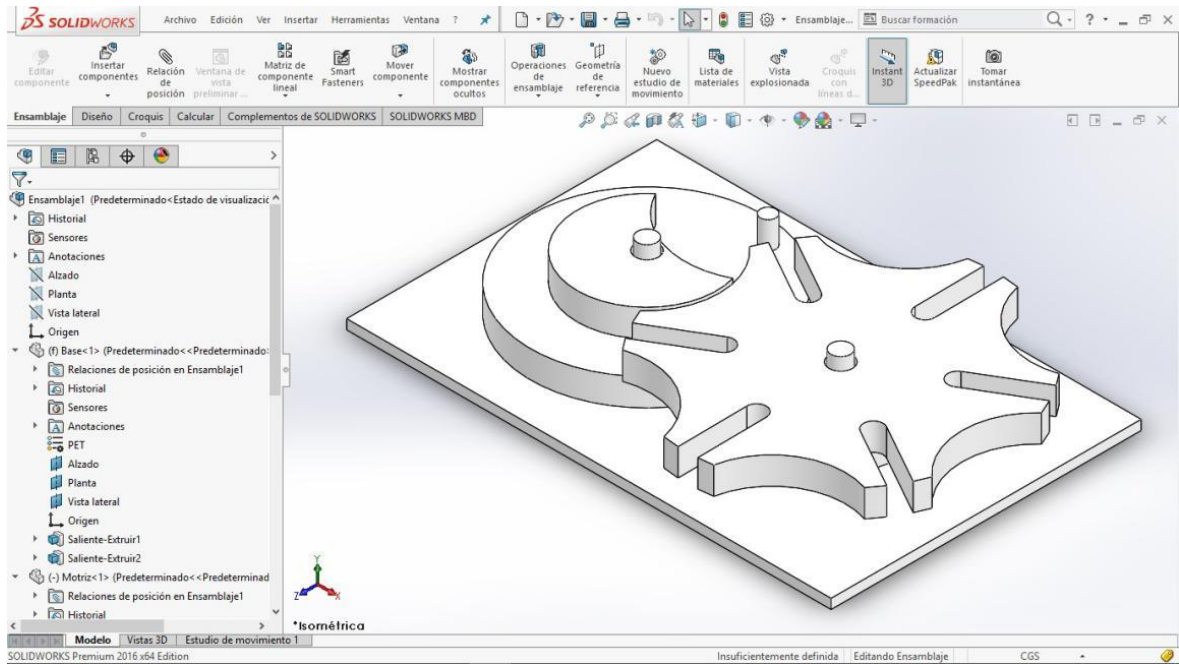


Fuente: Autor del proyecto

Ensamblajes sencillos (Rueda de ginebra)

Se imprimieron las piezas necesarias para realizar este práctico y fácil mecanismo para poner a prueba todo lo descrito y aprendido anteriormente, además de ser las primeras piezas funcionales con cambio de color de filamento en la impresión.

Imagen 25: “Rueda de ginebra” vista isométrica en SolidWorks



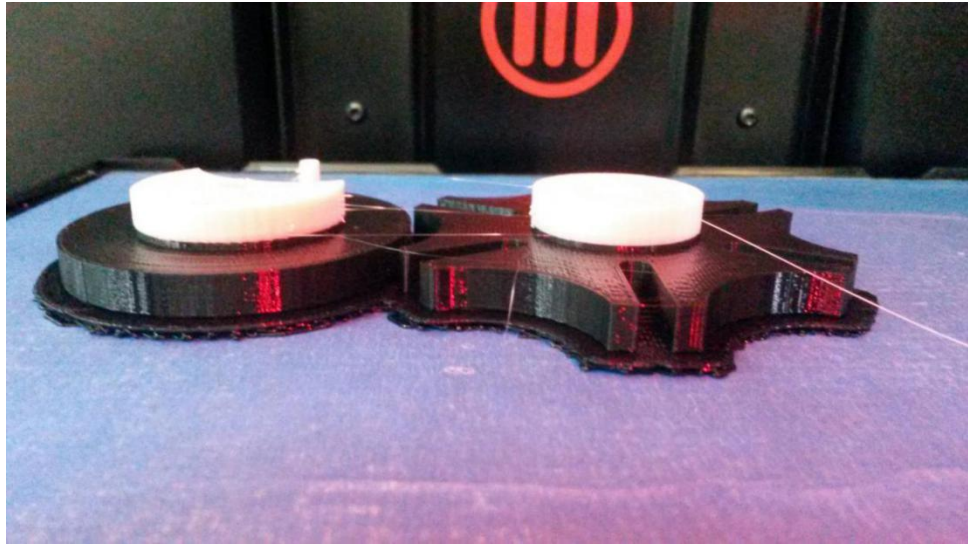
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 13: Propiedades de impresión “Rueda de ginebra”

Altura de capa	0,2 mm
Relleno	10 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 26: "Rueda de ginebra" terminada de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

Ensamblajes sencillos (medio de transporte)

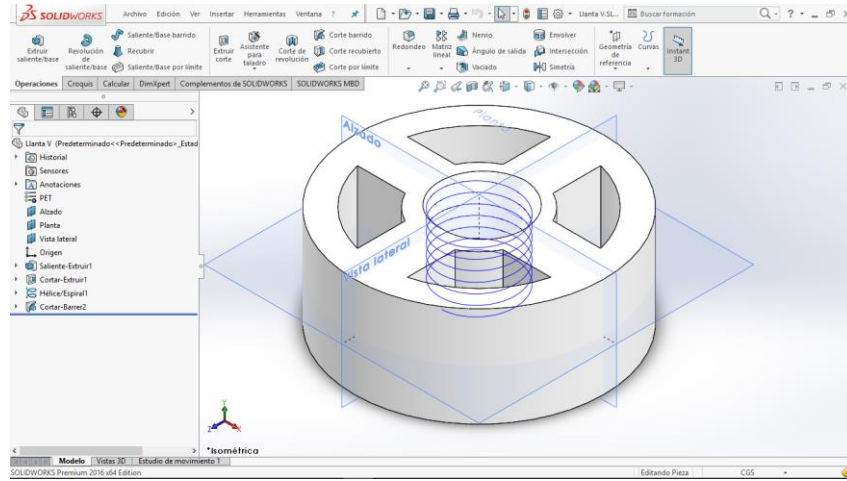
Se imprimieron las partes de una volqueta para su posterior ensamble y puesta en funcionamiento dejando en claro las inmensas posibilidades de la impresora en los diversos proyectos futuros en los que se necesite esta versátil herramienta.

Este ensamble consto de 10 partes impresas en este orden:

Llantas

Se decidió comenzar aplicando lo aprendido de las roscas por lo que se escogió una de 8 mm de diámetro.

Imagen 27: “Llanta” vista isométrica en SolidWorks



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 14: Propiedades de impresión “Llantas”

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	30 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 28: “Llantas” terminada de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

Telescópico

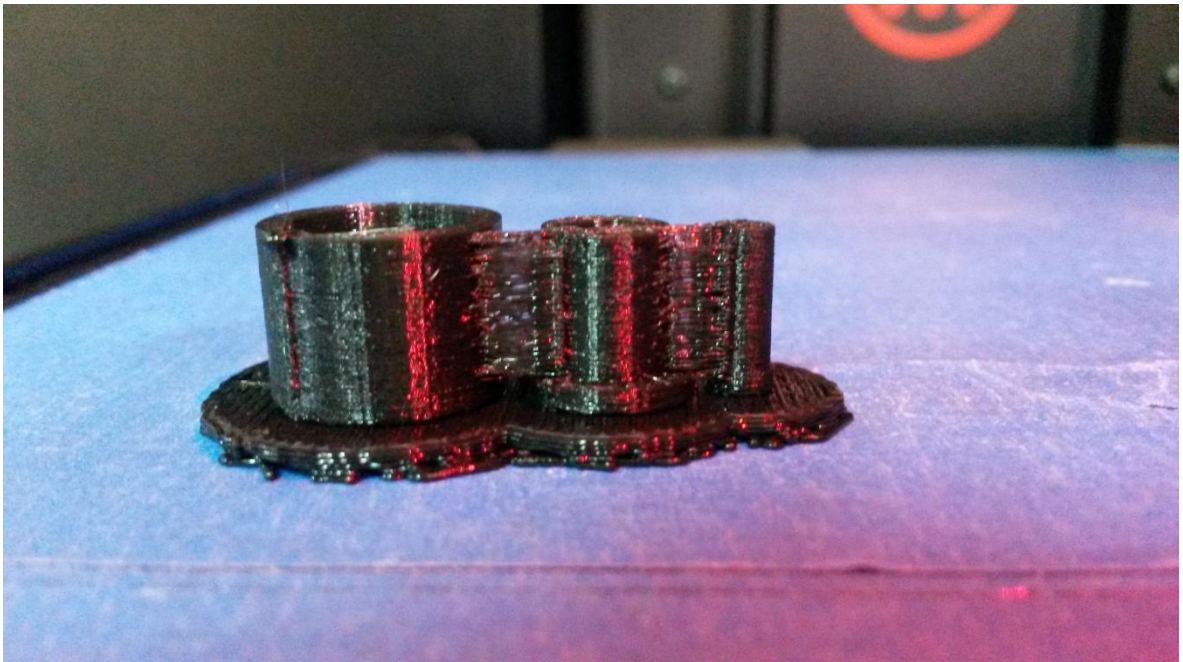
Se optó por imprimir un telescópico de 3 partes para levantar el contenedor de la volqueta.

Tabla 15: Propiedades de impresión "Ejes"

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	100 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 29: "Telescópico" terminado de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

Ejes

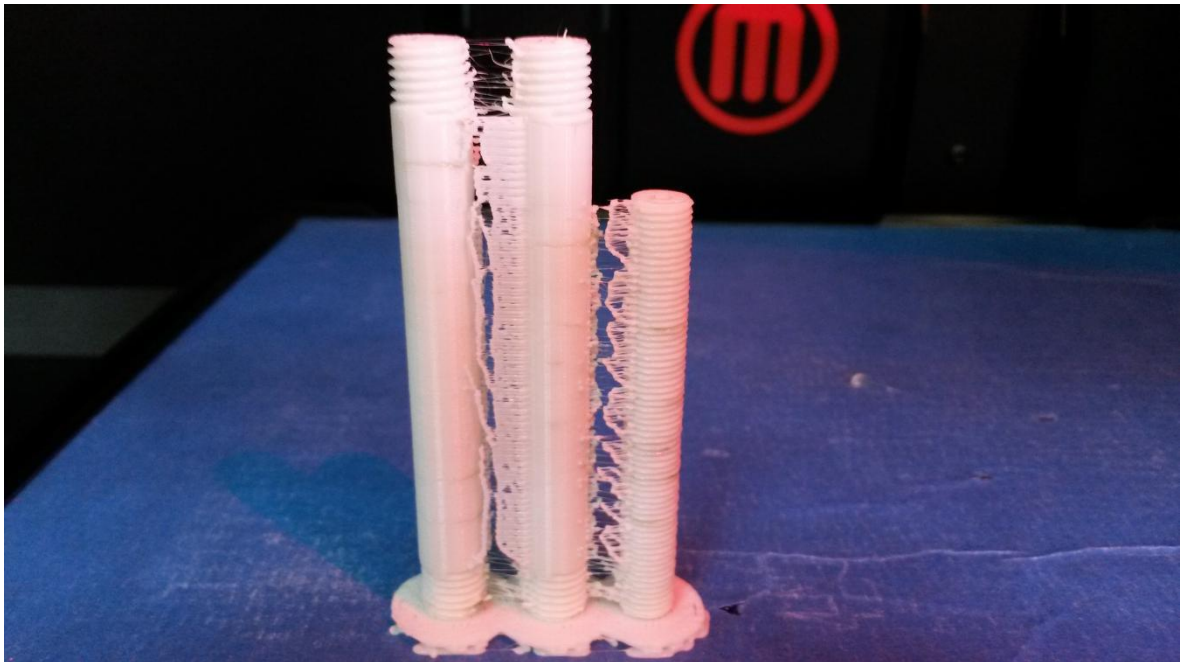
Se decidió hacer los 2 ejes principales de 8 mm de diámetro roscados en sus extremos y el pasador del contenedor de 7 mm de diámetro roscado en su totalidad con una muesca en cada cara para ayudar a la manipulación con un destornillador.

Tabla 16: Propiedades de impresión "Ejes"

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	60 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 30: "Ejes" terminados de imprimir

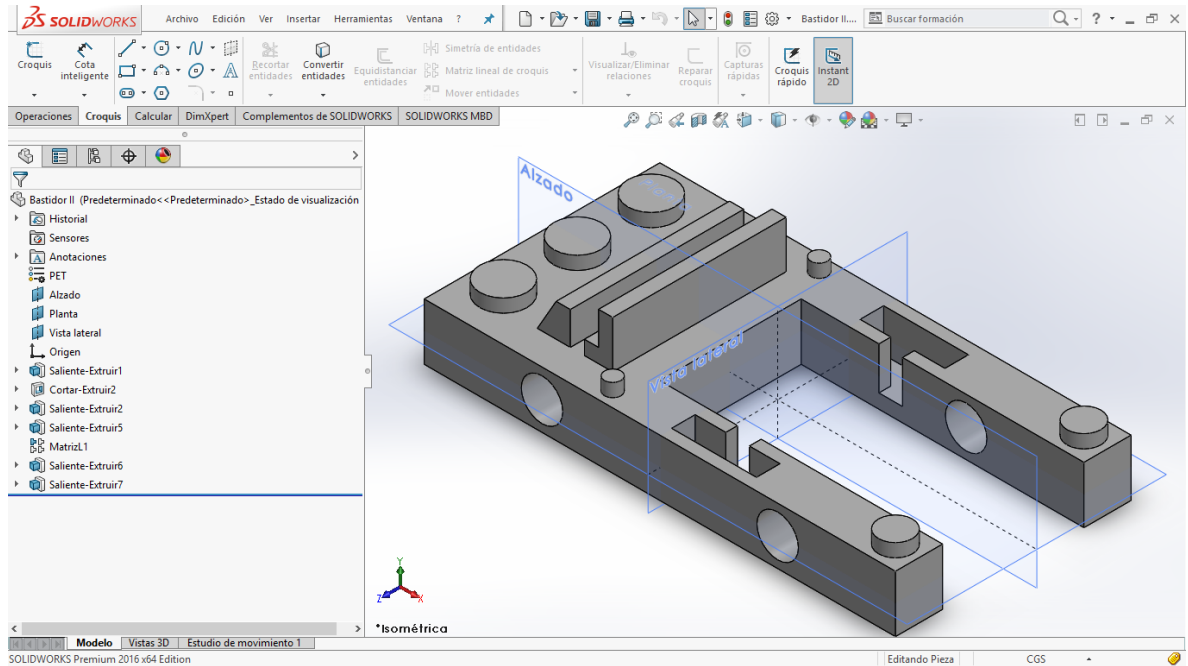


Fuente: Autor del proyecto

Bastidor

Esta fue la pieza más grande imprimida, contó con los huecos de los ejes, el del sistema de elevación, los pines para ensamblar la carrocería, los apoyos del contenedor y unas geometrías para asemejar el tablero y los asientos.

Imagen 31: “Bastidor” vista isométrica en SolidWorks



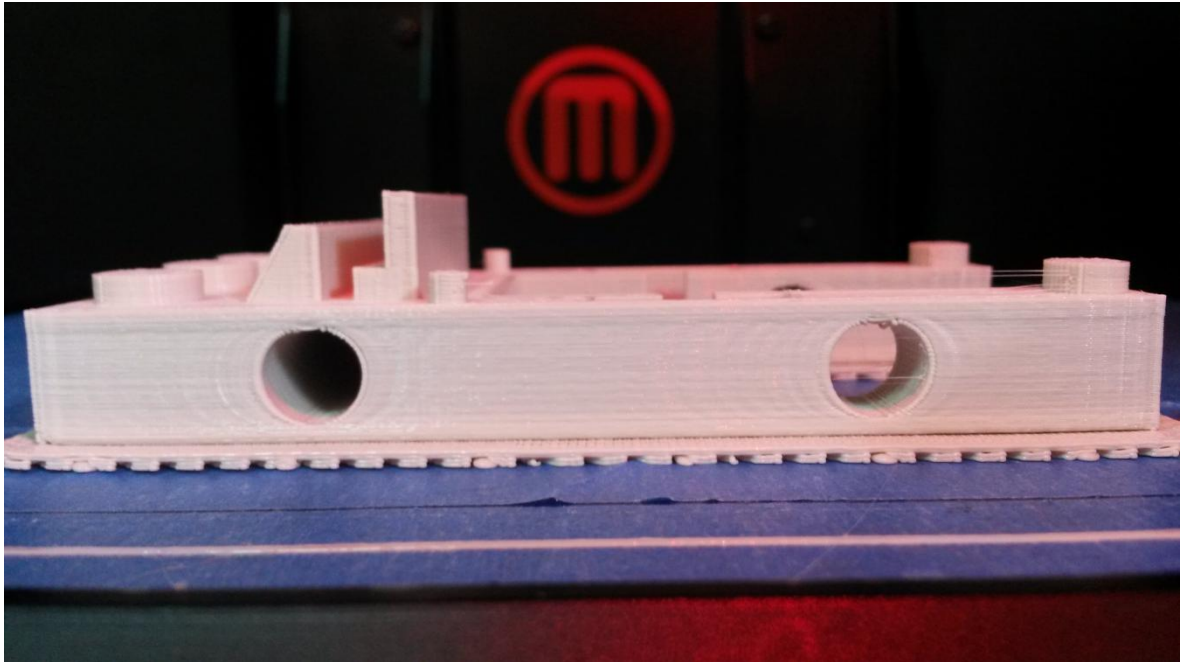
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 17: Propiedades de impresión “Batidor”

Altura de capa	0,2 mm
Relleno	30 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 32: “Bastidor” terminado de imprimir

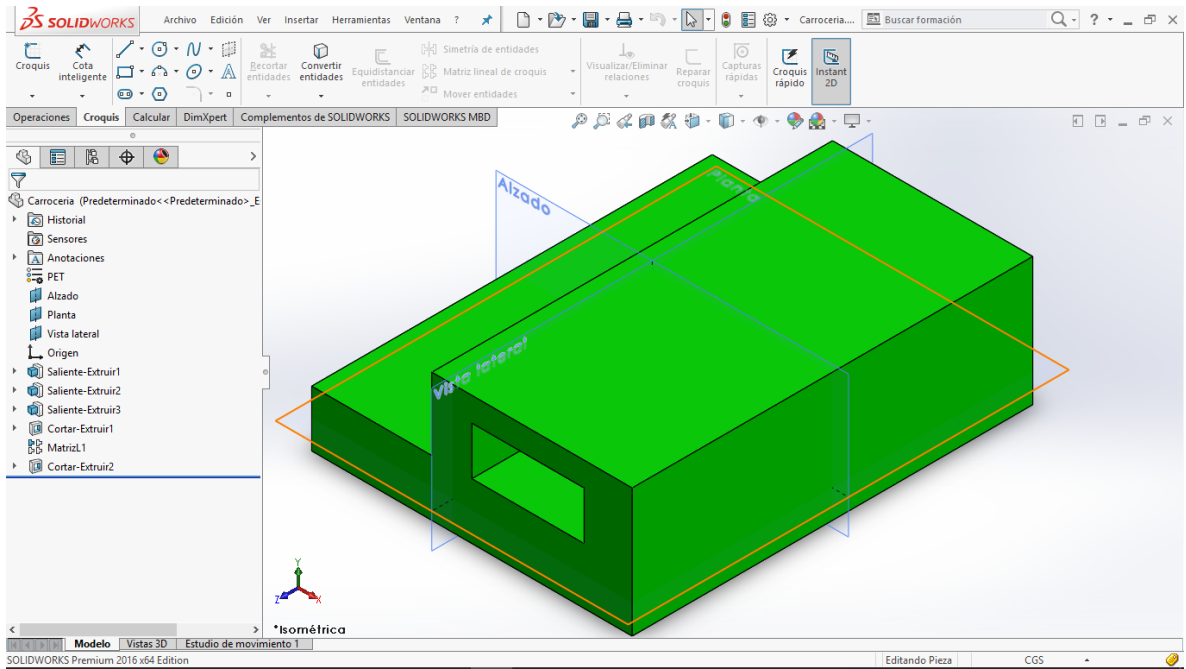


Fuente: Autor del proyecto

Carrocería

Se optó por imprimir la carrocería sin recurrir a apoyos en los puentes de la misma aplicando lo aprendido en las respectivas pruebas antes descritas. Además, en los huecos donde casan los pines del bastidor se aplicó lo aprendido en la parte de ajustes y tolerancias.

Imagen 33: “Carrocería” vista isométrica en SolidWorks



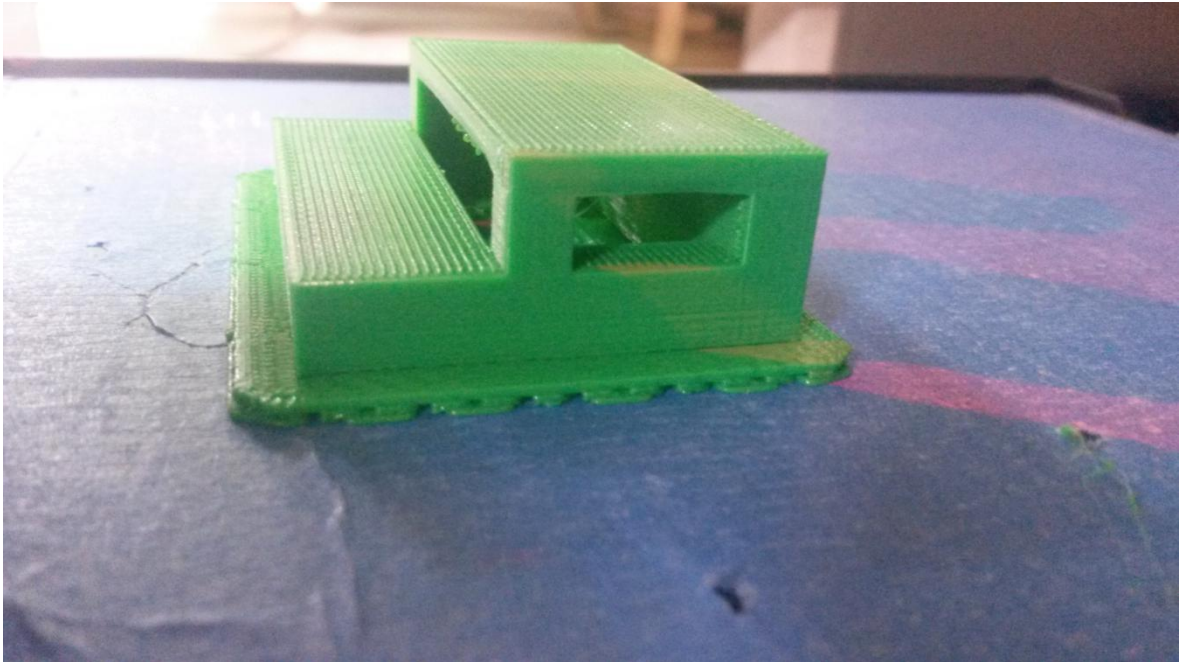
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 18: Propiedades de impresión “Carrocería”

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	30 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 34: "Carrocería" terminada de imprimir

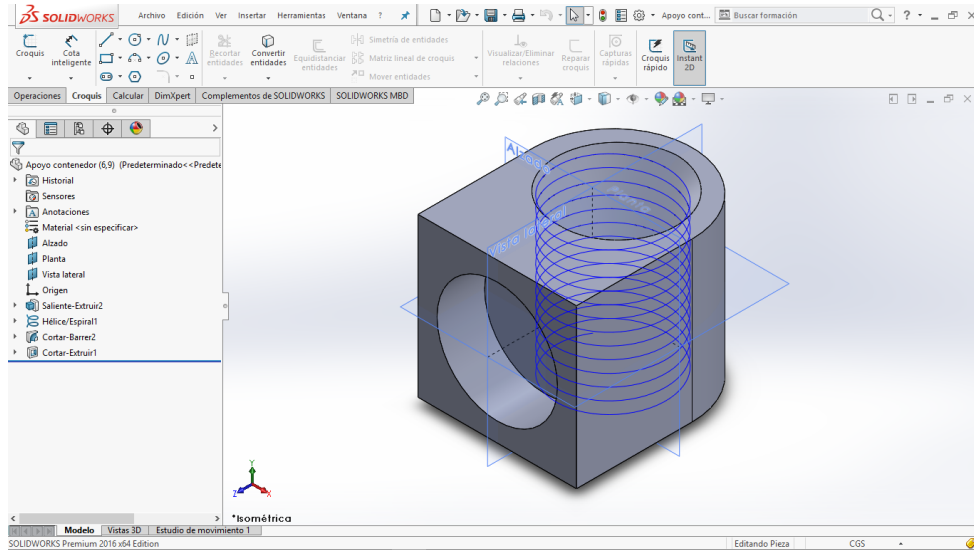


Fuente: Autor del proyecto

Apoyo contenedor

Se optó por imprimir los apoyos del contenedor en forma horizontal para que la rosca de 7 mm de diámetro pudiera salir sin inconvenientes y en el hueco del pin del bastidor se aplicó lo aprendido en la parte de ajustes y tolerancias.

Imagen 35: “Apoyo contenedor” vista isométrica en SolidWorks



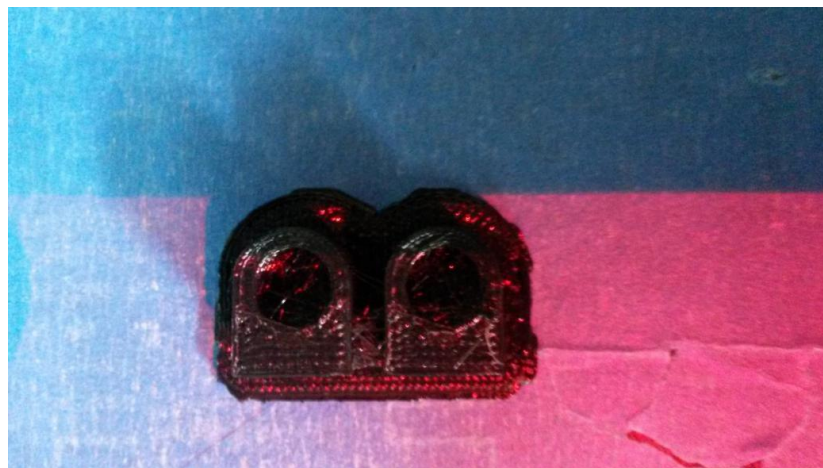
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 19: Propiedades de impresión “Apoyos contenedor”

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	30 %
Soportes	No
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 36: “Apoyos contenedor” terminados de imprimir

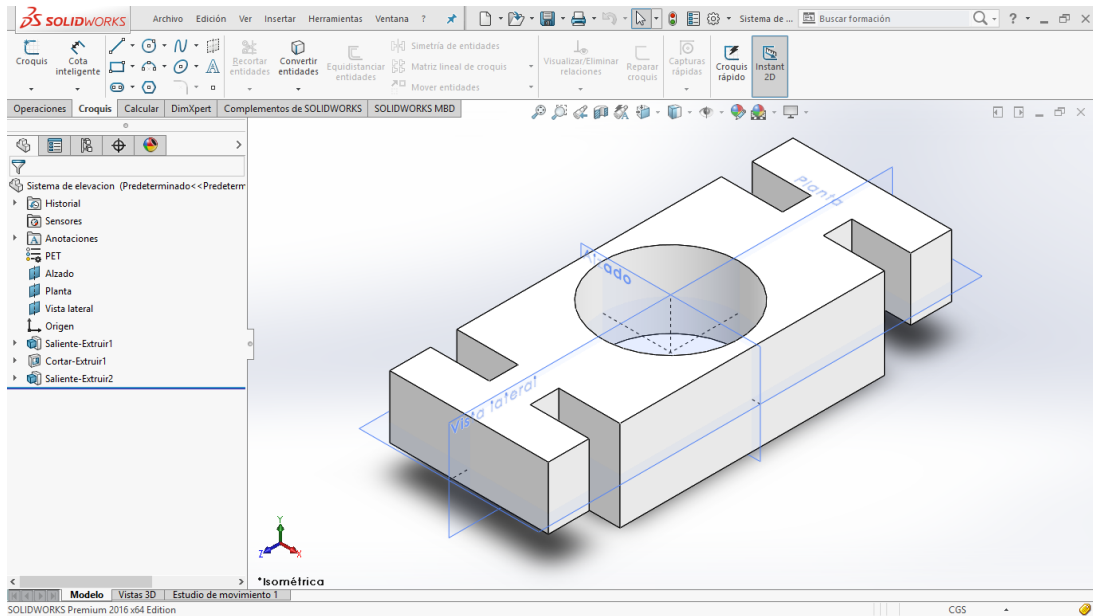


Fuente: Autor del proyecto

Sistema de elevación

Se optó por imprimir el sistema de elevación separado del bastidor para permitir su cambio por otro sistema diferente o hacerle un mantenimiento, para ello se aplicó lo aprendido en la parte de ajustes y tolerancias además de dejarle un hueco en la parte de abajo por donde poder introducir una cuña y sacar el telescopico, así como también de llevar soportes en los extremos por los voladizos existentes; para ello se aplicó lo aprendido en la parte de soportes.

Imagen 37: “Sistema de elevación” vista isométrica en SolidWorks



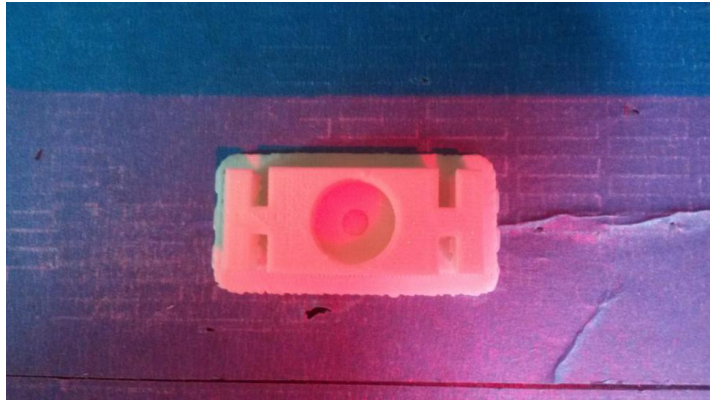
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 20: Propiedades de impresión “Sistema de elevación”

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	30 %
Soportes	Si
Tipo de soportes	Breakaway Support & Leaky connections
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 38: “Sistema de elevación” terminado de imprimir

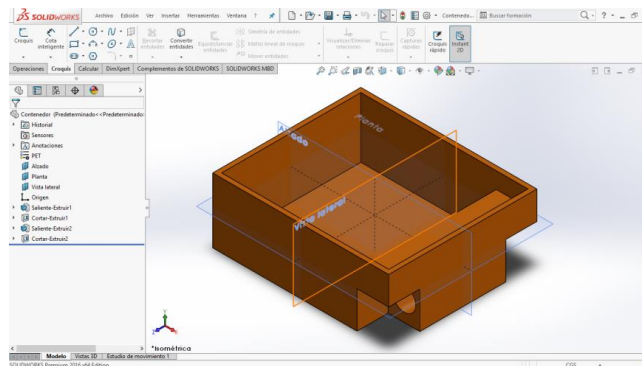


Fuente: Autor del proyecto

Contenedor

Se optó por imprimir el contenedor con un agujero pasante sin roscar donde va el pasador del contenedor, más dos agujeros adicionales en el espacio donde van los apoyos del contenedor para permitir su cambio por otra forma de estos, además de por supuesto llevar soportes en este lugar por el voladizo existente; para ello se aplicó lo aprendido en la parte de soportes y ajustes y tolerancias.

Imagen 39: “Contenedor” vista isométrica en SolidWorks



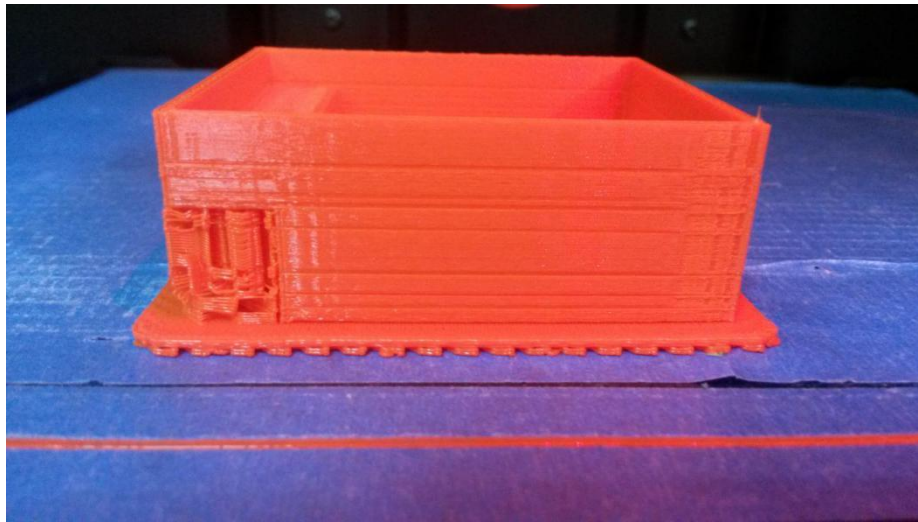
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 21: Propiedades de impresión "Contenedor"

Altura de capa	0,1 mm
Relleno	30 %
Soportes	Si
Tipo de soportes	Breakaway Support & Leaky connections
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 40: "Contenedor" terminado de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

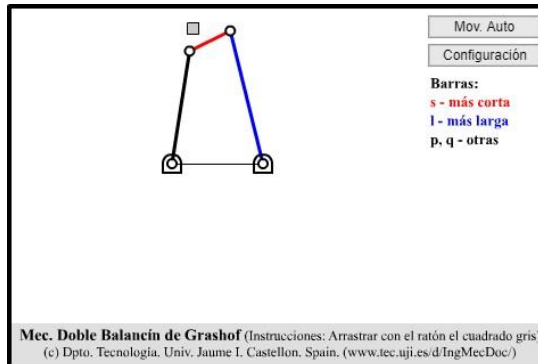
Caso práctico

Se imprimió un caso práctico adicional de un dispositivo mecánico visto en cualquiera de las materias de carrera como lo es un mecanismo de 4 barras para mostrar una aplicación aún más ingenieril que las anteriormente descritas.

El mecanismo escogido fue el Mecanismo de doble balancín (de Grashof) que se deriva a partir de la cadena cinemática de 4 barras, cuando la barra más corta (s)

es el acoplador. Este mecanismo está formado por dos balancines articulados a la barra fija y un acoplador que puede dar vueltas completas.¹⁵

Imagen 41: Esquema “Mecanismo de doble balancín de Grashof”

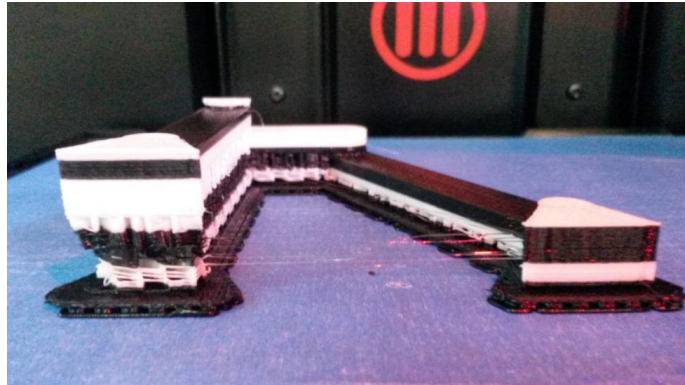


Fuente: SANCHEZ MARIN Francisco T. Ley de Grashof. Castellón, España. 2013 Disponible de: http://www.mecapedia.uji.es/ley_de_Grashof.html [Consultado el 11 de Julio de 2018]

Para este caso práctico se quiso imprimir todas las piezas como una sola y no una por una con un posterior ensamble, para mostrar otra de las ventajas de este proceso de fabricación. Para ello se aplicó lo aprendido en tolerancias y ajustes. Además, como cada parte está a un diferente nivel también se aplicó lo aprendido con los soportes, así como también una impresión con más cambios de color en el filamento.

¹⁵ SANCHEZ MARIN Francisco T. Ley de Grashof. Castellón, España. 2013 Disponible de: http://www.mecapedia.uji.es/ley_de_Grashof.html

Imagen 42: "Mecanismo doble balancín de Grashof" terminado de imprimir



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 22: Propiedades "Mecanismo doble balancín de Grashof"

Altura de capa	0,2 mm
Relleno	10 %
Soportes	Si
Tipo de soportes	Breakaway Support & Leaky connections
Temperatura	215

Fuente: Autor del proyecto

Imagen 43: "Mecanismo doble balancín de Grashof" en pie



Fuente: Autor del proyecto

7. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES A REALIZAR	ENERO				FEBRERO				MARZO				MAYO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Diseñar el contenido programático de la optativa basado por competencias	X	X	X	X	X	X										
Diseñar de 10 prácticas necesarias para el laboratorio de la optativa							X	X	X	X	X	X				
Desarrollar un caso estudio de estudio que sirva de modelo para probar el funcionamiento de la impresora 3D tipo FDM (Fused Deposition Modeling)													X	X	X	X

CONCLUSIONES

1. Con los indicadores propuestos en el contenido programático se logra formular una asignatura optativa acorde a los lineamientos, exigencia y parámetros establecidos por la Universidad Pontificia Bolivariana.
2. Con el orden y las practicas propuestas en el manual de laboratorio se logra un aprendizaje practico que va desde las bases hasta tratar en profundidad temas del mundo del prototipado rápido enfocado a impresoras 3D tipo FDM, además de abarcar temas más aplicados a la ingeniería mecánica.
3. Con los casos prácticos impresos se demuestra la infinidad de posibilidades que tiene este tipo de herramientas en el desarrollo de proyectos ahorrando tiempo y recursos.
4. Se probó la versatilidad de la impresora 3D Makerbot con variedad de piezas llevando hasta el límite sus posibilidades reales.
5. Se deja un compendio de información que será la base, y por lo tanto, de gran ayuda en futuros proyectos donde se necesite la impresora 3D Makerbot.
6. Se encontró como optimizar los procesos de impresión para tener el mínimo de fallas que acarreen pérdidas de tiempo y recursos.

RECOMENDACIONES

1. Seguir las instrucciones dadas para optimizar los procesos de impresión.
2. En futuros proyectos buscar integrar otros materiales (Elementos en metal, madera, vidrio, acrílico, electrónicos etc.) en los prototipos para obtener resultados más versátiles y novedosos.
3. Probar la resistencia de las piezas con la impresión y prueba de probetas con diversas configuraciones en los parámetros (Tipo y cantidad de relleno, alturas de capas, cantidad de contornos, altura de capas sólidas, orientación de las capas con relación a la aplicación de la fuerza en la prueba, etc.)
4. Seguir profundizando en la impresión de elementos más relacionados con ingeniería mecánica (Otros mecanismos, más elementos de unión, accesorios, etc.) para en un futuro ir pensando en la optativa prototipado rápido II.
5. Adquirir otra impresora 3D con más capacidad de impresión (Área y termoplásticos usados) para así subir el volumen de impresión y la versatilidad de las mismas. Se recomienda las del proyecto rep rap.
6. Teniendo en cuenta la anterior recomendación debido a que las impresoras del proyecto rep rap no tiene derechos de autor y son de desarrollo libre, se puede

pensar en futuros proyectos de grado o investigación que estén enfocados en el desarrollo u optimización de impresoras 3D.

BIBLIOGRAFIA

- AGUAYO G, Francisco. SOLTERO S, Víctor M. Metodología del diseño industrial un enfoque desde la ingeniería concurrente. Madrid, España. Ra-Ma, 2003.
- D`AMORE, Florencia. Prototipos 3D: ¿ciencia ficción o realidad? Buenos Aires, Argentina.
- DIGITA2 TIC, S.L. ¿Qué es el prototipado rápido? Zaragoza, España. Disponible de: <http://www.protorapido.es/que.pdf>.
- ESPINEL V, José C. Procesos digitales y sistemas de prototipado rápido aditivos aplicados a la creación escultórica de pequeño formato y relieves. Madrid, España.
- IKERTIA. Cómo utilizar el prototipado rápido. Bilbao, España. Disponible de: <http://www.innosupport.net/index.php?id=2214&L=6>
- INFANTE M, Rafael. Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido. España.
- KOR ECOLOGIC. Winnipeg, Canadá. 2012. Disponible de: https://korecologic.com/about/urbee_2/
- LOPEZ C, José E. NOTA DE FUTURO 2 / 2016 Impresoras 3 D. España.
- MAKERBOT INDUSTRIES. Makerbot Replicator+ manual de usuario. New York, USA.
- SANCHEZ J, F Javier. FERNANDEZ DE LA PUENTE, Arturo. LLORENTE G, Julián. Técnicas de prototipado rápido. Sevilla, España.
- SANCHEZ MARIN Francisco T. Ley de Grashof. Castellón, España. 2013 Disponible de: http://www.mecapedia.uji.es/ley_de_Grashof.html

- STRATASYS LTD. A. ¿Qué es el prototipado rápido?: Prototipado rápido – Una historia rápida. Minnesota, EE. UU. Disponible de: <http://www.stratasys.com/es/legal/website-use-terms-and-conditions>.
- ULRICH Karl T, EPPINGER Steven D. Diseño y desarrollo de productos. Mexico DF, Mexico. McGrawhill, 2009.

Anexo 1: manual de laboratorio

LABORATORIO DE PROTOTIPADO RAPIDO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

Practica 1: conociendo la impresora makerbot

INTRODUCCION

FUNCIONAMIENTO DE LA MAKERBOT REPLICATOR+

La MAKERBOT REPLICATOR+ mostrada en la imagen 14, que es la impresora 3D que posee en estos momentos la UPB, hace objetos sólidos y tridimensionales fundiendo el filamento MakerBot PLA luego lo extruye en la placa en forma de líneas finas para construir el objeto capa por capa. La cámara de construcción permite que el PLA extruido se enfríe lentamente, minimizando el deformado y curvado. Este método de impresión 3D se llama modelado de deposición fundido (FDM).¹⁶

¹⁶ MAKERBOT INDUSTRIES. Makerbot Replicator+ manual de usuario. New York, USA. 2009.

Imagen 1: Foto de la MAKERBOT REPLICATOR+



Fuente: MAKERBOT INDUSTRIES. Makerbot Replicator+ manual de usuario. New York, USA. 2009. [Consultado el 7 de mayo de 2017]

Objetivos:

Conocer la impresora makerbot de la facultad de ingeniería mecánica.

Familiarizarse con las partes que componen una impresora 3D tipo FDM.

Pre-informe:

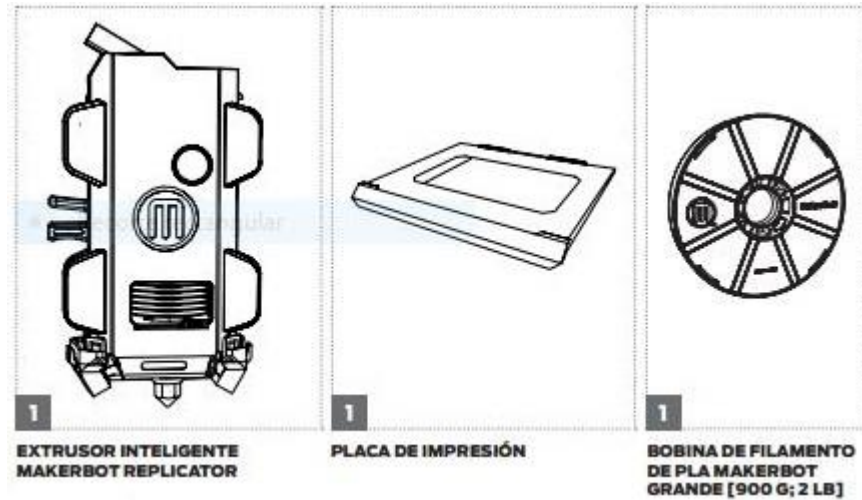
Consultar información sobre las impresoras 3D tipo FDM (Como funcionan y las partes principales).

Procedimiento:

Los estudiantes conocerán la impresora 3D Makerbot para ello:

Identificaran las partes principales de las impresoras tipo FDM.

Imagen 2. Partes a identificar



Fuente: MAKERBOT INDUSTRIES. Makerbot Replicator+ manual de usuario. New York, USA. 2009.

Aprenderán a cargar el carrete de impresión.

Informe:

Fotos de las partes principales de la impresora makerbot comparándolas con los componentes principales de una impresora 3D tipo FDM.

Pasos a seguir en los procedimientos de carga del carrete y mantenimiento del extrusor.

Practica 2: conociendo el software para hacer el slicer

INTRODUCCION

Para poder imprimir un diseño 3D con nuestras impresoras tenemos que partir de un archivo. stl, la mayor parte de los programas de diseño CAD permiten exportar

en este formato. Este archivo. stl lo tenemos que procesar y obtener un. gcode que contiene toda la información de impresión, así podremos imprimir una misma pieza con diferentes densidades, diferentes materiales de impresión 3D o bien obtener diferentes acabados y resoluciones.

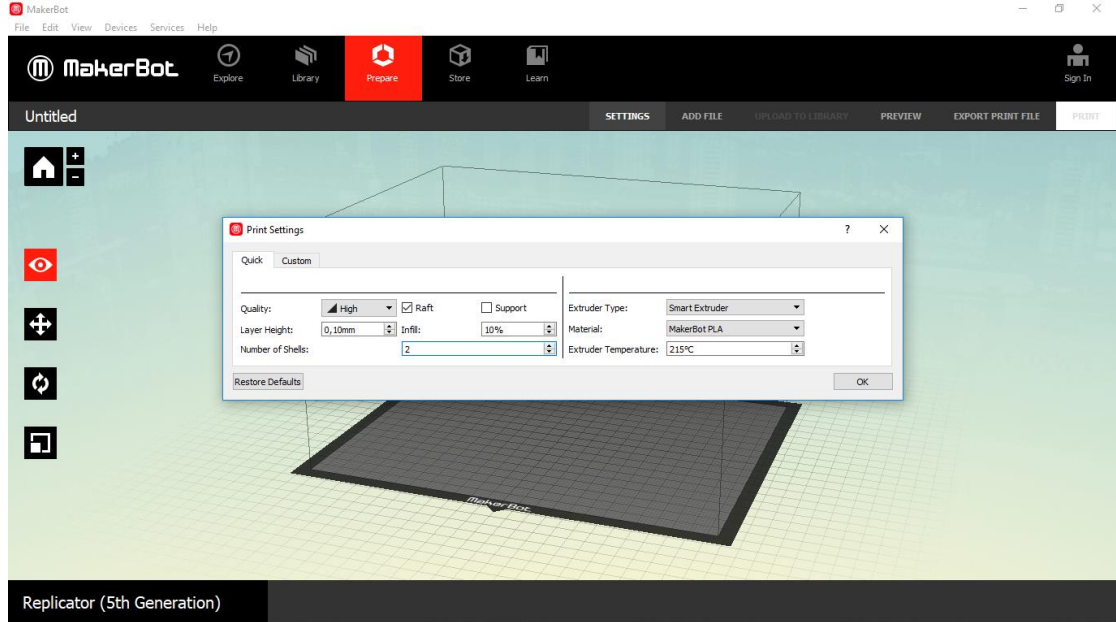
La impresora Makerbot usa un software para hacer el slicer llamado Makerbot Desktop cuya ventana principal es la siguiente:



Fuente: Autor del proyecto

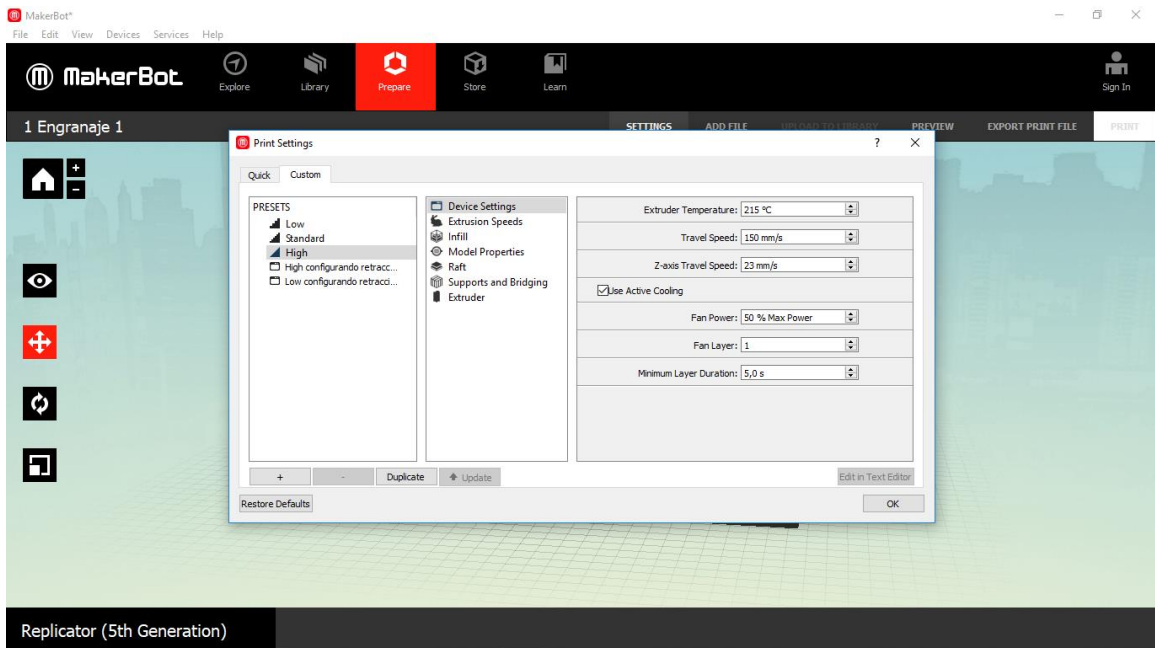
Y las ventanas donde se pueden modificar los parámetros de cada propiedad son las siguientes:

Imagen 4. Ventana de propiedades predeterminadas.



Fuente: Autor del proyecto

Imagen 5: Modificador de TODAS las propiedades (Custom)



Fuente: Autor del proyecto

PLA: el ácido poliláctico es biodegradable y se obtiene del almidón de maíz, por lo que es además un material apto para el uso alimenticio. La temperatura necesaria para su impresión es de unos 210 °C.

Objetivos:

Conocer que es el slicer y el software que usa la impresora makerbot.

Familiarizarse con las funciones y parámetros principales del software.

Identificar los tipos de filamentos que se pueden usar en una impresora 3D tipo FDM.

Pre-informe:

Consultar información sobre los diferentes softwares para hacer el slicer (Que es el slicer).

Averiguar sobre los tipos de filamentos usados en una impresora 3D tipo FDM (Temperaturas de impresión y velocidades más comunes).

Procedimiento:

Los estudiantes conocerán el software para hacer el slicer de la impresora 3D Makerbot para ello:

Identificaran el software usado por la impresora 3D makerbot.

Aprenderán a modificar las funciones y parámetros del software para hacer el slicer.

Identificaran propiedades, virtudes, y desventajas de los distintos tipos de filamentos para una impresora 3D tipo FDM.

Informe:

Listado de funciones y parámetros del software para hacer el slicer con su explicación.

Comparación entre los diferentes tipos de filamentos para una impresora 3D tipo FDM propiedades, virtudes, y desventajas.

Practica 3: imprimiendo placas en posición horizontal.

INTRODUCCION

ALTURA DE CAPA

Es el alto que tiene cada una de las capas que conforman la pieza a imprimir, está limitado al diámetro de la boquilla que en la impresora Makerbot es 0,4 mm por lo tanto las alturas de capas serán menores a esta medida siendo muy populares los tamaños 0,1; 0,2 y 0,3. La principal característica que este parámetro trae consigo es la estética mejorando el acabado superficial; se puede hacer una analogía con los pixeles en las imágenes virtuales. También afecta el gasto de material y el tiempo.

RELLENO (INFIL)

Son todas las áreas contenidas entre los perímetros, cuando esta seleccionado la opción del 100% tendrán todo el relleno; del 30% para abajo se nota mejor el tipo de relleno seleccionado. Este parámetro mejora propiedades mecánicas, aunque impacta el gasto en material y tiempo de impresión se recomienda un máximo de 50% en promedio, aunque depende mucho de la geometría de la pieza.

Objetivos:

Hacer la primera impresión.

Familiarizarse con las funciones y parámetros necesarios para llevar a cabo la primera impresión.

Identificar como trabaja una impresora 3D tipo FDM.

Pre-informe:

Hacer una placa con un grabado en ella de forma libre o asignado según el profesor convenga en SolidWorks y pasarlo a formato stl.

Procedimiento:

Los estudiantes harán su primera impresión con la impresora 3D Makerbot para ello:

Al archivo stl de la placa le harán el slicer con unos parámetros predefinidos.

Comenzaran a imprimir la placa en posición horizontal.

Imprimirán de nuevo la placa en posición horizontal variando los parámetros.

Informe:

Imágenes de la placa en SolidWorks, una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen.

Comparación entre los diferentes resultados de las impresiones de las placas constatando como varia la impresión al cambiar los parámetros.

Practica 4: imprimiendo las letras "UPB" verticales.

INTRODUCCION

ESTRUCTURAS DE APOYO/SOPORTE

Son estructuras de apoyos creadas con el fin de ayudar en la construcción de los voladizos que son cada una de las geometrías que queden con un extremo no apoyado a otra parte, o los puentes largos. De no incluirlos se producirán caídas de las capas siguientes, afectando a la estética y a la integridad de la pieza. Estas estructuras se pueden extraer al terminar la pieza en el proceso de post-impresión, con alicates pequeños, cuñas o superficies afiladas.

Objetivos:

Hacer la segunda impresión.

Familiarizarse con las funciones y parámetros necesarios para llevar a cabo la segunda impresión.

Identificar como afectan estos parámetros la impresión de piezas más complejas a las de la anterior práctica.

Pre-informe:

Hacer las letras “UPB” en solidworks y pasarlas a formato stl.

Procedimiento:

Los estudiantes harán su segunda impresión con la impresora 3D Makerbot para ello:

A los archivos stl de las letras “UPB” le harán el slicer con unos parámetros predefinidos.

Comenzaran a imprimir las letras “UPB” en posición vertical.

Imprimirán de nuevo las letras “UPB” en posición vertical variando los parámetros.

Informe:

Imágenes de las letras “UPB” en solidworks, una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen.

Comparación entre los diferentes resultados de las impresiones de las letras “UPB” constatando como varia la impresión al cambiar los parámetros.

Practica 5: Imprimiendo cilindros

INTRODUCCION

RETRACCIONES

Son los movimientos de retroceso del filamento hecho por el extrusor cuando no lo está extruyendo ayudando a evitar que se formen delgadas cadenas de plástico (Hilos) entre las diferentes secciones de la impresión. Cuando la extrusión comienza de nuevo al final del viaje, el filamento se empuja hacia dentro del extrusor para continuar la impresión (Reinicio).

Objetivos:

Hacer la tercera impresión.

Familiarizarse con las funciones y parámetros necesarios para llevar a cabo la tercera impresión.

Identificar como afectan estos parámetros la impresión de piezas más complejas a las de la anterior práctica.

Pre-informe:

Hacer 3 cilindros de diferentes diámetros y longitudes en SolidWorks y pasarlos a formato stl.

Procedimiento:

Los estudiantes harán su tercera impresión con la impresora 3D Makerbot para ello:

A los archivos stl de los 3 cilindros de diferentes diámetros y longitudes le harán el slicer con unos parámetros predefinidos.

Comenzaran a imprimir los 3 cilindros de diferentes diámetros y longitudes en posición horizontal.

Imprimirán de nuevo los 3 cilindros de diferentes diámetros y longitudes en posición horizontal variando los parámetros.

Si queda tiempo imprimirán el cilindro más delgado y el más largo en posición vertical.

Informe:

Imágenes de los 3 cilindros de diferentes diámetros y longitudes en SolidWorks, una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen.

Comparación entre los diferentes resultados de las impresiones de los 3 cilindros de diferentes diámetros y longitudes constatando como varia la impresión al cambiar los parámetros.

Practica 6: Imprimiendo "puentes y agujeros en las piezas"

INTRODUCCION

VELOCIDADES DE IMPRESIÓN

Este parámetro está directamente relacionada a la temperatura, temperaturas mayores requerirán velocidades mayores ya que el plástico será más fluido y deberá enfriarse más rápido al salir de la boquilla y si esta sigue estando cerca no dejará que esto suceda.

Cuanto más se aumenta la velocidad mayor temperatura deberíamos darle al extrusor para que tenga tiempo suficiente como para calentar el filamento hasta la temperatura de extrusión.

VENTILADOR DE CAPA

Permite enfriar más rápido el filamento extruido impidiendo las caídas de capa, en especial en los puentes que son secciones de una impresión que se apoyan en ambos extremos, pero no en el medio. Esto debido a que al no enfriarse lo suficientemente rápido, el plástico cae haciendo unos pequeños surcos y esto hace que la pieza pierda calidad y estética.

Objetivos:

Hacer la tercera impresión.

Familiarizarse con las funciones y parámetros necesarios para llevar a cabo la tercera impresión.

Identificar como afectan estos parámetros la impresión de piezas más complejas a las de la anterior práctica.

Pre-informe:

Hacer un puente en SolidWorks y un cubo con 1 o 2 agujeros pasantes y pasarlos a formato stl.

Procedimiento:

Los estudiantes harán su tercera impresión con la impresora 3D Makerbot para ello:

A los archivos stl del puente y el cubo le harán el slicer con unos parámetros predefinidos.

Comenzaran a imprimir el puente y el cubo.

Imprimirán de nuevo el puente y el cubo variando los parámetros.

El puente se imprimirá con y sin activar el ventilador rebajando la temperatura y aumentando la velocidad.

Informe:

Imágenes del puente y el cubo en SolidWorks, una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen.

Comparación entre los diferentes resultados de las impresiones del puente y el cubo constatando como varia la impresión al cambiar los parámetros.

Practica 7: Imprimiendo medias esferas y esferas

INTRODUCCION

Balsa (Raft)

Es una estructura de apoyo creada abajo de cada objeto para darle firmeza en la impresión, en especial los objetos que tienen poca superficie de contacto con la plataforma de impresión y por esto al poco tiempo de imprimir las piezas se despegan y arruinando la impresión. Las dos opciones de este desplegable generan una estructura para conseguir más estructura, brim y raft, la primera genera una estructura más fina y la segunda una mayor estructura.

Objetivos:

Hacer la quinta impresión.

Familiarizarse con las funciones y parámetros necesarios para llevar a cabo la quinta impresión.

Identificar como afectan estos parámetros la impresión de piezas más complejas a las de la anterior práctica.

Pre-informe:

Hacer una media esfera y una esfera en SolidWorks y pasarlas a formato stl.

Procedimiento:

Los estudiantes harán su quinta impresión con la impresora 3D Makerbot para ello:

A los archivos stl de la media esfera y la esfera le harán el slicer con unos parámetros predefinidos.

Comenzaran a imprimir la media esfera y la esfera.

Imprimirán de nuevo la media esfera y la esfera variando los parámetros.

Informe:

Imágenes de la media esfera y la esfera en SolidWorks, una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen.

Comparación entre los diferentes resultados de las impresiones de la media esfera y la esfera constatando como varia la impresión al cambiar los parámetros.

Practica 8: Imprimiendo ensambles sencillos (Rueda de ginebra)

Objetivos:

Hacer la sexta impresión.

Familiarizarse con las funciones y parámetros necesarios para llevar a cabo la sexta impresión.

Identificar como afectan estos parámetros la impresión de piezas más complejas a las de la anterior práctica.

Pre-informe:

Hacer los componentes de la rueda de ginebra en SolidWorks constatando que el ensamble funcione

Y pasarlas a formato stl.

Procedimiento:

Los estudiantes harán su sexta impresión con la impresora 3D Makerbot para ello:

A los archivos stl de los componentes de la rueda de ginebra le harán el slicer con los parámetros que ellos crean más convenientes.

Imprimirán y ensamblarán todos los componentes.

Informe:

Imágenes de los componentes de la rueda de ginebra SolidWorks, una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen además de un vídeo mostrando el funcionamiento del ensamble.

Practica 9: Imprimiendo ensamblajes sencillos (medio de transporte)

Objetivos:

Hacer la séptima impresión.

Familiarizarse con las funciones y parámetros necesarios para llevar a cabo la séptima impresión.

Identificar como afectan estos parámetros la impresión de piezas más complejas a las de la anterior práctica.

Pre-informe:

Hacer los componentes en SolidWorks de un medio de transporte de forma libre o asignado según el profesor convenga que no se baje de 5 piezas hechas en la impresora, aunque los estudiantes podrán agregar piezas de otros materiales si lo consideran necesario, constatar que el ensamblaje funcione y pasarlas a formato stl.

Procedimiento:

Los estudiantes harán su séptima impresión con la impresora 3D Makerbot para ello:

A los archivos stl de los componentes del medio de transporte le harán el slicer con los parámetros que ellos crean más convenientes.

Imprimirán y ensamblarán todos los componentes.

Informe:

Imágenes de los componentes del medio de transporte en SolidWorks, una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen además de un vídeo mostrando el funcionamiento del ensamble.

Practica 10: Acabados con vapor de acetona

Objetivos:

Hacer tratamientos posteriores a las piezas para mejorar cualidades.

Familiarizarse con los tratamientos posteriores necesarios mejorar cualidades a las piezas.

Pre-informe:

Consultar sobre la acetona (Que es, propiedades, cuidados al tener en cuenta y usos).

Traer cualquiera de las piezas hechas en las pasadas practicas o si prefieren hacer otra pieza y mandarla a imprimir en la impresora de la facultad de ingeniería mecánica

Procedimiento:

Los estudiantes harán tratamientos posteriores a las piezas para mejorar cualidades.

Las piezas seleccionadas se les hará el tratamiento con vapor de acetona.

Informe:

Imágenes de las piezas antes y después del tratamiento constatando como varia el acabado de la impresión.

Practica 11, 12, 13 y 14: Proyecto final

Objetivos:

Aplicar todo lo aprendido durante el semestre.

Imprimir las piezas de un ensamble y mostrar su funcionamiento.

Pre-informe:

Despiece y animación del ensamble final escogido de forma libre o asignado según el profesor convenga en SolidWorks describiendo las piezas y la finalidad del ensamble.

Procedimiento:

Los estudiantes aplicaran todo lo aprendido durante el semestre para ello:

Imprimirán las piezas del ensamble seleccionado.

Ensamblaran las piezas.

Informe:

Al pre-informe anexar imágenes de los componentes del ensamble final una vez hecho el slicer y a medida que se imprimen además de un video mostrando el funcionamiento del ensamble.