

**Elaboración de Material de Apoyo Mediante Fabricación Aditiva para la
Asignatura de Organización y Métodos**



Karen Dayanna Rodriguez Guevara, Juan Javier Rodriguez Urrego
Abril 2021

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Industrial
Ingeniería Industrial

**Elaboración de Material de Apoyo Mediante Fabricación Aditiva para la
Asignatura de Organización y Métodos**

Karen Dayanna Rodriguez Guevara, Juan Javier Rodriguez Urrego
Abril 2021

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Industrial
Ingeniería Industrial

Notas del autor

Karen Dayanna Rodriguez Guevara, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Antonio Nariño, Villavicencio.

Juan Javier Rodriguez Urrego, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Antonio Nariño, Villavicencio.

En este proyecto se tuvo colaboración directa de la Universidad Antonio
Nariño Sede Villavicencio.

Nota de Aceptación

Ramiro Hernán Polanco Contreras

Daniela Saldaña Requiniva

Nancy Esperanza Saray Muñoz

Dedicatoria

A Dios,
 por guiarme y permitirme,
 el haber llegado a este momento
 tan especial en mi vida,
 e importante en mi formación profesional.
 por los triunfos y los momentos difíciles
 que me han enseñado
 a valorarlo cada día más.

A mis padres,
JOSÉ VICENTE Y LORENA
 pilares importantes y fundamentales
 en este proceso de formación,
 por demostrarme siempre su cariño
 y apoyo incondicional,
 me han acompañado
 durante todo mi proyecto estudiantil,
 han velado por mí en este arduo camino
 para convertirme en una profesional,
 y sus consejos han sabido guiarme
 para culminar mi carrera.

A mis hermanos,
IVÁN, JOSÉ, SANTIAGO Y SAMUEL
 A mi abuela
MARÍA EMMA
 Y demás familiares
 que han sido de gran apoyo
 para cumplir con éxito
 esta etapa de mi vida.

Karen Dayanna Rodríguez Guevara

*Y parece un sueño estar aquí,
 Aun cuando las fuerzas se acababan,
 Y el mundo perdía su luz,
 Cuando todos los caminos se cerraron ante
 mis ojos.*

*En el último suspiro
 Y como un milagro enviado por Dios,
 Juan, Shirley, Julián, Charlie, Nancy
 Me tomaron en sus brazos y sin esperar
 nada a cambio
 Me sanaron, me llenaron de fortaleza y
 confianza.*

*Y con un grito que retumba hasta el día de
 hoy,
 Me dijeron “¡VUELA!, que no pierde quien
 la vida tumba al suelo,
 Pierde quien no se levanta y nuevamente
 alza en vuelo”.*

*Y a pesar del miedo a sufrir una nueva
 derrota,
 Me eche a volar,
 Como defraudar a quienes dejaron todo
 confiando en mí.*

*Y aquí estoy,
 Ad portas de uno de los momentos más
 importantes de mi vida,
 Volando, luchando, viviendo,
 Y solo pienso en dedicarles este logro,*

*Gracias por no dejarme desfallecer,
 Perdón por tardar tanto,
 Pero... ¡AQUÍ ESTOY!*

Juan Javier Rodríguez Urrego

Agradecimientos

Este espacio lo tomo para elevar mi más sentido agradecimiento a la Universidad Antonio Sede Villavicencio, quienes me abrieron las puertas de la educación nuevamente a pesar de mi edad, a la Coordinadora del programa de Ingeniería Industrial, Ingeniera Nancy Esperanza Saray Muñoz, quien tanto para mí como para muchos de mis compañeros se convirtió en nuestra madre adoptiva y con sus cuidados y guías permanentes nos llevó a alcanzar este logro, a mis padres, hermanos y demás familiares que a lo largo de este camino me han acompañado con sus buenos deseos y apoyo incondicional, especialmente quiero agradecer a quien fue mi compañera de trabajo de grado, Karen Dayanna Rodríguez, quien fue pilar fundamental en el desarrollo del mismo. ¡MIL GRACIAS A TODOS!

Juan Javier Rodríguez Urrego

Agradezco a Dios infinitamente, por haberme guiado y encaminado a realizar mi formación profesional en la Universidad Antonio Nariño, Sede Villavicencio quien me dio la oportunidad y haberme abierto las puertas de su prestigiosa y respetable institución cuna de formidables profesionales.

En especial, gratitud a la Coordinadora de la Facultad de Ingeniería Industrial, Ingeniería NANCY ESPERANZA SARAY MUÑOZ tutora de nuestro proyecto, quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente, ser formadora de este proceso que con sus aportes y conocimientos cada día creciéramos tanto a nivel personal como profesional.

Y demás docentes por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión.

Agradecerles a mis padres por su amor recibido, la dedicación y la paciencia, con la que cada día se preocupaban ellos por mi avance y desarrollo de este proyecto, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.

A mis hermanos y demás familiares, que en esta trayectoria me han acompañado con sus grandes deseos y apoyo incondicional.

Quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a JUAN JAVIER RODRIGUEZ URREGO, principal colaborador durante todo este proceso, quien por su conocimiento, enseñanza, experiencia y colaboración permitió el desarrollo de este proyecto.

¡Gracias a la vida por este nuevo triunfo!

Karen Dayanna Rodriguez Guevara

Resumen

La impresión 3D con el avance de la tecnología, ha entregado al mundo, sociedades y empresas, un desarrollo importante de tecnología para la fabricación y creación de nuevos elementos. En esta investigación se realizó el diseño de tres figuras desarmables mediante la tecnología de fabricación aditiva, con el fin de facilitarle a los docentes transmitir el conocimiento a los estudiantes y que de una forma u otra el estudiante perciba la información compleja de forma más fácil y práctica, buscando así convertir la cátedra de la asignatura de Organización y Métodos más didáctica aplicando los conceptos de métodos de toma de tiempos y control de movimientos y obtener una mejor calidad en las aulas de clases, para esto es necesario apoyarse en las nuevas tecnologías, que son herramientas que sirven de apoyo o suplemento en el aprendizaje del estudiante donde pueda expresar o dar a conocer su creatividad e innovación desarrollando sus capacidades y competencias.

Palabras Clave: AutoCAD, fabricación aditiva, tecnología 3D, Organización y métodos, tiempo y movimientos.

Abstract

3D printing with the advancement of technology, has delivered to the world, societies and companies, an important development of technology for the manufacture and creation of new elements. In this research, the design of three dismountable figures was carried out using additive manufacturing technology, in order to facilitate teachers to transmit knowledge to students and that in one way or another the student perceives complex information more easily and practice, thus seeking to make the chair of the subject of Organization and Methods more didactic by applying the concepts of methods of time taking and control of movements and obtain a better quality in the classrooms, for this it is necessary to rely on new technologies, which are tools that serve as a support or supplement in student learning where they can express or make known their creativity and innovation by developing their capacities and competencies.

Keywords: AutoCAD, additive manufacturing, 3D technology, Organization and methods, time and movements.

Contenido

Introducción	14
Planteamiento del Problema	16
Descripción del Problema	16
Planteamiento.....	18
Formulación del Problema.....	19
Justificación	20
Objetivos	23
General	23
Específicos	23
Marco Referencial.....	24
Antecedentes	24
Marco Teórico.....	30
Industria 4.0	30
Impresión con tecnología 3D	31
Ventajas y desventajas de la tecnología de fabricación aditiva	37
Aplicaciones.....	40
Futuro de la impresión 3D	44
Impresora Unimat UNI-PRINT-3D	45
Características Especiales	45
Marco Conceptual.....	46
Marco Geográfico	47
Marco Legal	48
Diseño Metodológico.....	49
Tipo y Enfoques de Investigación.....	49
Recolección y Análisis de Datos.....	49
Desarrollo del Proyecto.....	52
Etapa 1. Definir los criterios y parámetros requeridos para la fabricación de las figuras mediante el uso de la tecnología de fabricación aditiva.	52
Etapa 2. Elaborar el material de apoyo de acuerdo con los parámetros seleccionados mediante la tecnología de fabricación aditiva.....	53
1. La Catapulta	54
2. Mini Turbina de Agua.....	61
3. Sistema de Engranaje	64
Etapa 3. Documentar los procedimientos requeridos para el diseño de figuras, guía de laboratorio de toma de tiempos y movimientos y guía de uso de impresora UNIMAT UNI PRINT 3D.	67
Guía para diseño de figuras.....	67
Guía uso de la impresora <i>UNIMAT UNI PRINT 3D</i>	68
Guía de trabajo laboratorio toma de tiempos y movimientos.	68
Conclusiones	69
Recomendaciones	71
Bibliografía	72

Anexos 74

Lista de Tablas

Tabla 1. Marco legal	48
Tabla 2. Características Impresora Unimat UNI PRINT 3D	52
Tabla 3. Especificaciones piezas de ensamble de la Catapulta.....	58
Tabla 4. Especificaciones piezas de ensamble de Mini Turbina de Agua	63
Tabla 5. Especificaciones piezas de ensamble de Sistema de Engranaje	66

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Charles Hull registra su patente de un equipo de estereolitografía. (SLA)</i>	32
<i>Figura 2. La primera impresora 3D, la impresora de estereolitografía SLA-1</i>	33
<i>Figura 3. Tecnología Estereolitografía (SLA).....</i>	35
<i>Figura 4. Tecnología Modelo por deposición fundida (FDM).....</i>	36
<i>Figura 5. Tecnología Sinterizado selectivo laser (SLS)</i>	37
<i>Figura 6. Estructura interna de una pieza impresa en 3D</i>	37
<i>Figura 7. Pieza impresa en 3D ensamblada.....</i>	39
<i>Figura 8. Fabricación aditiva por sector</i>	41
<i>Figura 9. Vehículo fabricado con una impresora 3D.....</i>	42
<i>Figura 10. Cubierta para prótesis de miembros superiores.....</i>	42
<i>Figura 11. Compresor fabricado mediante DMLS.....</i>	43
<i>Figura 12. Impresión 3D para la industria</i>	44
<i>Figura 13. Triángulo estratégico de la impresión 3D.....</i>	44
<i>Figura 14. Impresora Unimat UNI-PRINT-3D</i>	46
<i>Figura 15. Localización Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio</i>	47
<i>Figura 16. Primer Diseño -La catapulta</i>	54
<i>Figura 17. Brazo de lanzamiento.....</i>	55
<i>Figura 18. Eje Principal</i>	55
<i>Figura 19. Marzo izquierdo y marco derecho</i>	55
<i>Figura 20. Transversales 1, 2 y 3</i>	56
<i>Figura 21. Resorte</i>	56
<i>Figura 22. Engranaje.....</i>	57
<i>Figura 23 . Eje de conexión del resorte.....</i>	57
<i>Figura 24. Disparador.....</i>	57
<i>Figura 25. Segundo Diseño -Mini turbina de Agua</i>	61
<i>Figura 26. Tapa</i>	61
<i>Figura 27. Ducto.....</i>	62
<i>Figura 28. Housing.....</i>	62
<i>Figura 29. Rotor</i>	62
<i>Figura 30. Tercer Diseño -Sistema de engranaje.....</i>	64
<i>Figura 31. Pista</i>	65
<i>Figura 32. Engranajes</i>	65
<i>Figura 33. Engranaje de elevación</i>	65
<i>Figura 34. Base.....</i>	66

Lista de Anexos

Anexo 1. Guía para diseño de figuras 74
Anexo 2. Guía para uso de la impresora Unimat UNI-PRINT-3D..... 86
Anexo 3. Guía de trabajo laboratorio..... 97

Introducción

En la actualidad es cada vez mayor la demanda de habilidades digitales y tecnológicas por parte de los profesionales en el sector industrial, ya que los procesos y los productos tienen mayor participación de técnicas automatizadas. La impresión 3D se ha convertido en una de las tecnologías de mayor expectativa en el entorno industrial debido a las posibles aplicaciones en cada vez más sectores y procesos de manufactura. Ya que, lo que normalmente requería de una serie de procesos de mecanizado y transformación de materiales para la obtención de un producto, ahora puede ser logrado a través de un diseño digital y una inyección de material de alta precisión.

La Universidad Antonio Nariño-UAN, es una institución privada, de educación superior, que lleva más de 45 años formando profesionales en diferentes disciplinas, a raíz de los diferentes cambios en las tecnologías y en las nuevas prácticas pedagógicas para impartir clase, la UAN ha realizado un análisis en el contenido programático de la Facultad de Ingeniería Industrial y ya hizo diferentes evaluaciones para saber cuáles son los nuevos cambios que se han generado en las diferentes industrias y se realizó una actualización del plan de estudios, posterior a eso se adquirió un laboratorio que hiciera acompañamiento al nuevo contenido programático; la UAN nombro a este nuevo laboratorio Fábrica Didáctica, la cual está bajo la supervisión de la Facultad de Ingeniería Industrial; este nuevo espacio educativo pretende convertirse en un apoyo durante el proceso de formación de los alumnos, brindando herramientas donde se permita la indagación y experimentación de las diversas áreas del conocimiento que contiene el

nuevo contenido programático enfocado a la industria 4.0, el cual exige nuevas metodologías de enseñanza aprendizaje donde los alumnos fortalezcan y desarrollen sus habilidades, simulando un ambiente real donde se presentan una serie de problemáticas que se dan en las industrias.

Teniendo en cuenta la investigación desarrollada por la UAN a través del laboratorio denominado Fabrica Didáctica; enfocándose en la industria 4.0 determino que para poder facilitar el aprendizaje en los estudiantes se debe implementar la tecnología de fabricación aditiva, permitiendo que el conocimiento teórico adquirido en la asignatura Organización y Métodos, pueda ser llevado a la adquisición de habilidades prácticas por lo tanto, el proyecto busca realizar el diseño de tres figuras desarmables con tecnología de fabricación aditiva la cual permite elaborar tres copias de cada figura diseñada, que sirven para apoyar el aprendizaje y facilitar la transmisión de conocimiento de docentes a estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio teniendo en cuenta, los conceptos de métodos de toma de tiempos y control de movimientos.

Planteamiento del Problema

Descripción del Problema

La Universidad Antonio Nariño quien actúa como empresa soporte para este proyecto es una institución privada, de educación superior, que lleva más de 45 años formando profesionales en diferentes disciplinas. Como reza en su misión institucional pretende formar ciudadanos de manera idónea, competitivos y altamente calificados, para ello se fundamenta en la incorporación, difusión, generación e innovación. La Universidad Antonio Nariño cuenta con varias sedes a nivel nacional, entre ella se encuentra la sede de la ciudad de Villavicencio en donde se oferta el programa de Ingeniería Industrial, que actual mente cuenta con 167 estudiantes, además, del programa tecnológico de Gestión de Operaciones Industriales, áreas en las cuales se puede aprovechar de forma eficiente estos materiales de apoyo didáctico.

A raíz de los diferentes cambios en las tecnologías y en las nuevas prácticas pedagógicas para impartir clase, la UAN ha realizado un análisis en el contenido programático de la Facultad de Ingeniería Industrial y ya hizo diferentes evaluaciones para saber cuáles son los nuevos cambios que se han generado en las diferentes industrias y se realizó una actualización del plan de estudios, posterior a eso se adquirió un laboratorio que hiciera acompañamiento al nuevo contenido programático; la UAN nombro a este nuevo laboratorio Fábrica Didáctica, la cual está bajo la supervisión de la Facultad de Ingeniería Industrial; este nuevo espacio educativo pretende convertirse en un apoyo durante el proceso de formación de los alumnos, brindando herramientas donde se permita la indagación y experimentación de las diversas áreas del conocimiento que

contiene el nuevo contenido programático enfocado a la industria 4.0, el cual exige nuevas metodologías de enseñanza aprendizaje donde los alumnos fortalezcan y desarrollen sus habilidades, simulando un ambiente real donde se presentan una serie de problemáticas que se dan en las industrias.

La Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio a principios del año 2020 realizo la adecuación de la Fábrica Didáctica, un laboratorio que cuenta con diferentes equipos, máquinas y kits de aprendizaje para la formación de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, entre los equipos se cuenta con una impresora 3D para la introducción de la tecnología de fabricación aditiva, en su afán de innovar en los recursos para el aprendizaje de sus estudiantes, así como para ampliar los campos de enseñanza buscando estar a la vanguardia en estos ámbitos. Con la adquisición de la impresora 3D la universidad espera darle un valor agregado al proceso de aprendizaje.

Teniendo en cuenta la investigación desarrollada por la UAN a través del laboratorio denominado Fabrica Didáctica y enfocándose en la industria 4.0 determino que para poder facilitar el aprendizaje en los estudiantes se debe implementar la tecnología de fabricación aditiva, permitiendo que el conocimiento teórico adquirido en la asignatura Organización y Métodos, pueda ser llevado a la adquisición de habilidades prácticas por lo tanto, el proyecto busca realizar el diseño de tres figuras desarmables con tecnología de fabricación aditiva la cual permite elaborar tres copias de cada figura diseñada, que sirven para apoyar el aprendizaje y facilitar la transmisión de conocimiento de docentes a estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad

Antonio Nariño sede Villavicencio teniendo en cuenta, los conceptos de métodos de toma de tiempos y control de movimientos.

Planteamiento

En la actualidad es cada vez mayor la demanda de habilidades digitales y tecnológicas por parte de los profesionales en el sector industrial, ya que los procesos y los productos tienen mayor participación de técnicas automatizadas. La impresión 3D se ha convertido en una de las tecnologías de mayor expectativa en el entorno industrial debido a las posibles aplicaciones en cada vez más sectores y procesos de manufactura. Ya que, lo que normalmente requería de una serie de procesos de mecanizado y transformación de materiales para la obtención de un producto, ahora puede ser logrado a través de un diseño digital y una inyección de material de alta precisión.

Sin duda, los métodos de enseñanza deben ir evolucionando a la par de los cambios tecnológicos, así como el aprendizaje de las nuevas tecnologías que cada vez más invaden el entorno industrial de la producción, para la formación profesional en los educandos lo que se busca es el desarrollo y preparación para desempeñar todas las funciones asociadas al diseño y a la impresión 3D llevándola a la práctica en instituciones educativas mediana y superior o empresas de diversos ámbitos.

Con base al árbol del problema se identificaron las problemáticas con las cuales se deriva la formulación del problema el cual da origen a este proyecto, se evidenció en el esquema de dicho árbol de problema, las causas, la formulación del problema de investigación y sus consecuencias, culminando en la solución planteada por el proyecto, este problema nace a raíz de la necesidad de desarrollar nuevas alternativas en el proceso

de enseñanza, introducir la era de 4.0 y desarrollo tecnológico en la aulas de clase, la cual brinda mejores oportunidades y beneficios en la formación profesional de estudiante, y da apoyo para el docente en su proceso formativo, es por ello que se plantea la problemática de cómo mejorar y tecnificar la enseñanza en la asignatura de Organización y Métodos y a la vez implementar las guías para el uso de los equipos del laboratorio de la Fábrica Didáctica, de tal forma que los docentes o instructores tengan el material de guía que orienten el uso de la impresora 3D en la clase de Organización y Métodos, así como en otras asignaturas que puedan tener aplicación en este tipo de tecnologías.

Formulación del Problema

¿Cómo integrar la tecnología de fabricación aditiva al programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio, en la asignatura de Organización y Métodos?

Justificación

La Universidad Antonio Nariño en la sede Villavicencio ha hecho la adquisición y adecuó la Fábrica Didáctica en el que se han dispuesto múltiples equipos y kits de aprendizaje para el desarrollo de diferentes áreas, partiendo de los conceptos básicos ingenieriles a través de los modelos simples y complejos, llegando a los conceptos de robótica, mecanizado manual y lo ENC computarizados. Diseñados para el aprendizaje de conceptos de física y matemáticas simples y complejos; además de los módulos de robótica de Lego, máquinas de mecanizado de piezas manuales y de control numérico como tornos, fresadoras y taladros. Además, se cuenta con el software y Hardware apropiados para la impresora 3D, las cual se ha convertido en el propósito del presente proyecto. Con el fin de desarrollar material de apoyo académico que les permita a los estudiantes y al docente el fortalecimiento de los conocimientos en el área de Organización y Métodos del programa de Ingeniería Industrial.

El desarrollo y la implementación de la tecnología de fabricación permiten fortalecer en las diferentes áreas de formación, no solo la utilización como el diseño, si no que a su vez permite un crecimiento en el conocimiento adquirido de los nuevos profesionales. Como se ha expuesto, las aplicaciones pedagógicas de la impresión 3D van desde el diseño de figuras didácticas que sean usados en laboratorios y aulas de clase, así como, la elaboración o construcción de dichos diseños en la impresora 3D.

El conocimiento de tecnologías de punta es necesario para la formación profesional de un Ingeniero Industrial, ya que la industria y el mercado van cambiando gracias a las innovaciones y desarrollos tecnológicos que cada día se incorporan a los

procesos de las empresas. La industria 4.0 se ha convertido en la vanguardia del sector productivo en la actualidad, ya que se han incorporado múltiples sistemas de información, tecnologías de diseño y modelamiento de productos que sin duda han cambiado radicalmente el entorno de la producción en el mundo. La tecnología de impresión de piezas 3D se ha establecido como una tecnología de uso común en el futuro afirma (Vicente, 2018). Al punto de que cualquier terminal de diseño y de impresión puede convertirse en un generador de piezas y productos con diseños y especificaciones especiales dadas por el usuario final. Este nuevo paradigma de la producción genera nuevos retos para las empresas, las industrias y los ingenieros; que deben hacer realidad todas esas expectativas que se han creado en torno al gran avance de la impresión de piezas 3D.

A lo largo de este proyecto de investigación se planteó que las piezas didácticas ofrecen una alternativa eficiente en los procesos de formación de estudiantes en las distintas áreas del conocimiento. Como se evidencia más adelante en el desarrollo del proyecto, las ayudas didácticas proveen una facilidad para los docentes de poder transmitir el conocimiento a sus estudiantes de una manera mucho menos compleja, siendo también para los estudiantes más sencillo recibir dicha información y adoptarla para sí mismos, el en el área de matemáticas, en el área del diseño y en el área de la química y ciencias naturales ya se ha explorado esta tecnología para facilitar la instrucción en ciertos procesos, entregando resultados satisfactorios en la interacción docente – estudiante. Uno de los campos de la ciencia que más ha explotado la tecnología de fabricación aditiva es la medicina, que empezó modelando piezas del cuerpo humano

para enseñar en los claustros universitarios, pero no tardó mucho en migrar a las salas de cirugía, para no ser más un objeto de estudio en las aulas y convertirse en huesos y órganos funcionales que salvan vidas. A eso se quiere llegar en todas las áreas del conocimiento, a que se desarrolle la implementación de esta tecnología en las aulas de clase, tanto su utilización como su diseño y esto entregará un crecimiento fundamental en el conocimiento adquirido de nuestros nuevos profesionales. Como se ha expuesto, las aplicaciones pedagógicas de la impresión 3D van desde el diseño piezas didácticas que sean usadas en laboratorios y aulas de clase, así como, la modelación o construcción de dichos diseños en la impresora 3D.

Este proyecto servirá como base para la introducción de la tecnología de fabricación aditiva en la formación de profesionales en las distintas áreas del conocimiento de la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio.

Objetivos

General

Elaborar material de apoyo didáctico con tecnología de fabricación aditiva para la asignatura de Organización y Métodos de la facultad de Ingeniería Industrial, en la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio.

Específicos

- Definir los criterios y parámetros requeridos para la fabricación de las figuras mediante el uso de la tecnología de fabricación aditiva.
- Elaborar el material de apoyo de acuerdo con los parámetros seleccionados mediante la tecnología de fabricación aditiva.
- Documentar los procedimientos requeridos para el diseño de figuras, la guía de laboratorio de toma de tiempos y movimientos y guía de uso de la impresora Unimat UNI-PRINT 3D.

Marco Referencial

Antecedentes

Teniendo en cuenta a (Aguilar, 2020). El diseño asistido por computadora, AutoCad. Es un manual completo de la utilización y diseño de toda clase de elementos en el software AutoCad. Refuerza los conocimientos adquiridos en la universidad respecto al diseño en el software AutoCad, el cual será usado como herramienta fundamental para el diseño y fabricación de las piezas didácticas objeto de este trabajo.

De acuerdo con (Beltrán & Rodríguez, 2017). El Modelado e impresión 3D como recurso didáctico en el aprendizaje de la probabilidad. Es una descripción de la experiencia obtenida en una prueba piloto sobre la enseñanza y aprendizaje de nociones probabilísticas, donde los alumnos diseñan e imprimen dados en impresoras 3D, con lo cual realizan análisis de las probabilidades que existen en cuanto a que un elemento de las mismas características tenga variaciones al momento de la ejecución de la fabricación. Este artículo, además de aportar una forma en la cual el diseño 3D de piezas didácticas puede adaptarse a los procesos de formación educativa, da nociones del diseño y fabricación de piezas para en impresoras 3D.

Como expresa (Inzunza, y otros, 2015). Impresiones 3D, nueva tecnología que apoya la docencia anatómica. Este artículo trata de las dificultades históricas que han tenido las instituciones educativas para conseguir material cadavérico para las cátedras de medicina, y como la entrada en vigor de la tecnología de impresión 3D y con la ayuda de imágenes de tomografías han logrado suplir esta necesidad y han desarrollado métodos más económicos y eficientes para brindar conocimiento a sus estudiantes. Este artículo

entrega una experiencia importante respecto a la utilización de la tecnología 3D en la enseñanza, aunque la universidad no posee una facultad de medicina, si tiene la facultad de odontología en donde se es muy viable fabricar y utilizar sus propios modelos anatómicos, dando mejor entendimiento de los conocimientos transmitidos por los docentes y también generando un ahorro económico importante.

Citando a (Ramírez & Caviedes, 2017). Herramientas didácticas para el aprendizaje de química en la tecno academia de Neiva con implementación de la impresión 3D. El Artículo trata de como en la sede del SENA de la ciudad de Neiva han implementado Kits didácticos con contenidos especializados en el área de química, los cuales han sido diseñados en un Software y fabricados mediante la impresión 3D, con lo cual han logrado motivar y facilitar la enseñanza en el área de interés. El aporte de este documento para el presente proyecto se basa en una experiencia en Colombia con el diseño y fabricación de piezas didácticas, las cuales fueron usadas para el apoyo académico en la comunidad educativa de Neiva, en un área que presentaba dificultades de aprendizaje generalizada como es el caso de la catedra de química.

De acuerdo con (Rodriguez, 2018). Proyecto de diseño de piezas modeladas con una impresora 3D para la realización de prácticas de laboratorio de las asignaturas de resistencia de materiales y teoría de estructuras. En el escrito se muestra cómo se desarrolla una la metodología para realizar una práctica de laboratorio de la asignatura de Resistencia de Materiales y Teoría de Estructuras. Evalúa el diseño, la caracterización y elaboración de piezas con impresora 3D a partir de un ensayo propuesto. Lo anterior teniendo en cuenta la relevancia que ha adquirido este tipo de tecnología en la actualidad.

Como plantea (Orozco, Reyes, & Olvera, 2017). Diseño y desarrollo de refacciones mecánicas para máquinas Tricotosa, utilizando tecnología de impresión 3D. El documento trata de todo el proceso llevado a cabo en el diseño y fabricación de piezas de refacción en la industria del tejido, con impresoras 3D teniendo en cuenta la dificultad y costo de traer las refacciones originales, específicamente para máquinas de tejer de una empresa. Este documento provee información del proceso de diseño y fabricación de piezas totalmente funcionales para la industria.

Como afirma (Ortiz, Luna, Medina, & Soledispa, 2016). Los beneficios de las impresoras 3d como herramienta de innovación en la medicina. El artículo contiene un análisis y evaluación de la evolución que ha tenido las impresoras 3d en el campo de la medicina, como su utilización ha generado desarrollo en las distintas áreas de esta. La revolución de la impresión 3D pasa hoy por su aplicación en el ámbito de la medicina, donde esta tecnología ha dejado de ser una promesa para convertirse en una herramienta para los profesionales de la salud. Aporta una reseña y un análisis de la introducción y desarrollo de la tecnología de impresión 3D en el campo de la medicina, que a la postre es, el campo de conocimiento que mayor desarrollo ha tenido en el área, teniendo como base fundamental la enseñanza con piezas didácticas específicas del área.

Según (Osakue, 2015). Teaching solid modeling with Autocad. El artículo trata de la enseñanza de modelación de sólidos con el software Autocad desde dos estrategias diferentes, la primera, la planificación y la segunda la construcción. Con lo anterior se enseña a los estudiantes a tener un mejor dominio de las herramientas del software, desde la experiencia del autor a lo largo de su experiencia en la docencia. En la construcción se

manejan técnicas visuales y operativas que estimulan en el estudiante las habilidades necesarias para el diseño espacial en el software. Teniendo en cuenta que el software que se utilizará durante el desarrollo de este proyecto es AutoCad este artículo refuerza los conocimientos adquiridos en el aula de clases de la Universidad, a partir de las experiencias del autor, así como, las estrategias de planificación y construcción de piezas en el software para estructurar el proceso a seguir durante la fase del diseño de las piezas didácticas del proyecto.

Desde el punto de vista de (Saorín, y otros, 2016). Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste. Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias. El artículo se centra en la importancia que tiene para la enseñanza actual el uso de objetos tangibles, como su introducción dentro de las aulas de clase generan mejor absorción del conocimiento. Trata también del uso de tecnologías de bajo coste como la impresión 3D para fabricar dichos materiales. Describe el proceso de diseño y fabricación de elementos en impresoras 3D. Este documento es una experiencia exitosa más, dentro del ámbito educacional, en el que se introdujo el diseño y la impresión con tecnología 3D de piezas utilizadas dentro del aprendizaje, contiene el proceso de diseño y fabricación usada, además de, las experiencias adquiridas dentro del aula de clase.

Como expresa (Sackey, Bester, & Adams, 2017). Industry 4.0 learning factory didactic design parameters for industrial engineering education in South Africa. Este artículo entrega los resultados de un análisis a una encuesta realizada en Sudáfrica, en el que se indaga a las universidades que cuentan con la facultad de ingeniería industrial

respecto al uso de fábricas didácticas en el desarrollo de procesos educativos, la aceptación de estos métodos y como se encuentra respecto a la enseñanza tradicional y como migran dichas universidades al desarrollo de lo que se conoce como industria 4.0. Aunque el objetivo de este proyecto no es respecto a la industria 4.0 o a las fábricas didácticas, si instruye respecto a cómo dichos elementos didácticos han influido en el desarrollo de la educación en dicho país, de allí se extrae dicha experiencia, además de contar datos de aceptación de la enseñanza mediante piezas didácticas en una población de universidades de un país como lo es el caso de Sudáfrica.

De acuerdo con (Sampaio, Cruz, & Martins, 2011). *Didactic models in civil engineering education: virtual simulation of construction works*. En el escrito se encuentra un análisis detallado respecto a la educación con piezas didácticas, así como, propone que con esta forma de educación en la que se incorporan elementos didácticos complementados con realidad virtual hace que los estudiantes estén más activos y participativos de todo el proceso educativo. Este artículo provee bases para poner en firme la importancia de la implementación de las piezas didácticas, así como la impresión 3D de dichas piezas como apoyo en los procesos académicos.

Teniendo en cuenta a (Skawiński & Siemiński, 2017). *The 3D Printer Farm – function and technology requirements and didactic use*. En el artículo se describe un laboratorio de impresión 3D, lanzado en el Universidad Tecnológica de Varsovia, en la Facultad de Ingeniería de maquinaria automotriz. Muestra los requisitos técnicos y funcionales, el uso actual y los objetivos futuros para la educación de los estudiantes. Además, se describen las impresoras 3D instaladas las cuales ya han sido probadas en

todo el mundo para las labores que en el laboratorio se realizan. Este artículo nos proporciona una experiencia adquirida por una universidad con las impresiones 3D para el laboratorio de ingeniería automotriz, en el cual todas las piezas con las cuales trabajan y aprenden los estudiantes son impresas con la tecnología de impresión 3D, dando ventajas y desventajas de su uso institucional.

Como afirma (Szulzk, Sidor , & Duda, 2014). 3D Printers – New possibilities in education. El artículo trata del aumento significativo en el uso de las impresiones tridimensionales, aunque la tecnología fue inventada hace más de 30 años en la actualidad ha tenido un incremento significativo en el uso de dicha tecnología ya que el valor así como la facilidad de adquisición lo hacen asequible al público, diversificando su uso, pasando de la aplicación netamente científica, a la aplicación de muchas áreas, y su inmersión en la educación a nivel mundial generando una forma distinta de generar conocimiento y con ello las posibilidades de crear una educación más interactiva. El artículo provee una reseña histórica del uso de la tecnología 3D, así como parámetros del uso de esta en sus primeras incursiones en el mundo de la educación, así como la masificación en su uso cotidiano.

Marco Teórico

Industria 4.0

La llamada cuarta revolución industrial es el nuevo concepto que se ha acuñado desde hace algunos años al periodo de transición y cambios que está sufriendo todo el entorno de la producción y la industria en el mundo, y que se ve principalmente protagonizado por la incorporación de tecnologías de comunicación e información y la imparable automatización industrial, que se combina con nuevos desarrollos tecnológicos para crear un entorno de desarrollo de la industria.

Los cambios que se han evidenciado en el panorama mundial se han presentado de una forma acelerada, ya que a finales del siglo XX se presentó el entorno de la tercera revolución Industrial con la implementación de la era de la informática y computación, y solo algunos lustros más adelante, se evidencia la víspera de la cuarta revolución industrial, con nuevos retos que las empresas y las economías deben adaptarse para lograr cumplir con las expectativas de los mercados que cada vez son más exigentes.

Otro de los aspectos que se suma al entorno cambiante de la industria 4.0, son los nuevos escenarios de globalización, brindando riesgos y oportunidades a las empresas en mercados locales y foráneos, que aumentan los retos para las economías de todos los países del mundo. La globalización se ha podido convertir en un fenómeno de crecimiento acelerado gracias a la revolución del comercio electrónico, que se ha convertido en uno de los canales de comercialización más concurridos por los compradores y vendedores, haciendo que las barreras físicas y políticas sean menos limitantes para el flujo de mercados a nivel mundial.

Son varios los desarrollos tecnológicos que se suman a los cambios en el presente tiempo de transformación industrial, algunos de ellos son la inteligencia artificial que cada vez toma mayor participación en los diferentes entornos y sistemas del ser humano, la impresión 3D que se ha convertido en el futuro del desarrollo y producción de piezas y productos, haciendo que otros procesos de mecanizado puedan ser reemplazados. El control remoto de sistemas a través de canales de comunicación de alta fidelidad y eficiencia hacen que los sistemas de producción tengan menos injerencia del ser humano. Y muchos otros desarrollos tecnológicos que cada vez sorprenden y generan nuevos entornos en la producción. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).

Impresión con tecnología 3D

La impresión 3D (Desktop fabrication o fabricación aditiva) es el proceso por el cual, a partir de un diseño realizado en 3D, se fabrica un objeto capa por capa reproduciendo fielmente el diseño elaborado con antelación para finalmente conseguir un objeto real. Cabe resaltar que para este proceso las impresoras 3D utilizan plástico como materia prima en lugar de tinta y papel, como las impresoras convencionales.

Actualmente para los procesos de impresión 3D se desarrollan y se utilizan distintos tipos de materiales diferentes al plástico. Esta materia prima es puesta capa a capa en el eje Z de la plancha de trabajo de acuerdo al diseño para de esta manera, obtener objetos tridimensionales. (Rodríguez, 2018).

Históricamente la impresión 3D tiene sus inicios en el año 1984, donde Charles Hull, quien era un inventor del campo de la óptica iónica, comenzó a trabajar con resinas líquidas que una vez expuestas a luz ultravioleta se solidificaban.

Evidenciando que los rayos láser solidifican las resinas formando películas que a la postre se convierten en cortes transversales de figuras elaboradas de manera tridimensional. Inició a controlar de manera remota el rayo láser, mediante un computador y a su vez desarrolla el sistema con el cual podía dibujar capa a capa un objeto cualquiera en un cuenco con resina líquida la cual disminuía de nivel una vez cada capa era terminada. (Rodríguez, 2018).

En 1986, el departamento de patentes le otorgó la patente adscrita a su proceso que recibió el nombre de estereolitografía. Se fundó la empresa 3DSystems la cual se mantiene hasta el día de hoy como una de las empresas líderes del mercado de impresoras 3D. En la siguiente figura, se muestra el plano patente de la primera impresora 3D de Charles Hull.

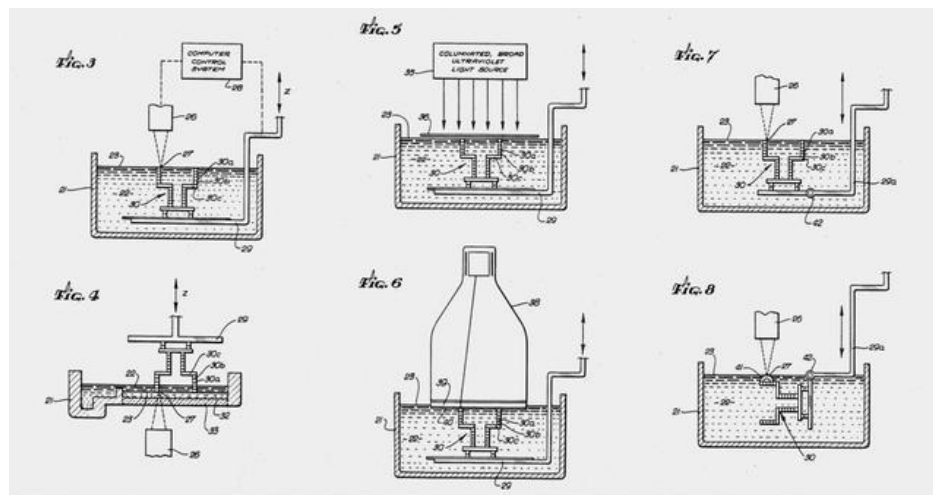


Figura 1. Charles Hull registra su patente de un equipo de estereolitografía. (SLA)
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Entre 1988 y 1990 se desarrollaron dos tecnologías adicionales de impresión 3D. La primera se basa en colocar material fundido capa a capa (FDM). La segunda trata de

una impresión mediante un láser (SLS). Scott Crum, quien fue el inventor de la tecnología FDM, también fundó una empresa que se mantiene en los primeros lugares en cuanto al mercado de la impresión 3D la cual se llama Stratasys.



*Figura 2. La primera impresora 3D, la impresora de estereolitografía SLA-1
Fuente. (Rodríguez, 2018)*

Para definir un proceso de impresión primero se debe definir los parámetros requeridos y así, generar el G-Code, con el cual se dividirá el modelo por capas. Los parámetros establecidos para este proceso son los siguientes.

- Grosor de capa. Establece la altura de las capas que serán fabricadas, la altura está dada en milímetros. Se utiliza comúnmente una altura de 0.05 mm y esto significa que el objeto contará con 20 capas por cada milímetro de pieza fabricado.
- Tiempo de exposición por capa. Equivale al tiempo de exposición de la luz UV sobre la capa. Este tiempo está regulado de tal manera que sea suficiente para que el material se adhiera y solidifique a la capa inmediatamente anterior, a su vez, no debe ser excesivo para que no haya sobredimensión en la pieza que se está fabricando. El

valor de tiempo de exposición depende directamente del área que se encuentra proyectada, el tipo de material utilizado y de la intensidad de luz.

- Tiempo de exposición para las primeras capas. A diferencia del literal anterior, para las primeras capas se utiliza un mayor tiempo de exposición de luz UV, con el fin de unir con mayor firmeza las capas a la plancha de trabajo. Este tiempo de exposición está dado alrededor de diez veces más que el tiempo empleado para el resto de capas de la figura elaborada.
- Número de capas expuestas a mayor tiempo. Este valor hace referencia al número de capas iniciales que serán sometidas por mayor tiempo al contacto de luz UV. Estas capas hacen parte de la base y soporte de las figuras fabricadas.
- Duración de una secuencia. En este literal se evidencia el tiempo que tarda el inyector en elevarse y volver a la posición inicial luego de terminar la construcción de una capa y que esta se solidifique. Es un valor que no es modificable y está determinado por los literales siguientes.
- Altura de elevación. Distancia a la cual se eleva la plataforma de construcción luego de construir una capa y que esta se solidifique. Son valores constantes y obedece a la distancia entre la plancha de trabajo y el inyector, la cual es incremental en cada secuencia. La diferencia entre capa e inyector debe ser del grosor de cada capa.
- Velocidad de elevación. Indica la rapidez con la que la plataforma se eleva hasta la altura definida por el literal anterior. Entre menor sea la velocidad de elevación se favorecerá de mejor manera la separación entre la capa curada y la película de teflón.

- Velocidad de descenso. Velocidad que toma la plataforma desde el punto de elevación máximo hasta la posición inicial de la capa siguiente. Es mayor o igual a la velocidad de elevación.
- Dirección de construcción. *Bottom up* o *Top down*. Define si la plataforma trabajará de abajo hacia arriba o ira descendiendo, esto depende de la tecnología utilizada, bien sea SLA o DLP. La tecnología LUX está indicada como *Bottom up* pues es una tecnología basada en DLP.

A continuación, encontramos las tecnologías principales en la utilización de la tecnología de fabricación aditiva.

Estereolitografía (SLA). Tecnología propuesta por Charles Hull, la primera en su clase y se basa en la solidificación mediante un rayo láser ultravioleta de polímeros líquidos fotosensibles, también aplica para resinas. Los rayos UV son dirigidos con espejos para así solidificar las secciones transversales de cada figura fabricada. El proceso es cíclico y se culmina cuando contamos con la figura se encuentra terminada en su totalidad. (Peña, 2020)

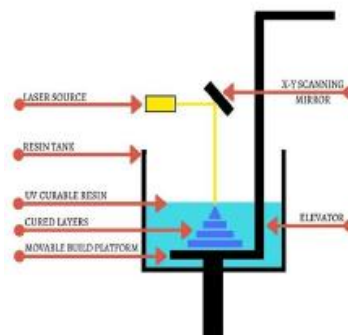


Figura 3. Tecnología Estereolitografía (SLA)

Fuente. (Peña, 2020)

Modelado por deposición fundida (FDM). Consiste en colocar el material fundido en la plancha de trabajo capa a capa hasta cuando se complete la figura deseada, La materia prima es almacenada en rollos y tras ser calentada la boquilla superando la temperatura de fusión del material se deposita en la plancha de trabajo, luego, se enfría rápidamente y se convierte en sólido, de tal forma que el producto desarrolla una alta resistencia al calor y una durabilidad superior. (Peña, 2020)

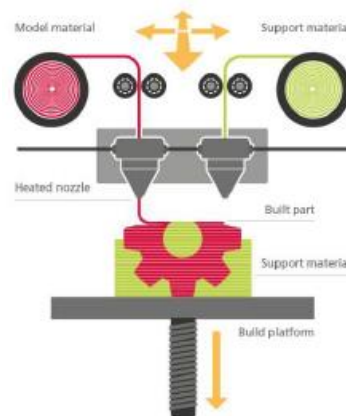


Figura 4. Tecnología Modelo por deposición fundida (FDM)
Fuente. (Peña, 2020)

Sinterizado selectivo láser (SLS). Consiste en colocar sobre el área de trabajo una base de polvo de material elastómero, dicho material es sometido a un rayo láser. El material sufre trazos transversales dando forma a la figura, paso seguido coloca más material pulverizado. (Peña, 2020)

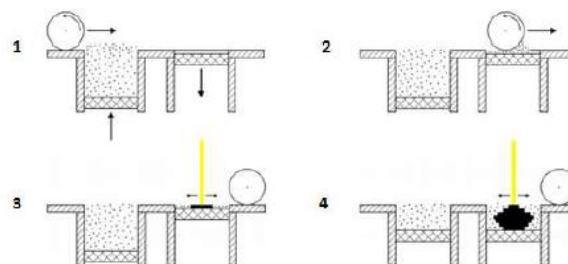


Figura 5. Tecnología Sinterizado selectivo laser (SLS)

Fuente. (Peña, 2020)

Ventajas y desventajas de la tecnología de fabricación aditiva

El potencial que tiene esta tecnología se debe a la cantidad de ventajas frente a otros tipos de tecnología de fabricación, ya que no es posible que las tecnologías similares no pueden entregar las mismas facilidades. (Rodriguez, 2018).

A pesar de lo complejo de una figura no se eleva el costo de fabricación. Con la tecnología de fabricación aditiva elaborar figuras complejas no aumenta el tiempo de ejecución, el costo o la habilidad requerida de la mano de obra, como si sucede con los procesos de fabricación normal.

Se posee total manejo y control de la estructura interna de las figuras. Esta tecnología permite que la estructura interna de los objetos se construya de manera más óptima. Por ejemplo, no construir una figura completamente sólida en su interior y realizar mediante cálculos de software una estructuración del interior del objeto. Con lo anterior se controla la rigidez del producto final, así como, la cantidad de material utilizado.



Figura 6. Estructura interna de una pieza impresa en 3D

Fuente. (Rodriguez, 2018)

La tecnología de fabricación aditiva puede crear cualquier forma. Una impresora 3D tiene la capacidad de fabricar cualquier forma que se diseñe, no así, con las tecnologías de fabricación tradicional, las cuales son menos versátiles al punto en que en una industria se encuentran máquinas que solo pueden construir una sola forma o figura, lo cual incurre en la adquisición de varias máquinas en un mismo proceso de fabricación. La tecnología de fabricación aditiva suprime la necesidad de tener varias máquinas, teniendo en cuenta lo mencionado con antelación, ya que con una sola impresora puedo fabricar un objeto complejo sin importar el número de piezas y las formas que posea, sólo se necesita el diseño diferente y la materia prima requerida para el nuevo lote, todo lo anterior sin necesidad de cambiar el hardware de la impresora.

Se concluye que la tecnología de fabricación aditiva es ideal para los trabajos y modelamientos en los cuales se encuentra un alto grado de personalización del producto.

Producción de piezas completas. En cuanto a la fabricación por partes o segmentos se refiere, la tecnología de fabricación aditiva provee la facilidad de realizar fabricación de figuras completas sin necesidad de seccionar y posteriormente ensamblar. En la actualidad se busca que la impresión de figuras con impresoras 3D sean con un solo material ya que es mucho más económico que las impresoras 3D que pueden fabricar con diferentes tipos de material al mismo tiempo.

Es decir, la tecnología de fabricación aditiva está en capacidad de disminuir el costo del producto, así como, acortaría la cadena de suministro y bajaría costos de mano de obra y transporte.



Figura 7. Pieza impresa en 3D ensamblada
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Elaboración por pedido. Las impresoras 3D tienen la posibilidad de fabricar objetos en el momento en el cual haga falta. Independientemente si el objeto es de carácter especializado o estándar las empresas pueden fabricarlos en el momento en que el cliente lo requiera. Esta característica disminuye los costos de gestión y almacenamiento de inventarios.

Optimización de costos. Los procesos tradicionales de fabricación desperdician una gran cantidad de materia prima. Esto se evidencia en los trabajos de torno y fresadoras en los que la cantidad de pérdida de materia prima puede llegar a alcanzar un 90%. Con la tecnología de fabricación aditiva tanto la impresora como el software están adaptados para que el consumo de materia prima sea estrictamente el necesario, generando así un proceso más económico y sustentable.

Transporte digital. La tecnología de fabricación aditiva permite hacer impresiones de modelos 3D de manera remota lo que permite que una empresa que elabora productos con esta tecnología puede enviar ordenes de fabricación vía internet hasta el lugar en donde se realiza el pedido, lo que hace que se disminuyan costos de transporte.

Las impresoras 3D consumen mucha energía. Al ser máquinas que trabajan con calor o láser su consumo energético es mayor con respecto a los procesos de fabricación en los que se fabrica con otras técnicas.

Contaminación. En el momento de realizar la fusión del plástico PLA y ABS se libera en el aire alrededor de 20 mil millones de partículas ultrafinas las cuales con tiempos extensos de exposición pueden generar complicaciones respiratorias.

El uso de plásticos. La mayoría de los plásticos que se usan en esta tecnología como lo es el ABS no es biodegradable y terminan en lugares de disposición de basuras, a pesar que el plástico PLA si es biodegradable, los más usados a nivel mundial son los que generan contaminación.

Problemas legales. Esta tecnología genera que las personas se apropien de diseños y los reproduzcan en sus propias impresoras 3D lo que genera contrabando de productos y pérdida de calidad, tanto como perdida de dinero para las empresas desarrolladoras de los diseños de productos.

Seguridad nacional. Por ser una Tecnología poco extendida, no se encuentra debidamente regulada, lo que genera que pueda sea usada para fabricación de armas que no son fácilmente detectables, lo que representa un riesgo para cualquier nación.

Seguridad de los objetos que toman contacto con comestibles. Ya que la gama de objetos que pueden ser fabricados es muy amplia, existe la posibilidad de fabricar utensilios de cocina los cuales pueden ser tóxicos en contacto con nuestros comestibles, como es el caso de la materia prima ABS.

Aplicaciones

Hay gran variedad de sectores en los cuales se ha iniciado la utilización de la tecnología de fabricación aditiva. En la figura encontramos la incidencia de la fabricación aditiva por sectores.

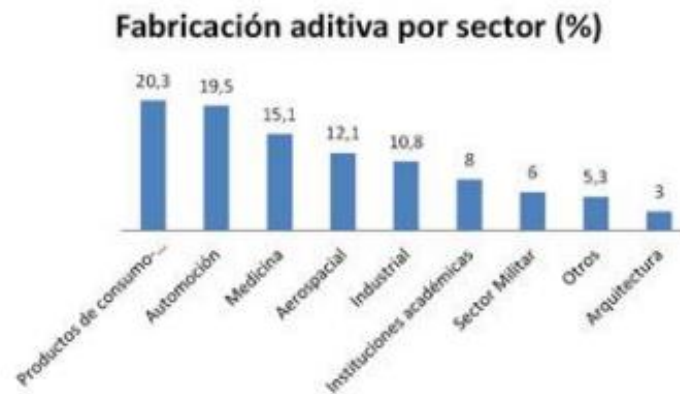


Figura 8. Fabricación aditiva por sector
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Los sectores más representativos en la utilización de la tecnología son los siguientes.

Productos de consumo: En este sector se utiliza la fabricación aditiva con el fin de producir artículos de consumo cotidiano, tales como, elementos de hogar, equipamiento deportivo, juguetería entre otros. En este sector encontramos la mayor cantidad de demanda para la tecnología, sin importar la complejidad de los productos demandados y el nivel de personalización requerido.

Sector automovilístico: Aquí encontramos uno de los adelantos más revolucionarios en cuanto a la aplicación de la tecnología. Strati de Local Motors, ha sido el primer vehículo impreso en 3D, este auto es totalmente funcional, cuenta con más de 46 horas de trabajo continuo y se le instaló un motor eléctrico con una autonomía total de 200 kilómetros.



Figura 9. Vehículo fabricado con una impresora 3D
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Sector de la medicina: Es tal vez el sector que más ha desarrollado la utilización de las impresoras 3D, cada pieza requerida por este sector es única y de una gran complejidad. Se reproducen partes del cuerpo humano, las cuales son totalmente funcionales, implantes de todo tipo, prótesis de miembros y últimamente se han fabricado órganos y tejidos. Además, se realizan utensilios para trabajos complejos, lo que ha disminuido los costos de manera importante.



Figura 10. Cubierta para prótesis de miembros superiores
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Sector aeroespacial: En este sector se busca disminuir los costos que acarrea la fabricación de piezas, además de la búsqueda de la eliminación de los impactos ambientales.



Figura 11. Compresor fabricado mediante DMLS
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Arquitectura: En este sector la tecnología está ampliamente utilizada en el área de modelación a escala y los prototipos de construcciones arquitectónicas, aunque ya hay casos exitosos de casas hechas cien por ciento en impresoras 3D.

Las empresas han implementado esta tecnología para suplir contratiempos generados por averías, de tal forma que, al momento de presentarse dichas urgencias, las piezas pueden ser elaboradas con la impresora 3D y así evitar mayores costos por tiempos sin productividad.



Figura 12. Impresión 3D para la industria
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Futuro de la impresión 3D

El desarrollo a grandes pasos de esta tecnología deja ver un futuro en el que todo el proceso de diseño, elaboración y control de calidad sea totalmente sistemático y de forma remota.

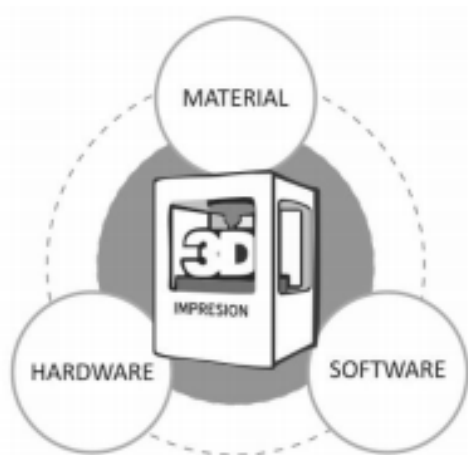


Figura 13. Triángulo estratégico de la impresión 3D
Fuente. (Rodríguez, 2018)

Impresora Unimat UNI-PRINT-3D

Impresora 3D del probado sistema CNC Unimat. Basado en el mismo software de control y el versátil controlador de motor paso a paso. De alta garantía de estabilidad y precisión, cuenta con placa de calentamiento controlado y sensores de control precisos para la producción rápida de piezas de trabajo (Adtech S.A, 2021).

Características Especiales

- Fácil cambio de material, guías ajustables, bajo mantenimiento
- Robusta y precisa construcción totalmente metálica
- Imprime con todos los filamentos habituales posible: PLA, ABS, nylon, Laybrick etc.
- Software Open Source: Machinekit e interfaz de usuario multiplataforma para Windows, OSX, Linux, Android
- LED para iluminación y señales de color
- Parte de los módulos del sistema UNIMAT Lab: SandyBox, LIN-CONTR, Stepper, etc.



*Figura 14. Impresora Unimat UNI-PRINT-3D
Fuente. (Adtech S.A, 2021)*

Marco Conceptual

Autocad: es un software de diseño asistido por ordenador, se trata de un programa diseñado específicamente para la creación de planos (Esneca Bussines School, 2019).

Fabricación aditiva: es un nuevo concepto de producción a través del cual el material (plástico o metal) es depositado capa a capa de manera controlada allí donde es necesario (Mizar, 2016).

Fábrica didáctica: ambiente de formación, combina el mundo digital con avanzadas técnicas de producción y simulación de procesos, que permiten desarrollar competencias de nivel superior en términos de innovación, creación, modernización y actualización de procesos, que para este caso puntual serán usados en los campos de informática, telecomunicaciones, gestión de la producción, automotores y salud (Semana S.A, 2019).

PLC: Controlador Lógico Programable; es una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas (Autycom, 2020).

Tecnología de 3D: recrea una imagen u objeto como si fuese real, en las impresoras 3D se pueden elaborar objetos físicos y que ha abierto muchas puertas en distintos sectores (Solmeclas, 2019).

Marco Geográfico

La Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio, se encuentra ubicada en la ciudad de Villavicencio Meta, kilómetro 1 vía Puerto López Vereda La Cecilia, desde el año 1994. Ofrece ocho programas profesionales entre los cuales se encuentra el programa de Ingeniería Industrial que es el programa al que pertenece este proyecto de grado y dos programas tecnológicos.



*Figura 15. Localización Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio
Fuente. Los autores, 2021*

Marco Legal

Tabla 1. Marco legal

Tipo Número y fecha	Nombre y entidad que la expide	Artículo	Impacto en el proyecto
Ley General de Educación, Ley 115 de 1994	Señala las normas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función social acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad.	23,76 y 79	Estos artículos indican todo lo relacionado con el currículo, planes de estudio, metodologías y establecen áreas obligatorias y fundamentales del conocimiento y de la formación que necesariamente se tendrán que ofrecer de acuerdo con el currículo y el Proyecto Educativo Institucional.
Decreto 230 del 11 de febrero de 2002	Por el cual se dictan normas en materia de currículo, evaluación y promoción de los educandos y evaluación institucional.	3	La intención e identificación de los contenidos, temas y problemas de cada área, señalando las correspondientes actividades pedagógicas. El diseño general de planes especiales de apoyo para estudiantes con dificultades en su proceso de aprendizaje.
Decreto 1290 de abril 17 de 2009	El Decreto 1290, expedido el 16 de abril de 2009, reglamenta la evaluación del aprendizaje y promoción de los estudiantes en los niveles de educación básica y media que deben realizar los establecimientos educativos.	3	Identificar las características personales, intereses, ritmos de desarrollo y estilos de aprendizaje del estudiante para valorar sus avances. Suministrar información que permita implementar estrategias pedagógicas para apoyar a los estudiantes que presenten debilidades y desempeños superiores en su proceso formativo.

Fuente. Los autores, 2021

Diseño Metodológico

Tipo y Enfoques de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo ya que se pretende recolectar la mayor cantidad de información para a su vez poder evaluarla y obtener un análisis de los procedimientos y describir una situación actual lo cual sirve como ayuda para el desarrollo del proyecto (Hueso & Cascant, 2012).

Así mismo la investigación se clasifica en cuantitativa, haciendo uso de herramientas cuantitativas donde se recolectan tiempos, costos y procesos para después realizar un análisis y en base a esto obtener un resultado. (Hueso & Cascant, 2012)

La investigación es de tipo aplicativo por que se pondrá en marcha y se aprovechará al máximo toda la información obtenida para el desarrollo de la elaboración de material de apoyo mediante la tecnología de fabricación aditiva, así como el documento que registra el proceso de diseño y elaboración el cual será de importancia en cualquier área de la educación de la UAN.

Recolección y Análisis de Datos

En la primera fase se realizó la recolección de información utilizando diferentes herramientas que proporcionan información de diferentes fuentes primarias y secundarias como lo son: estudios, artículos, teorías, proyectos de grado, revistas, bases de datos (Google Académico, Microsoft Academic, Dialnet, Redalyc, SciELO, biblioteca virtual de la UAN).

Se hizo de la mano del proveedor una verificación de las especificaciones de la Impresora Unimat UNI-PRINT-3D, lo anterior en busca de los requisitos, tales como, el

tipo de material, los softwares compatibles con la impresora y requerimientos de hardware del computador base, los cuales son necesarios para desarrollar las actividades propuestas y la consecución de los objetivos de este proyecto.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas y estructuradas con el fin de conocer el alcance de la asignatura para ver el enfoque que fuera aplicado a esto, se realizó un árbol de problemas que tuvo como objetivo identificar las problemáticas con las cuales se derivó la formulación del problema y que dio origen a este proyecto, mencionando sus causas y consecuencias.

Una vez recolectado la información y de acuerdo con los parámetros y a la estructura de la temática de Organización y Métodos se pudieron identificar las de mayor asequibilidad y aplicabilidad al desarrollo de las temáticas de la asignatura.

En el desarrollo de la segunda fase, se definieron las figuras a elaborar y se establecieron la cantidad de piezas con las cuales se ensamblará cada una de ellas incluyendo sus dimensiones, además, se estableció el material y operatividad de las figuras para el uso en las actividades de enseñanza y aprendizaje. Para el diseño se usó un software de diseño técnico denominado Autocad 3D,

Se hicieron los ajustes necesarios a la máquina, al material y al software con el fin de ejecutar el programa de ensamble, se estableció la comunicación entre el software del diseño y el de la impresora, verificando que el diseño haya sido recibido y asimilado cumpliendo con las especificaciones del producto a través de los parámetros establecidos.

En la tercera fase se estructuró toda la documentación, donde se diseña la guía para el Laboratorio Fabrica didáctica usando la información recopilada para desarrolló

del contenido programático de la asignatura Organización y Métodos con el fin de identificar las fortalezas y debilidades que se presentan en los estudiantes, analizado los beneficios de implementar guías basadas en casos de estudio con ayuda de las herramientas y equipos disponibles durante el desarrollo de las prácticas en Fabrica Didáctica evidenciado el fortalecimiento y desarrollo de nuevas habilidades y las mejoras en el proceso de enseñanza- aprendizaje.

Desarrollo del Proyecto

Etapa 1. Definir los criterios y parámetros requeridos para la fabricación de las figuras mediante el uso de la tecnología de fabricación aditiva.

Inicialmente se hizo la identificación de las especificaciones de la Impresora Unimat UNI-PRINT-3D para validar que tipo de material es compatible y cuál es el requerido para la elaboración de las figuras debido a que la impresora imprime con los posibles filamentos como el PLA, ABS, nylon, Laybrick etc.

De acuerdo con lo establecido se tomó la determinación que el material que se utilizó para la elaboración de la figura fue el Ácido Poliláctico (PLA por sus siglas en inglés). El diseño se hará con el Software Autocad, el cual es un software de diseño asistido por computador que es una potente herramienta con mucha capacidad de edición que permite dibujos en 2D y modelado en 3D.

Entre las especificaciones de la Impresora Unimat UNI-PRINT-3D se destacan:

Tabla 2. Características Impresora Unimat UNI PRINT 3D

<i>Impresora Unimat UNI PRINT 3D</i>	
Material	PLA
Software	AutoCad
Tecnología	FDM (modelado por deposición fundida)
Resolución de capa	200 micras
Diámetro de Filamento	1,75 mm
Diámetro del producto	440 (Long.) x 410 (Anch.) x 465(Alt.) mm
Precisión de posicionamiento XY	11 micras
Precisión de posicionamiento Z	2,5 micras
Resolución de la cámara	320 x 240
Requisitos de alimentación	100–240 V ac, 0,75-0,41 A, 50 -60 Hz, 100 W

Fuente. Los autores, 2021

Para la selección de las figuras se tuvo en cuenta la estructura del contenido programático de la asignatura de Organización y Métodos para ello se apoyó en el docente titular, en las cuales se estableció bajo el rigor académico de la experticia del docente que en los conceptos de mayor aplicación serían tales como control de tiempos y movimientos (manejo y técnicas de cronometro, movimientos ergonómicos), laboratorios de tiempos y movimientos.

De igual manera se tuvo en cuenta que permitiera la aplicabilidad de los conceptos para ello, primero se seleccionó la Catapulta, con el fin que pongan en práctica, apliquen y conozcan conceptos básicos de física como la fuerza de gravedad y caída libre, adicionalmente se seleccionó un Sistema de Engranaje, lo que va a permitir mantener la relación de transmisión constante mediante el contacto de ruedas dentadas, ya que este tipo de transmisiones se usa mucho como reductor de velocidad en la industria (maquinas herramientas, robótica), en la mayoría de los electrodomésticos (programadores de lavadora, batidoras, cassetes) y en automatización (para las cajas de cambios de marchas). Y por último se seleccionó una Mini turbina de Agua, este producto que se fabricó a través del proyecto va a permitir que conozcan la funcionalidad, además de que los alumnos fortalezcan y desarrollen sus habilidades.

Etapa 2. Elaborar el material de apoyo de acuerdo con los parámetros seleccionados mediante la tecnología de fabricación aditiva.

Luego de recaudar la información necesaria y determinar las figuras didácticas a fabricar, se procedió a realizar el diseño en el software de la impresora.

A continuación, detallaremos los resultados de estos diseños y las imágenes de las piezas posteriormente fabricadas.

1. La Catapulta



*Figura 16. Primer Diseño -La catapulta
Fuente. Los autores, 2021*

La figura 16, consta de once (11) piezas con ella se buscó que en los laboratorios de practica de Control de Tiempos y Movimientos, se lograra hacer una simulación de una línea de ensamblaje de una juguetería, siento esta catapulta una opción perfecta para ello, por su cantidad de piezas y por su mecanismo de ensamble.

Los diseños quedaron de la siguiente manera.

- Brazo de lanzamiento.

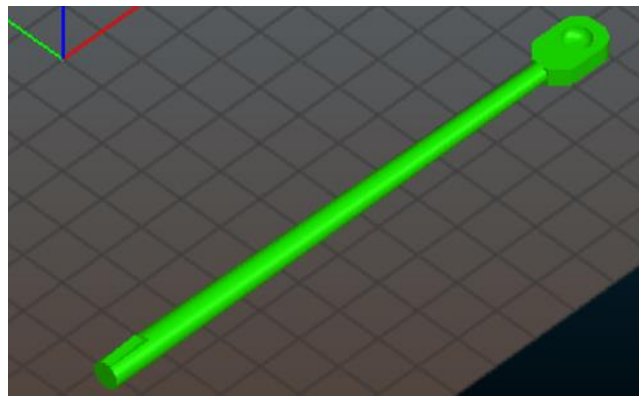


Figura 17. Brazo de lanzamiento
Fuente. Los autores, 2021

- Eje principal.



Figura 18. Eje Principal
Fuente. Los autores, 2021

- Marco izquierdo y marco derecho.

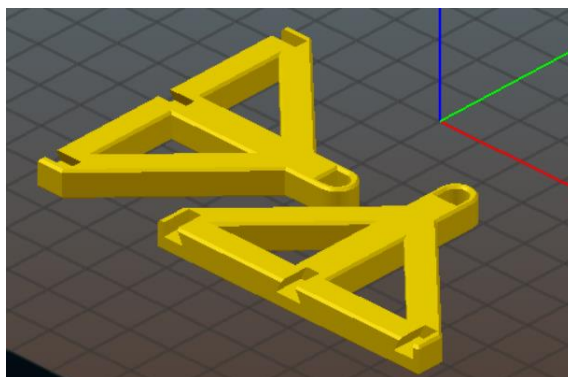


Figura 19. Marco izquierdo y marco derecho
Fuente. Los autores, 2021

- Transversales 1, 2 y 3.

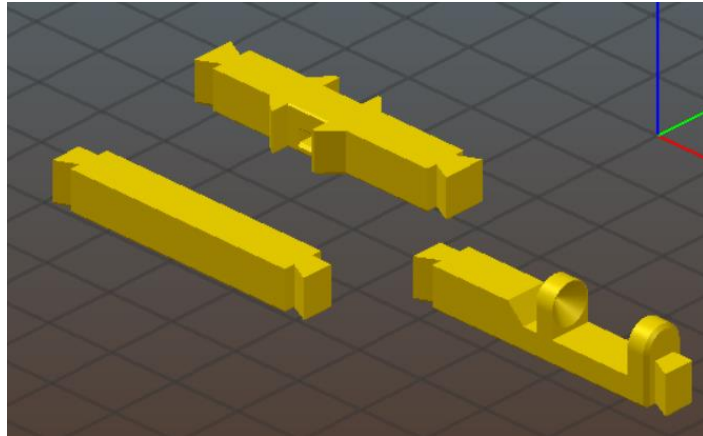


Figura 20. Transversales 1, 2 y 3
Fuente. Los autores, 2021

- Resorte.

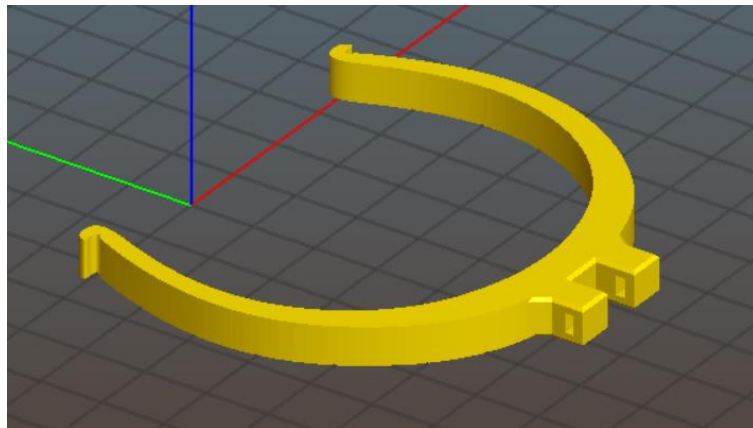


Figura 21. Resorte
Fuente. Los autores, 2021

- Engranaje.

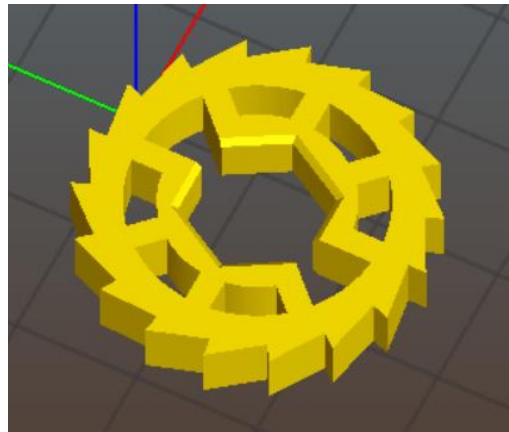


Figura 22. Engranaje
Fuente. Los autores, 2021

- Eje de conexión del resorte.

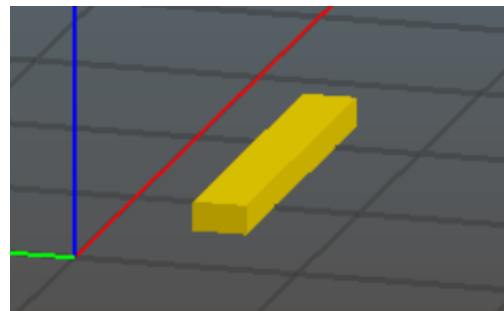


Figura 23 . Eje de conexion del resorte
Fuente. Los autores, 2021

- Disparador.

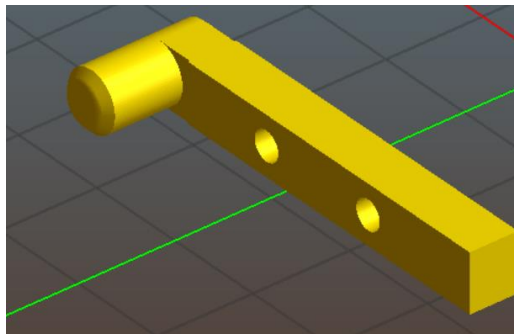


Figura 24. Disparador
Fuente. Los autores, 2021

A continuación, presentaremos los resultados luego de la fabricación con la impresora 3D.

Tabla 3. Especificaciones piezas de ensamble de la Catapulta

Pieza	Medidas	Imagen
Brazo de lanzamiento	Ancho: 167 mm Alto: 9 mm Profundidad: 13 mm	
Eje principal	Ancho: 11 mm Alto: 10 mm Profundidad: 46 mm	
Marco Izquierdo	Ancho: 64 mm Alto: 6 mm Profundidad: 47 mm	
Marco Derecho	Ancho: 64 mm	

Alto: 6 mm

Profundidad: 47 mm



Transversal 1

Ancho: 60 mm

Alto: 15 mm

Profundidad: 9 mm



Transversal 2

Ancho: 40 mm

Alto: 6 mm

Profundidad: 11 mm



Transversal 3

Ancho: 60 mm

Alto: 9 mm

Profundidad: 9 mm



Resorte	Ancho: 107 mm Alto: 9 mm Profundidad: 100 mm	
Engranaje	Ancho: 49 mm Alto: 9 mm Profundidad: 50.5 mm	
Eje de conexión del resorte	Ancho: 18 mm Alto: 1.5 mm Profundidad: 2.5 mm	
Disparador	Ancho: 64 mm Alto: 9 mm Profundidad: 20.5 mm	

2. Mini Turbina de Agua

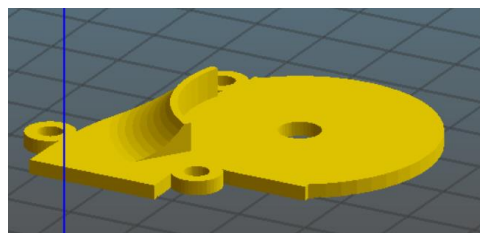


*Figura 25. Segundo Diseño -Mini turbina de Agua
Fuente. Los autores, 2021*

La figura 25, fue seleccionada debido a su funcionalidad en el ámbito cotidiano, además de su aplicación a los laboratorios se buscó una figura que evidenciara que las figuras realizadas con impresora 3D, tiene en aplicabilidad en otras áreas además de la educativa.

A continuación, se muestra los resultados del diseño de sus cuatro (4) piezas.

- Tapa.



*Figura 26. Tapa
Fuente. Los autores, 2021*

- Ducto.

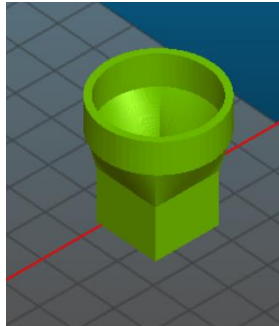


Figura 27. Ducto
Fuente. Los autores, 2021

- Housing.

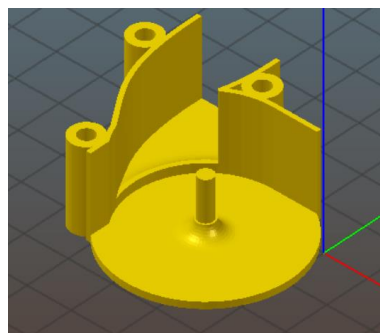


Figura 28. Housing
Fuente. Los autores, 2021

- Rotor.

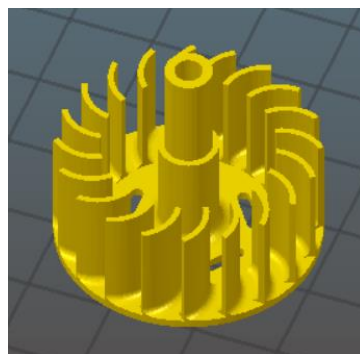





Figura 29. Rotor
Fuente. Los autores, 2021

Los resultados de la fabricación de la mini turbina de agua son los siguientes.

Tabla 4. Especificaciones piezas de ensamble de Mini Turbina de Agua

Pieza	Medidas	Imagen
Tapa	Ancho: 77 mm Alto: 9 mm Profundidad: 68 mm	
Ducto	Ancho: 28 mm Alto: 31 mm Profundidad: 28 mm	
Housing	Ancho: 51 mm Alto: 18.5 mm Profundidad: 45 mm	
Rotor	Ancho: 30 mm Alto: 26 mm	

Profundidad: 30 mm



Fuente. Los autores, 2021

3. Sistema de Engranaje



Figura 30. Tercer Diseño -Sistema de engranaje

Fuente. Los autores, 2021

El sistema de engranajes fue elegido además de las razones antes expuestas, por la complejidad del diseño, buscando evaluar la capacidad de definir detalles finos de la impresora 3D usada, teniendo en cuenta que no siempre se utilizara para piezas grandes o con detalles sencillos, sino que, se utilizara con figuras que requieran de una gran precisión.

A continuación, los siete (7) diseños de esta figura.

- Pista.

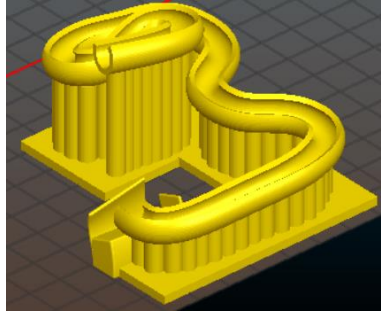


Figura 31. Pista

Fuente. Los autores, 2021

- Engranajes.



Figura 32. Engranajes

Fuente. Los autores, 2021

- Engranaje de elevación.

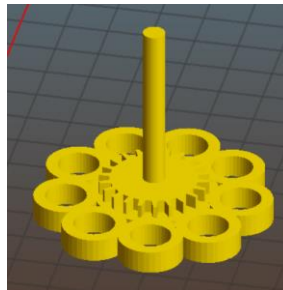


Figura 33. Engranaje de elevación

Fuente. Los autores, 2021

- Base.

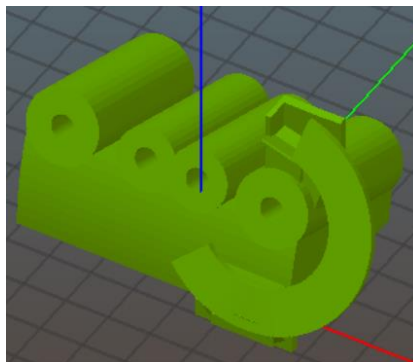
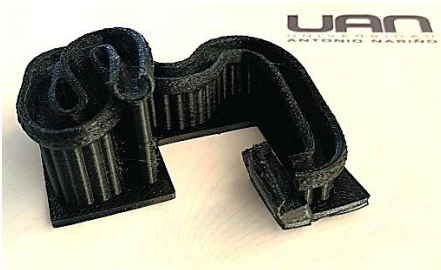



Figura 34. Base

Fuente. Los autores, 2021

Los resultados de la fabricación arrojaron un resultado sobresaliente, y la capacidad de construcción de la impresora con precisión en los detalles es importante.

Tabla 5. Especificaciones piezas de ensamble de Sistema de Engranaje

Pieza	Medidas	Imagen
Pista	Ancho: 73 mm Alto: 41 mm Profundidad: 79 mm	
Engranajes		

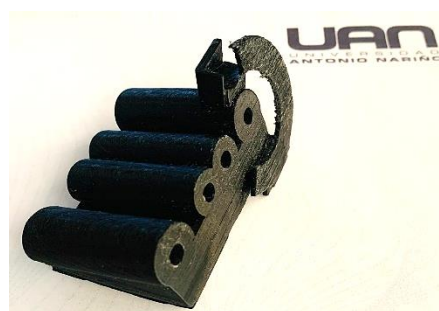
Engranaje de elevación

Ancho: 54 mm
Alto: 46 mm
Profundidad: 53 mm



Base

Ancho: 83 mm
Alto: 48 mm
Profundidad: 51 mm



Fuente. Los autores, 2021

Etapa 3. Documentar los procedimientos requeridos para el diseño de figuras, guía de laboratorio de toma de tiempos y movimientos y guía de uso de impresora UNIMAT UNI PRINT 3D.

Guía para diseño de figuras.

Se realizó una guía con gráficos, del proceso paso a paso para realizar el diseño de una figura que a futuro será fabricada con impresora 3D.

Es te documento se realizó, a partir de la experiencia de los autores de este proyecto, para facilitar la experiencia de realizar un diseño de este tipo, y poder minimizar al máximo las dificultades que se puedan presentar en la fabricación de diseños para objetos 3D, para ello se diseñó la guía donde se encuentra el paso a paso y

los requerimientos para la fabricación de las figuras, las cuales se pueden ver en el Anexo 1.

Guía uso de la impresora *UNIMAT UNI PRINT 3D*

Este documento, es una continuación del anterior y como el anterior busca dar una experiencia más amena del proceso de fabricación de figuras con impresora 3D, es importante tener claras las especificaciones de nuestra impresora, y que el proveedor de la tecnología nos entregue la impresora 3D perfectamente instalada, minimizando de esta forma la cantidad de errores que se puedan cometer al momento de iniciar nuestra impresión de figuras. Esta guía sirve de parametrización para obtener un buen manejo y uso de la impresora, como herramienta aditiva fundamental en estos procesos el cual se puede consultar en el Anexo 2.

Guía de trabajo laboratorio toma de tiempos y movimientos.

Se realizó la documentación del documento guía para realizar una práctica de laboratorio de acuerdo con las figuras realizadas en este proyecto y buscando realizar una simulación de una línea de ensamble de la industria. La guía permite que tanto los docentes como los estudiantes tengan un instrumento donde se les permita la aplicación de prácticas con la ayuda de esta herramienta, el cual quedó plasmado en el anexo 3.

Conclusiones

Es necesario definir con anticipación los criterios y parámetros para el desarrollo del proyecto, con el fin de que garantice una efectividad dentro de la ruta definida para el desarrollo del mismo.

La impresora 3D como herramienta educativa, permite al docente ampliar las posibilidades en la práctica de planificar y diseñar las actividades que se van a llevar a cabo, ofreciendo a los estudiantes una mayor adquisición de nuevos conocimientos desarrollando nuevas habilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Esta tecnología permite desarrollar nuevas metodologías de aprendizaje siendo más dinámicas y prácticas. La impresora 3D le permite y da la facilidad a los estudiantes fabricar nuevos prototipos de diseños, adquiriendo conocimiento de su funcionamiento y aprendiendo a identificar las ventajas e inconvenientes de la misma.

Contar con elementos didácticos diseñados y fabricados por los estudiantes permite que su desarrollo de aprendizaje sea de forma teórico-práctico facilitando así la adquisición de conceptos vistos donde el estudiante promueve mejores habilidades y nuevos conocimientos.

Las figuras didácticas dentro de la asignatura de Organización y Métodos, específicamente en control de tiempos y movimientos proveen al docente y a los estudiantes, material tangible con el cual hacer prácticas efectivas de acuerdo con los conceptos vistos dentro de la asignatura. Tener figuras que pueden desarmarse y ensamblarse provee de una facilidad para simular una línea de ensamble industrial en la

cual se evalúan las buenas prácticas de tiempo y movimientos que se adquieren teóricamente.

Se encontró que la integración de la tecnología de fabricación aditiva a los procesos formativos es posible desde cualquier área del conocimiento inclusive muchos de los conceptos aplicados son interdisciplinarios y encajan perfectamente en los objetivos planteados por las instituciones de educación superior.

El desarrollo de estos tipos de proyectos permitirá dentro del proceso de formación del programa que los estudiantes apliquen desde la etapa de diseño y fabricación a través de estas herramientas conocimientos que han adquirido dentro de cada una de las asignaturas con el fin de fortalecer su proceso de formación esto le permitirá facilitar la interiorización del conocimiento impartido dentro de las aulas de clase.

Por último, los documentos guías y procedimientos con los cuales se concluye este proyecto entregan bases y antecedentes que soportan la importancia de la integración de la tecnología de fabricación aditiva en cualquier área de conocimiento a los procesos de educación en las instituciones de educación superior.

Recomendaciones

Implementar la introducción de la impresora 3D en los procesos de formación de los programas ya que esta tecnología permite una aplicabilidad efectiva buscando la excelencia perspectiva de los estudiantes a través del desarrollo creativo que les permita cumplir con las expectativas del mercado.

Se recomienda la aplicación de las impresoras 3D como una herramienta educativa de apoyo ya que tanto el docente como los estudiantes podrán ampliar sus posibilidades creativas a través de la practica permitiendo el fortalecimiento y los conocimientos adquiridos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Desarrollar nuevas metodologías de aprendizaje a través de la aplicación de esta herramienta aditiva facilitando a los estudiantes el diseño y fabricación de nuevos prototipos para ver la funcionabilidad y aplicabilidad dentro del sector productivo.

Bibliografía

- Adtech S.A. (2021). *Unimat UNI-PRINT-3D*. Obtenido de <https://www.adtechsa.com/thecooltool/cool-tool-uni-print-3d/>
- Aguilar, O. (2020). *Diseño asistido por computadora, AutoCad*. Obtenido de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m9/Manual_DE_AUTOCAD_V2020.pdf
- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (6 ed.). (M. G. Frías, Trad.) México, México: El Manual Moderno.
- Autycom. (17 de Abril de 2020). *Para qué sirve un PLC*. Obtenido de https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-plc/?doing_wp_cron=1613078584.4751338958740234375000
- Basco, A., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (Julio de 2018). *Industria 4.0 Fabricando el Futuro*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.18235/0001229>
- Beltrán, P., & Rodríguez, C. (2017). Modelado e impresión 3D como recursos didáctico en el aprendizaje de la Probabilidad. *Revista de Educación Matemática*, 34, 1. doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5908617>
- Esneca Business School. (9 de Octubre de 2019). *Qué es Autocad y para qué sirve*. Obtenido de <https://www.esneca.com/blog/que-es-autocad/>
- Hueso, A., & Cascant, J. (2012). *Metodología y Técnicas Cuantitativas de Investigación*. Universitat Politècnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/17004>
- Inzunza, O., Caro, I., Mondragón, G., Baeza, F., Burdiles, Á., & Salgado, G. (2015). Impresiones 3D, Nueva Tecnología que Apoya la Docencia Anatómica. 33(3). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000300059>
- Mizar. (14 de Julio de 2016). *Qué es la fabricación aditiva*. Obtenido de <http://mizaradditive.com/que-es-fabricacion-aditiva/#:~:text=La%20fabricaci%C3%B3n%20aditiva%2C%20o%20fabricaci%C3%B3n,controlada%20all%C3%AD%20donde%20es%20necesario>
- Orozco, F., Reyes, Y., & Olvera, A. (2017). Diseño y desarrollo de refacciones mecánicas para máquinas Tricotosa, utilizando tecnología de impresión 3D. *Revista Latinoamericana de Innovación Tecnológica, Ciencia y Sociedad* (3), 58. Obtenido de http://200.79.179.163/relitecs/descargables/ediciones/2017/Revista_Relitecs_2017.pdf
- Ortiz, K., Luna, H., Medina, J., & Soledispa, R. (16 de Junio de 2016). *Los beneficios de las impresoras 3D como herramientas de innovación en la medicina*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/06/3d.html>
- Osakue, E. (14 de Junio de 2015). *TEACHING SOLID MODELING WITH AUTOCAD*. Obtenido de

- https://www.asee.org/file_server/papers/attachment/file/0005/7999/Teaching_Solid_Modeling-AutoCAD2-Draft.pdf
- Peña, O. E. (30 de Junio de 2020). *Proyecto de diseño de piezas modeladas con una impresora 3D para la realización de practicas de laboratorio de las asignaturas de resistencias de materiales y estructuras en la ingeniería*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/328515>
- Ramírez, L., & Caviedes, A. (2017). Herramientas didácticas para el aprendizaje de química en la Tecnoacademia de Neiva con implementación de impresión en 3D. *Sena Sistema de Bilbliotecas*, 3. Obtenido de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/1538>
- Rodriguez, X. (Mayo de 2018). *Proyecto de diseño de piezas modeladas con una impresora 3D para la realización de practicas de laboratorio de las asignaturas de resistencia de materiales y teorias de estructuras*. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/126329/xavier.rodriguez.campillo_130960.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sackey, S., Bester, A., & Adams, D. (28 de Febero de 2017). *Industry 4.0 learning factory didactic desing parameters for industril*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.7166/28-1-1584>
- Sampaio, A., Cruz, C., & Martins, O. (11 de Enero de 2011). *Didactic models in civil engineering education: virtual simulation of construction works*. Obtenido de <https://www.intechopen.com/books/virtual-reality/didactic-models-in-civil-engineering-education-virtual-simulation-of-construction-works>
- Saorín, J., Cantero, J. d., Meier, C., Diaz, D., Ruiz, C., & de Leon, A. (2016). *Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnología de bajo coste. Caso practico de matrimonio fosil marino de Canarias*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5355/535554763006.pdf>
- Semana S.A. (2019). *Fábrica didáctica 4.0 y clínica inteligente, apuestas de Siemens Colombia. SEMANA S.A*. Obtenido de <https://www.semana.com/pais/articulo/cuales-son-las-nuevas-apuestas-de-siemens-en-el-pais/277852/>
- Skawiński, P., & Siemiński, P. (2017). The 3D Printer Farm – function and technology requirements and didactic use. *Mechanik*, 90(8-9). Obtenido de <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.8-9.117>
- Solmeclas. (28 de Agosto de 2019). *Tecnología 3D. Conoce sus funcionalidades y aplicaciones de futuro*. Obtenido de <https://solmeclas.com/tecnologia-3d-conoce-funcionalidades-aplicaciones-futuro/>
- Szulzk, C., Sidor , B., & Duda, A. (2014). *3D Printers- New possibilities in education*. Obtenido de <https://doi.org/10.12913/22998624/575>
- Vicente, S. (2018). *La impresión 3D como tecnología de uso general en el futuro*. Obtenido de <https://www.researchgate.net>

Anexos

Anexo 1. Guía para diseño de figuras

FORMATO GUIA PARA DISEÑO DE FIGURAS

NOMBRE DE LA LÚDICA	DURACIÓN	MATERIA
Diseño de figuras 3D para elaboración con tecnología de fabricación aditiva.	-	-

1. OBJETIVO

Realizar el diseño de figuras 3D mediante un software de diseño 3D para posterior elaboración con tecnología de fabricación aditiva.

2. RECURSOS

Para el desarrollo de la presente guía de trabajo se necesitarán los siguientes recursos:

Recursos Materiales:

PARA EL DISEÑO DE UNA FIGURA		
Cantidad	Elementos Set de Mecanismos Simples y Motorizados de Lego	Imagen
1	Computador	-
1	Software de diseño	-

Nota: Las piezas anteriormente descritas son las necesarias para un (1). Se debe tener clara cual es la figura que se quiere fabricar con la impresora 3D, también tener presente que dicha figura no debe superar las dimensiones máximas a las cuales trabaja la impresora 3D que utilizaremos. Para el diseño de la figura seleccionada que puede utilizar cualquier software de diseño 3D, sin embargo, el software de diseño, que usaremos para esta guía es AUTOCAD 3D, esto debido a que, la Universidad cuenta con la licencia y en la asignatura de dibujo por computador nos enseñan a realizar diseños en este software.

3. METODOLOGIA

1. Para este ejemplo vamos a diseñar el logo de la Universidad con las siguientes especificaciones.



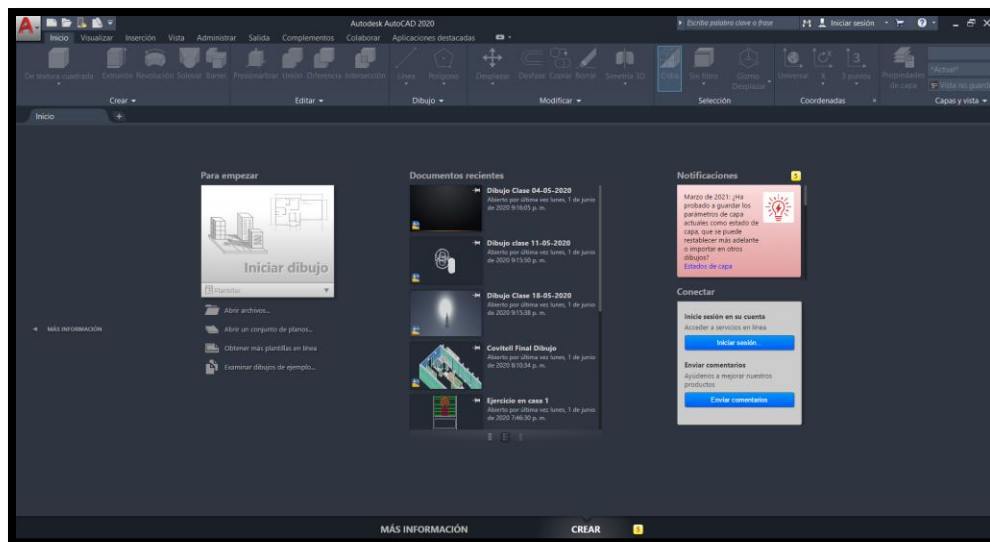
Como se mencionó en las notas anteriores se debe tener en cuenta las dimensiones máximas de trabajo de la impresora 3D con la cual vamos a realizar el proceso de fabricación, para este caso, las medidas para este diseño serán.

Altura: 30 mm

Ancho: 50 mm

Largo: 165 mm

2. Abrir el software de diseño.



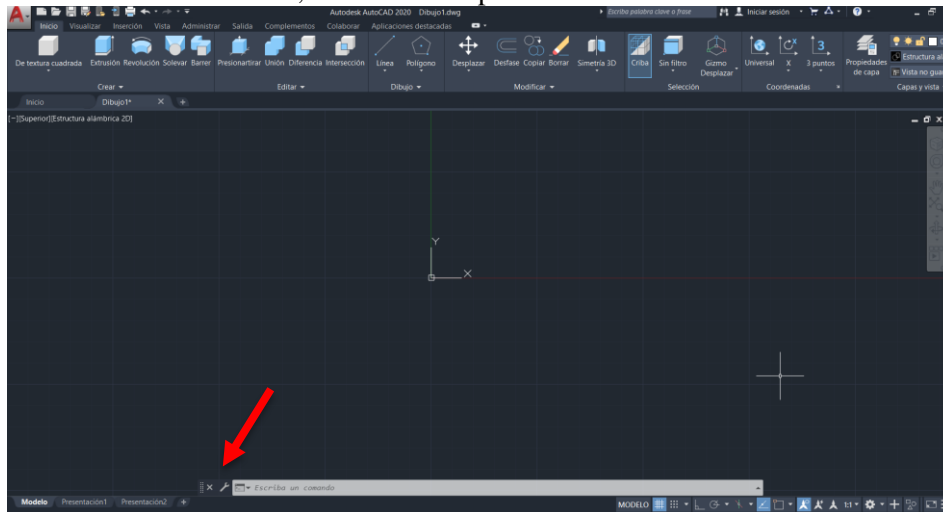
3. Dar click en iniciar dibujo.

4. Es importante tener en cuenta el centro de la hoja de dibujo y hacer lo más centrado posible nuestro diseño, teniendo en cuenta que las medidas dadas inicialmente no se excedan por falta de centrar nuestro dibujo.

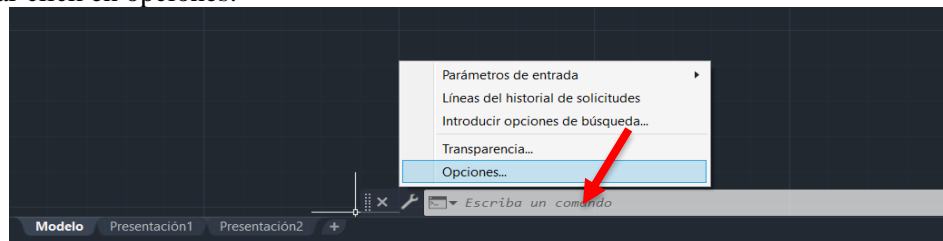


5. Secuencia para seleccionar las unidades de medida de nuestro diseño, para este ejemplo serán milímetros.

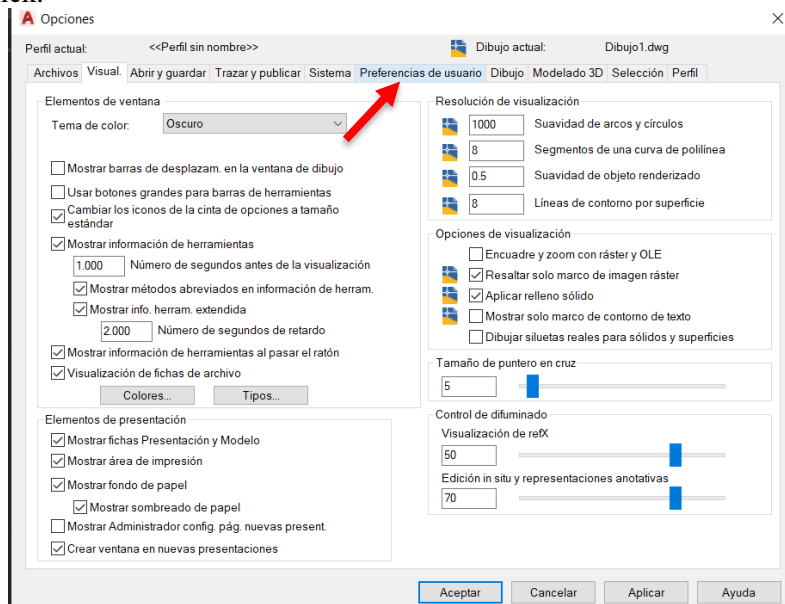
- a. En la barra de herramientas, se da click en personalizar.



- b. Dar click en opciones.

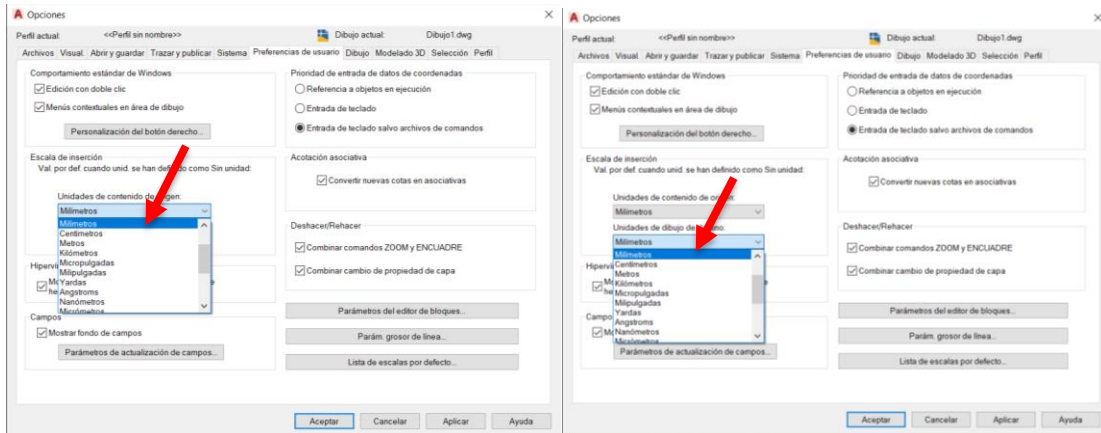


- c. En la ventana emergente ubicamos en la parte superior la pestaña preferencias de usuario y le damos click.

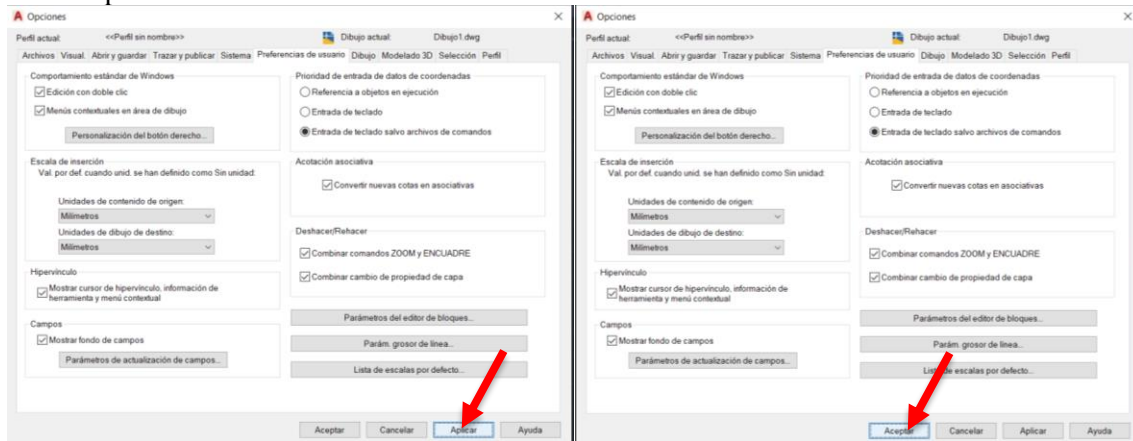


- d. En la categoría escala de inserción buscamos el desplegable de nombre escala de contenido de origen y seleccionamos la unidad de medida que para nuestro ejemplo es milímetros.

Luego ubicamos el desplegable de nombre unidad de dibujo de destino y también seleccionamos milímetros.

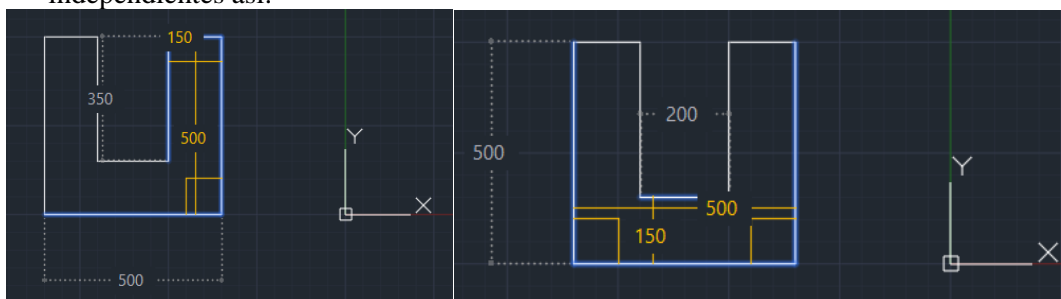


e. Paso siguiente, damos click en la parte inferior derecha en el icono aplicar y luego en el icono aceptar.

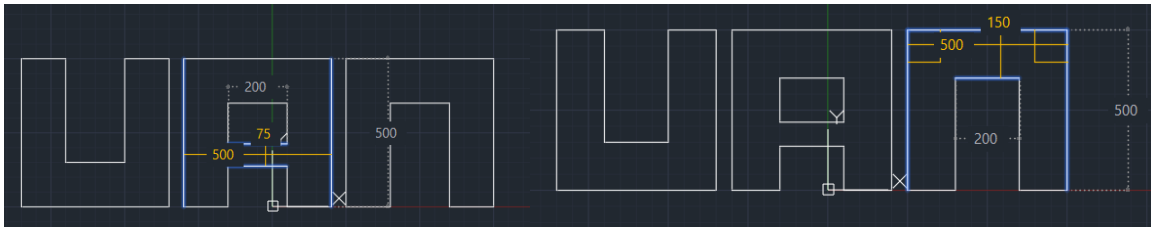


f. A continuación, ya estamos listos para realizar nuestro diseño 3D, como nuestro ejemplo se divide en tres letras, las haremos por separado de la siguiente forma.

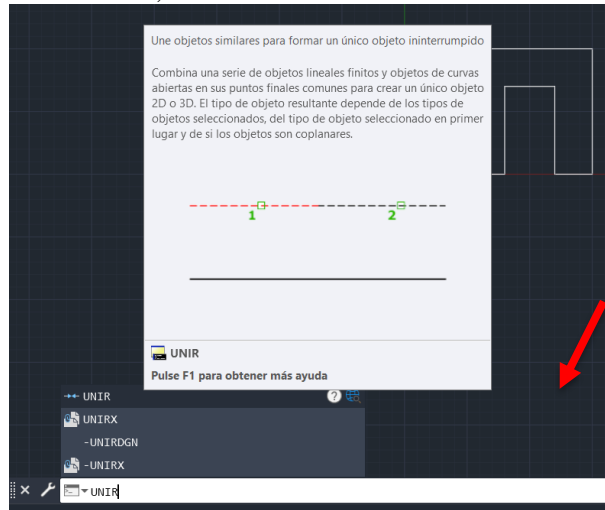
- Teniendo en cuenta las especificaciones dadas en un inicio, dejaremos una separación entre letras del logo de 5 mm para luego unir las y que nos quede una sola figura.
- Iniciando por la U la realizaremos con formas rectangulares, iniciando con líneas independientes así.



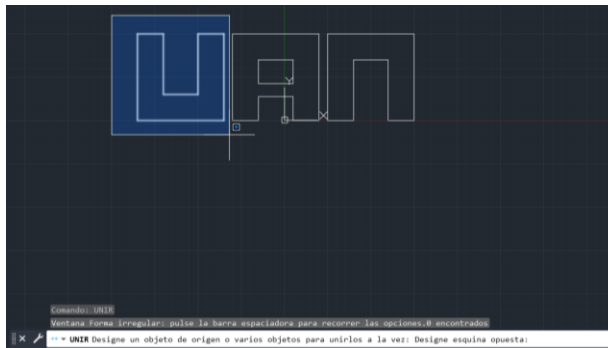
- Continuamos de igual forma con las letras A y N.



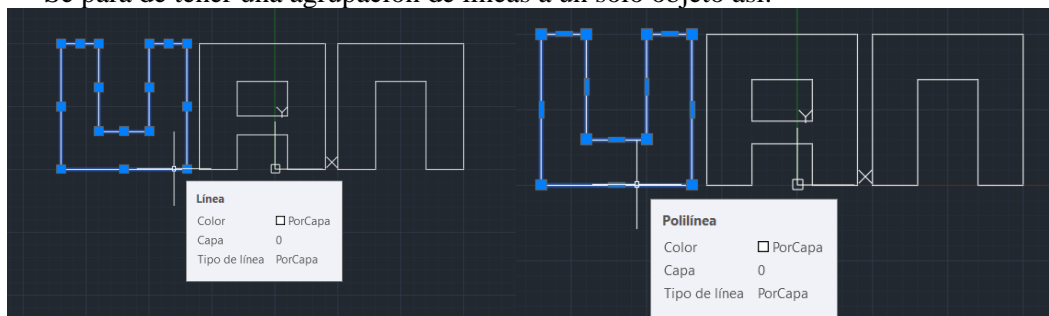
- Luego de tener las letras en formas rectangulares, le damos al comando unir y convertimos en una solo solido cada letra, así.



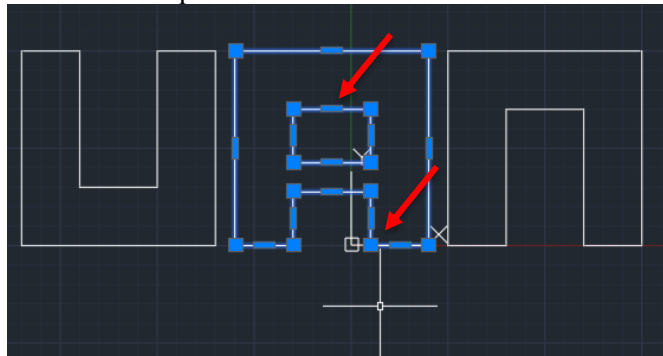
- Se selecciona la letra U en su totalidad dando click en la esquina superior izquierda, luego se arrastra el cursor hasta la esquina inferior derecha de la letra, se da click y luego se da Enter así.



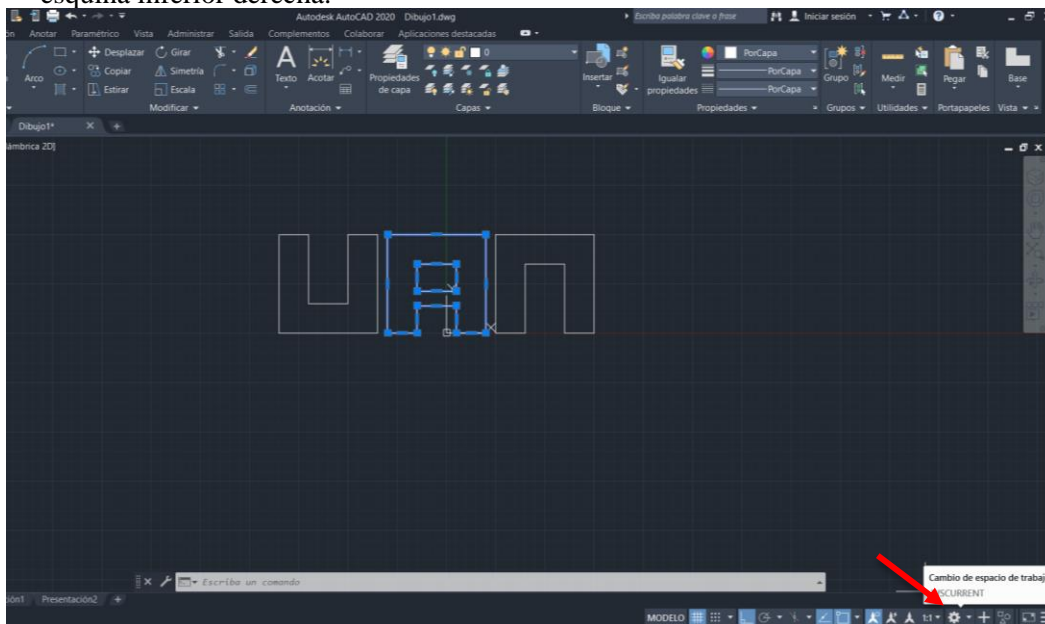
- Se para de tener una agrupación de líneas a un solo objeto así.



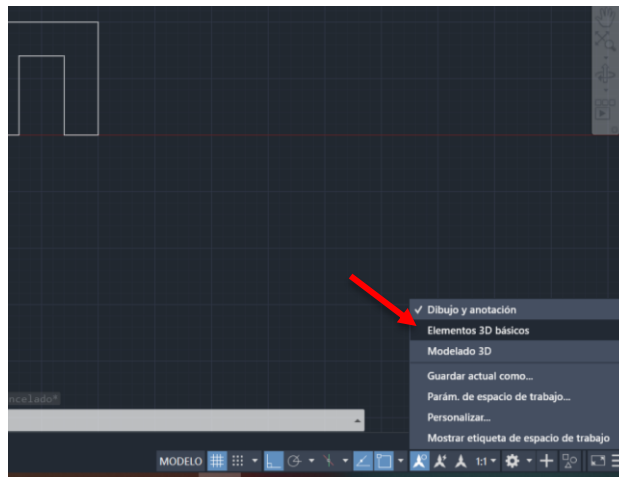
- Luego realizamos el mismo proceso para las otras dos letras. Teniendo en cuenta que la letra A quedaría constituida en 2 polilíneas distintas así.



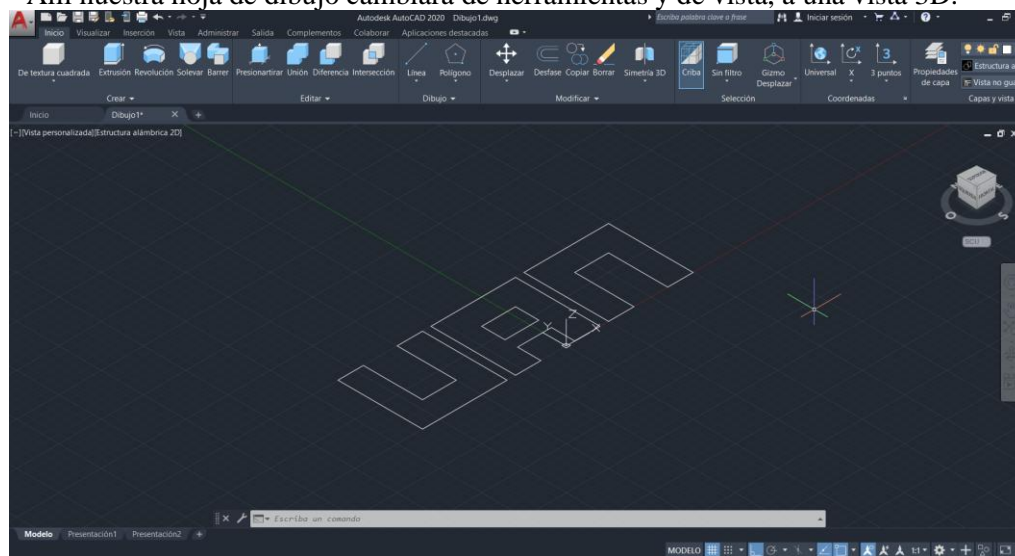
- Paso siguiente pasar a nuestro tablero de trabajo 3D dando click en configuración en la esquina inferior derecha.



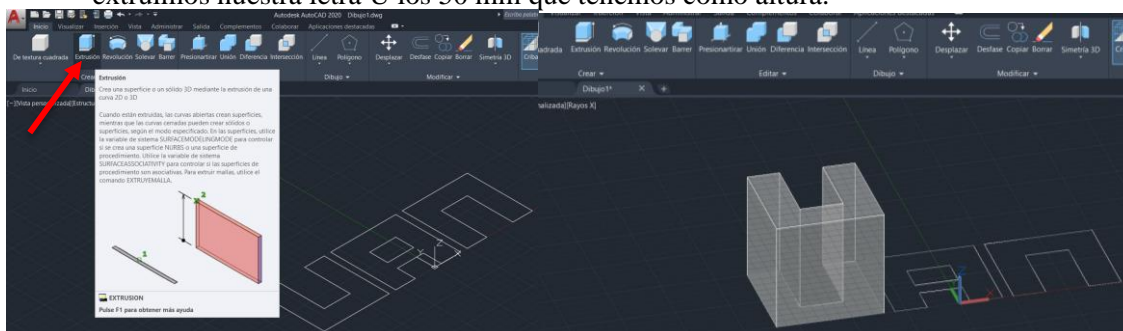
- En el desplegable elegimos la opción elementos 3D básicos.



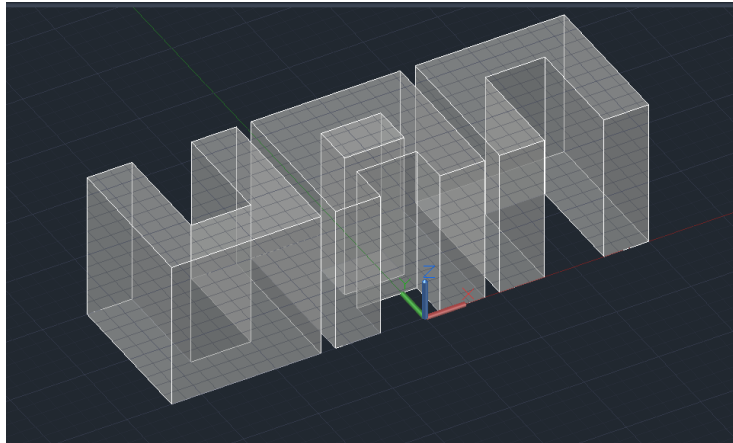
- Allí nuestra hoja de dibujo cambiara de herramientas y de vista, a una vista 3D.



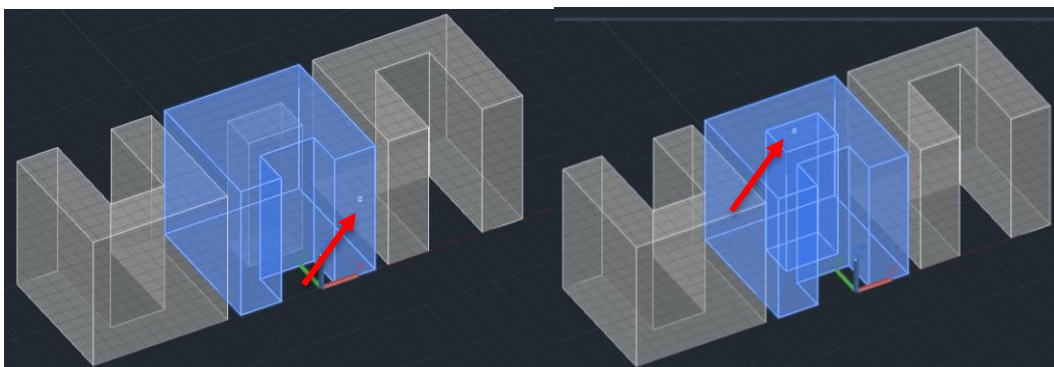
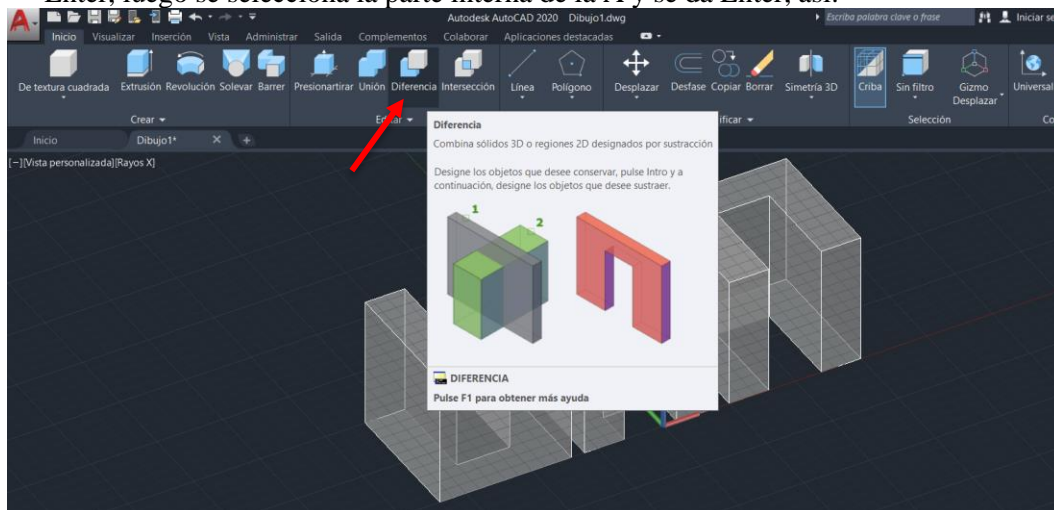
- Luego le vamos a dar la opción extrusión que se encuentra en la parte superior izquierda y extruimos nuestra letra U los 50 mm que tenemos como altura.

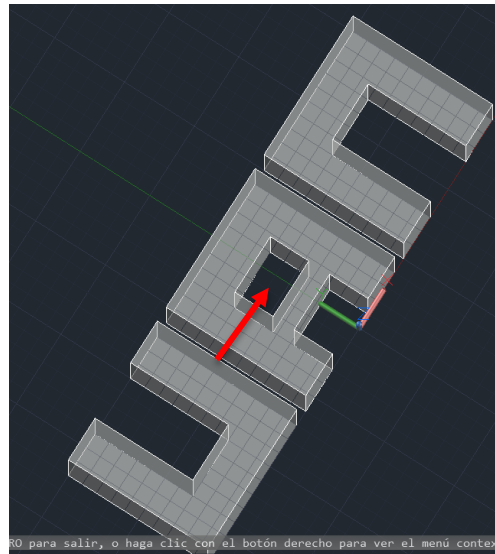


- Hacemos los mismos pasos para los otros objetos.

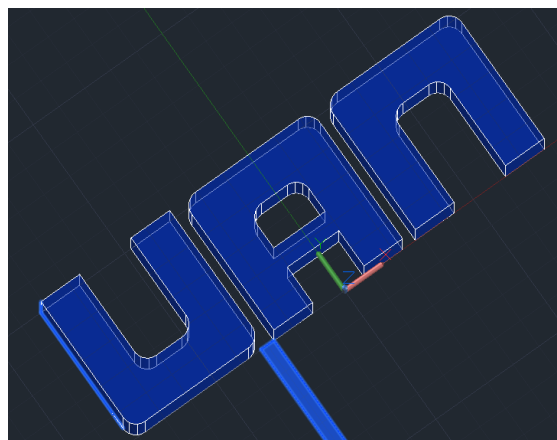
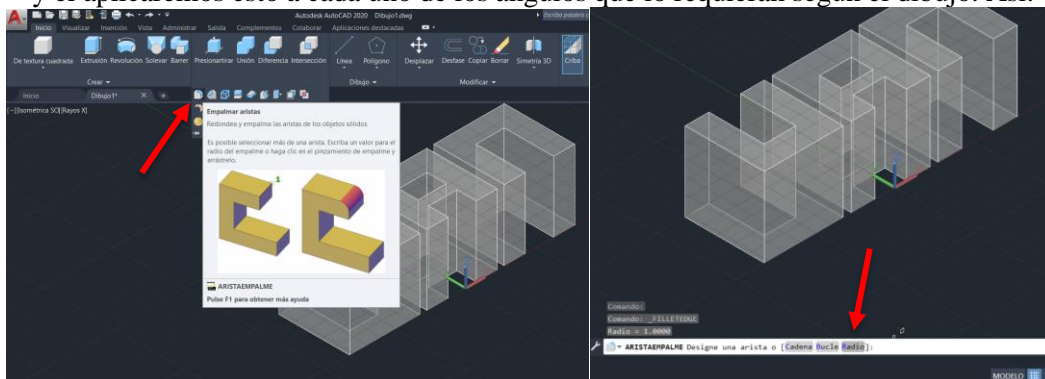


- Ahora para realizar la parte hueca de la A, seleccionamos la opción diferencia que se encuentra en la parte central superior, se selecciona primero la parte externa de la A, se da Enter, luego se selecciona la parte interna de la A y se da Enter, así.





- Ahora, si observamos bien, las letras del logo de la Universidad son redondeados, para ello utilizaremos el comando empalmar aristas con un valor de radio para este ejemplo de 5 mm y el aplicaremos esto a cada uno de los ángulos que lo requieran según el dibujo. Así.

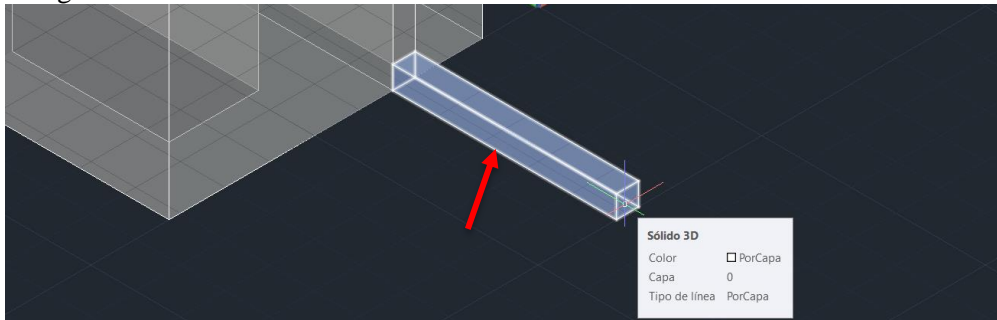


- Ya cuando tenemos nuestras letras como objetos sólidos, procedemos a unir las con laminas de las siguientes medidas.

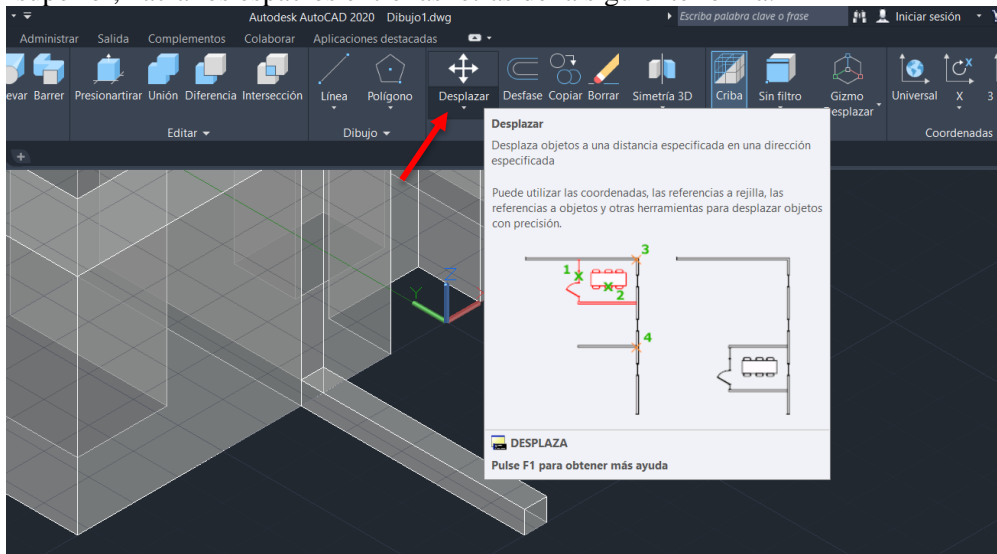
Ancho: 40 mm

Alto: 5 mm

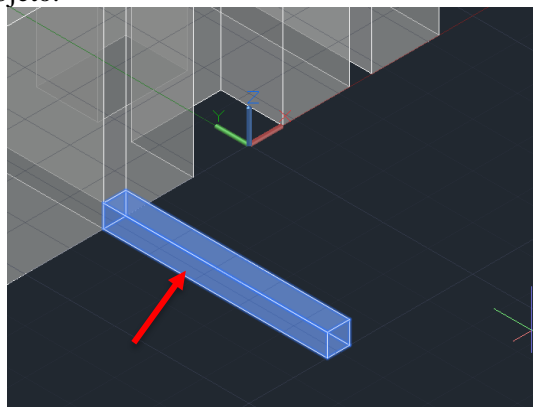
Largo: 5 mm



- Luego las desplazamos con el comando **desplazar** que se encuentra en la parte central superior, hacia los espacios entre las letras de la siguiente forma.



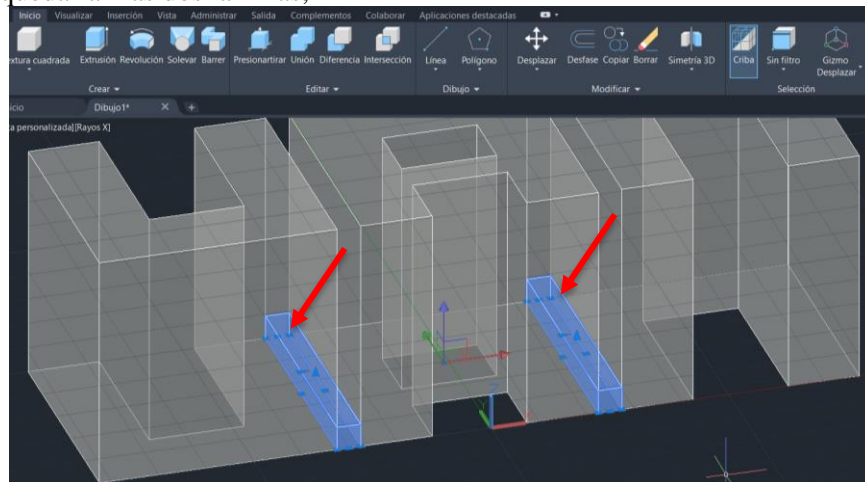
- Se selecciona el objeto.



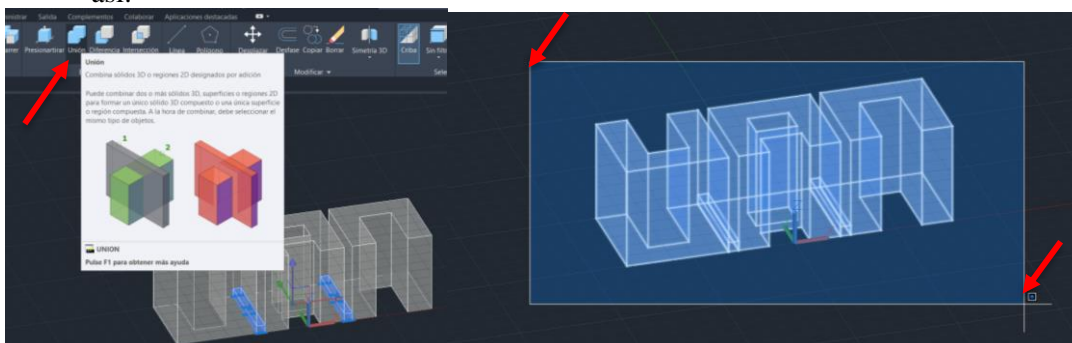
- Se toma el punto de referencia de la lámina y luego se selecciona el punto a donde se desea desplazar así.



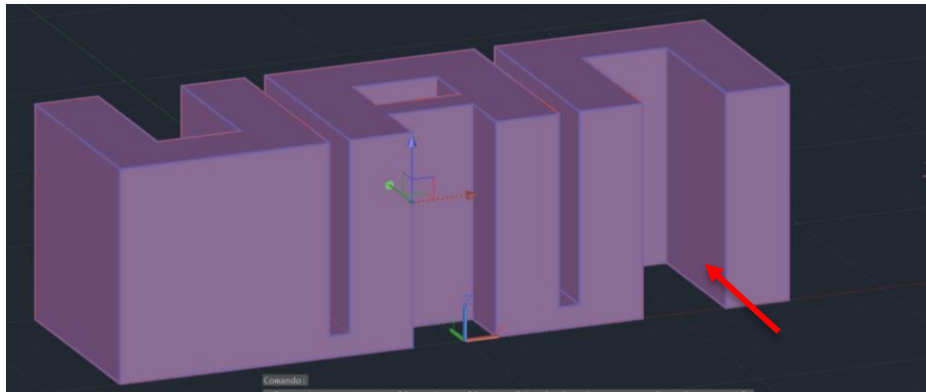
- Así quedarían las dos laminas,



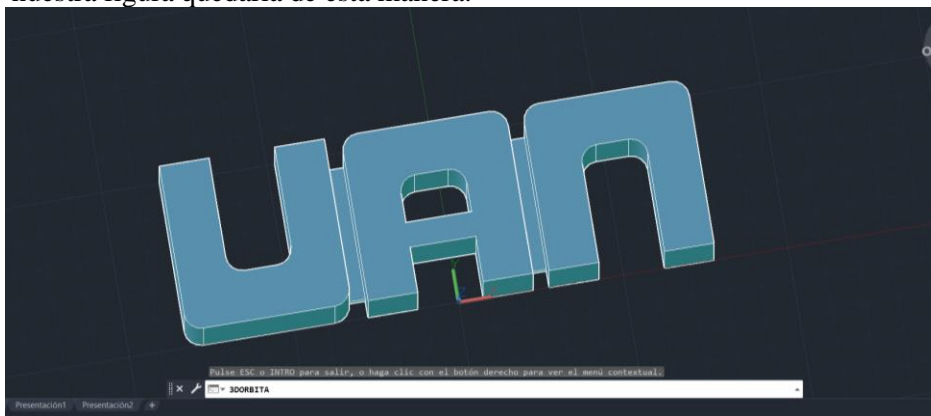
- Paso seguido seleccionamos el comando unión que se encuentra en la parte central superior, seleccionamos todos nuestros objetos dando click en la esquina superior izquierda del dibujo y arrastramos a la esquina inferior derecha de nuestro dibujo, damos click allí y luego Enter, así.



- Obtendríamos un solo objeto solido unido por las láminas insertadas.



- Y nuestra figura quedaría de esta manera.



- Por último, guardamos nuestra figura como un archivo .DWG.
- Así finalizamos este documento guía para el diseño de una figura para posteriormente ser fabricada mediante tecnología de fabricación aditiva.

4. CONCLUSIONES

Este documento parte desde un conocimiento básico del software, teniendo en cuenta que dentro del pensum académico de la universidad está el estudio del mismo en la asignatura de Dibujo por Computador.

El procedimiento es el mismo, a pesar de que cambie la figura que se desea diseñar, primero crearlo con líneas, en formas básicas geométricas, luego volverlo sólido e ir modificando de tal manera que quede como lo estipulamos al principio.

Asignar colores a los sólidos que queremos realizar genera un aspecto visual, pero no influye en la fabricación porque allí depende del color del material utilizado.

Anexo 2. Guía para uso de la impresora Unimat UNI-PRINT-3D

FORMATO GUIA PARA EL SUO DE LA IMPRESORA UNIMAT UNI-PRINT-3D

NOMBRE DE LA LÚDICA	DURACIÓN	MATERIA
Uso de la impresora UNIMAT UNI-PRINT-3D	-	-



5. OBJETIVO

Brindar una guía para el uso de la impresora UNIMAT UNI-PRINT-3D.

6. RECURSOS

Para el desarrollo de la presente guía de trabajo se necesitarán los siguientes recursos:

Recursos Materiales:

PARA EL USO DE LA IMPRESORA 3D		
Cantidad	Elementos Set de Mecanismos Simples y Motorizados de Lego	Imagen
1	Impresora Unimat UNI-PRINT-3D	
1	Software Slic3r	

Nota: Ser parte de la premisa, que el ensamble de la impresora ya ha sido hecho con antelación y ya está lista para encenderse. Los elementos que trae desde fabrica la impresora son para utilizarse en la medida en que se va imprimiendo figuras.

Cantidad	Elementos
1	Espátula
1	Pinza de precisión
1	Cortador de Filamento

1	Rollo de Filamento PLA de 1.75 mm de diámetro
---	---

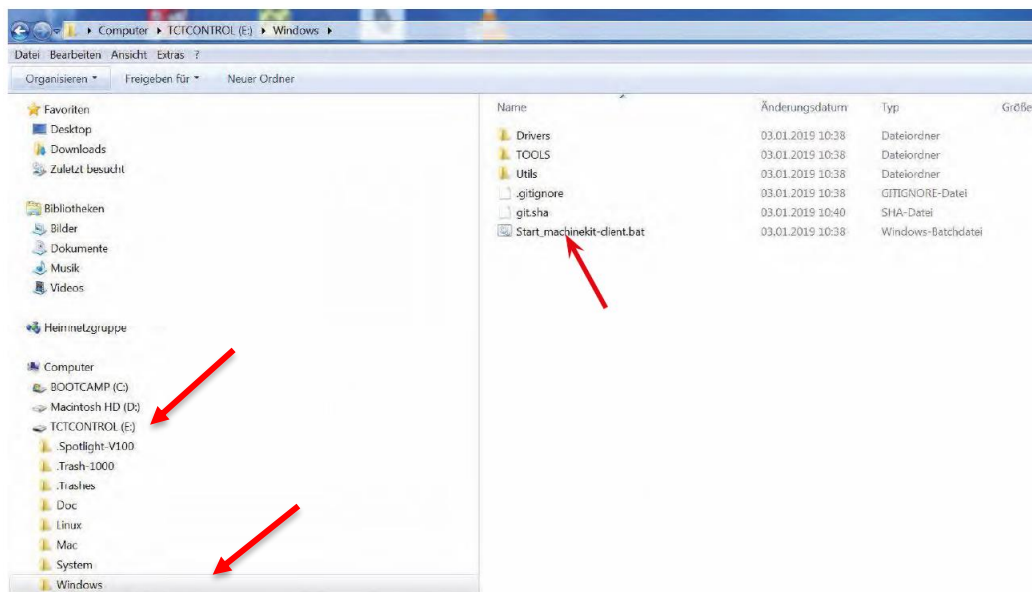
7. METODOLOGIA

La guía de trabajo impresora 3D, se desarrollará de la siguiente manera.

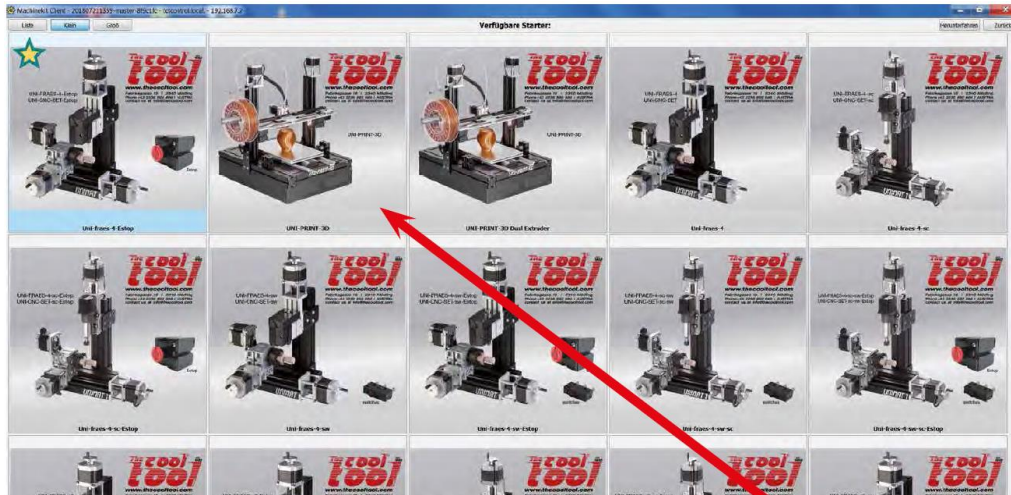
1. Por recomendación de los autores de este documento, se debe verificar la adecuada conexión de cada uno de los cables de la impresora y del disco duro de la impresora.
2. Conectar la impresora y el disco duro TCT CONTROL a una fuente de energía.
3. Encender, activando los botones respectivos en cada uno de los elementos.



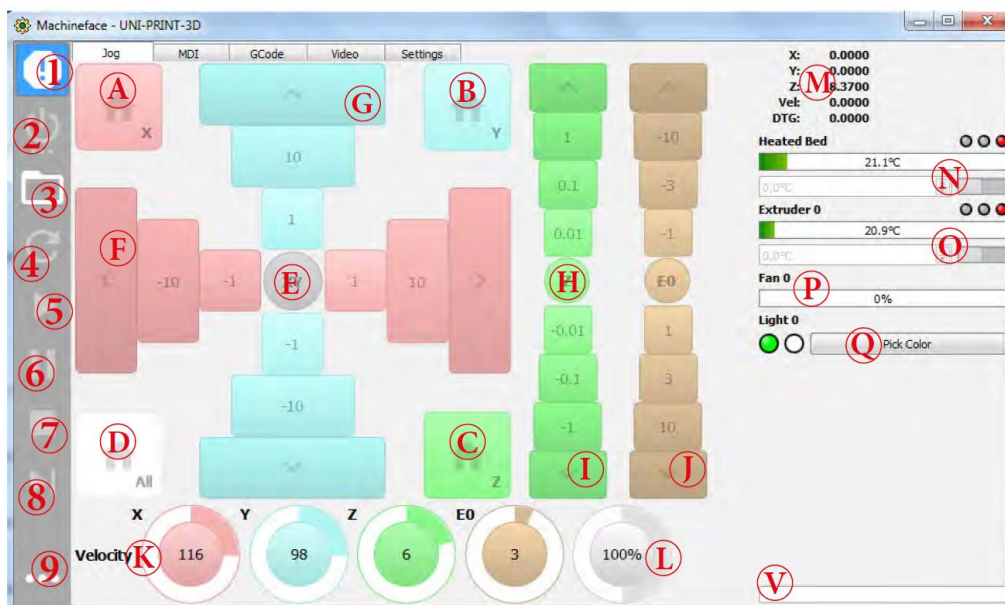
4. Al encender, conectamos nuestro computador a la impresora mediante el cable USB. En seguida luego de reconocer la conexión, podremos acceder a la carpeta del controlador, en la cual encontraremos la aplicación de tablero de control de la impresora.



5. Seguido a esto se abrirá una pantalla donde encontraremos todas las opciones de equipos suministrados por los fabricantes, lo que debemos es escoger la imagen de nuestra impresora, así.



6. Luego de seleccionar la imagen se abrirá el tablero de control de nuestra impresora.

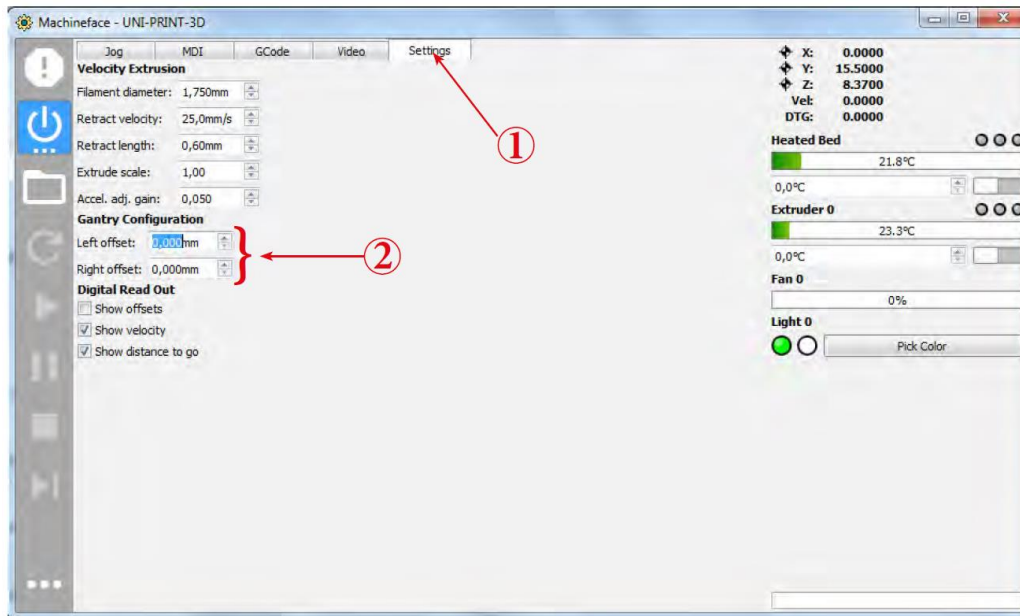


En la pantalla principal encontraremos los siguientes ítems:

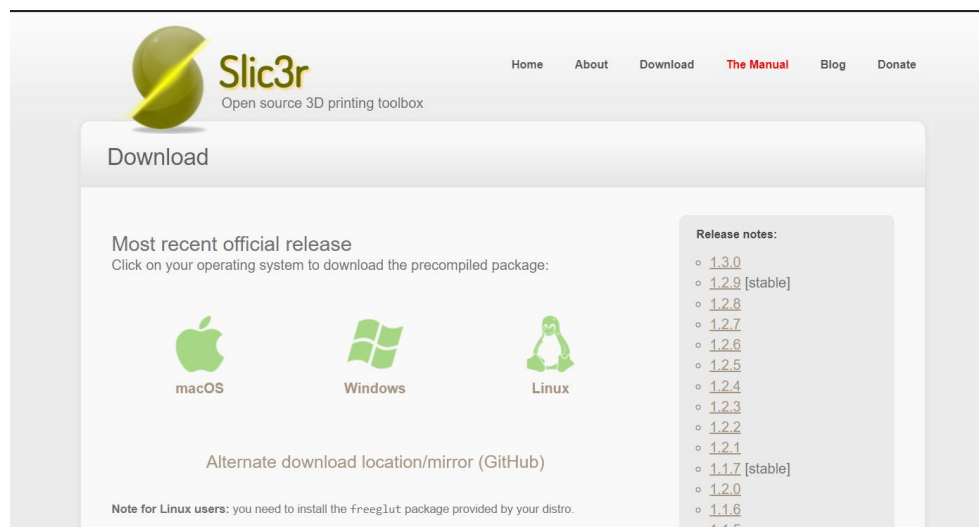
- 1) Botón de encendido y apagado del tablero de control.
- 2) Botón de encendido y apagado de la Impresora.
- 3) Icono para abrir archivos.
- 4) Icono para cargar el ultimo archivo que se utilizó.
- 5) Botón de inicio de impresión.
- 6) Botón de pausa de impresión.

- 7) Botón de detener la impresión.
- 8) Botón de salto de selección. (se usa cuando se imprime secuencialmente)
- A) Botón que ordena al cabezal de inyección tomar un punto en el eje X.
- B) Botón que ordena al cabezal de inyección tomar un punto en el eje Y.
- C) Botón que ordena al cabezal de inyección tomar un punto en el eje Z.
- D) Botón que ordena al cabezal de inyección tomar la posición 0 en los ejes X, Y, y Z en conjunto.
- E) Este botón hace que el cabezal tome los valores 0 para X y Y, manteniendo el valor de Z actual.
- F) Controlador de movimiento en el eje X, bien sea en forma negativa o positiva del eje trazado.
- G) Controlador de movimiento en el eje Y, bien sea en forma negativa o positiva del eje trazado.
- H) Este botón despliega un submenú en el que encontramos la opción de cambiar la posición 0 del eje Z o la opción de elegir un Z de inicio con respecto a la plancha de trabajo, lo cual se llama Tocar eje Z.
- I) Controlador de movimiento en el eje Z, es decir la altura, bien sea hacia arriba o hacia abajo del eje trazado.
- J) Este botón nos da la posibilidad de extruir o retraer nuestro filamento.
- K) En esta área encontramos los controladores de velocidad de movimiento del cabezal de inyección en cada uno de los ejes y la velocidad de ingreso del filamento al inyector.
- L) Controlador de velocidad general del proceso.
- M) Cuadro de coordenadas de posicionamiento del cabezal de inyección y velocidad.
- N) Controlador de temperatura de la plancha de trabajo.
- O) Controlador de temperatura del cabezal de inyección.
- P) Controlador de velocidad del ventilador de refrigeración.
- Q) Controlador del led de impresión.
- V) Aquí aparece el nombre del archivo en proceso de impresión y el porcentaje de avance.



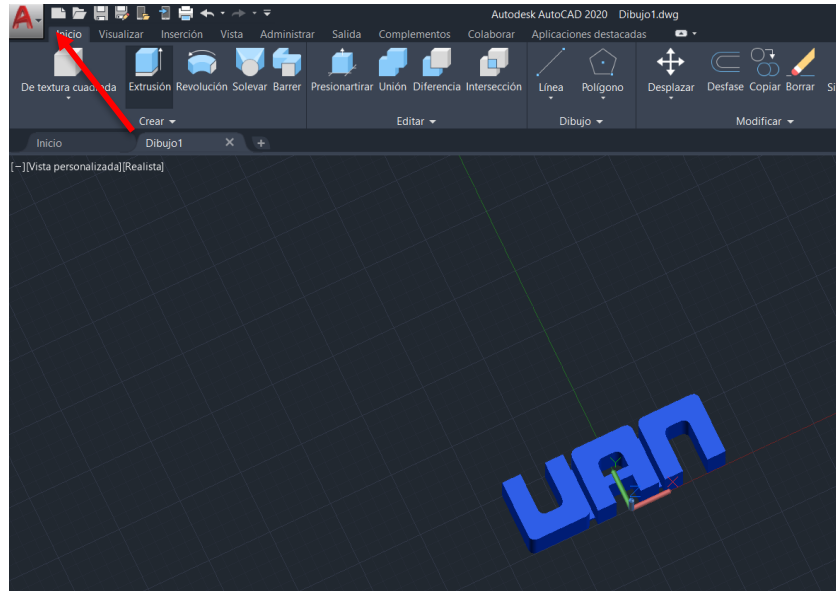


7. Paso siguiente, en la parte superior oprimimos el botón de encendido del tablero de control y vamos a la pestaña de ajustes.
8. Aquí se debe verificar que los datos por defecto coincidan con los parámetros reales de trabajo, específicamente el diámetro del filamento de trabajo y que en el área de compensación de altura de izquierda y derecha estén con valor de 0, partiendo de la premisa de un adecuado ensamble de las partes de la impresora.
9. Ahora, antes de encender la impresora y asignarle parámetros de trabajo debemos descargar el programa Slic3r el cual cumple la función de convertir nuestro diseño al lenguaje de trabajo de la impresora. Este programa se puede descargar desde el siguiente enlace. <https://slic3r.org/download/>.

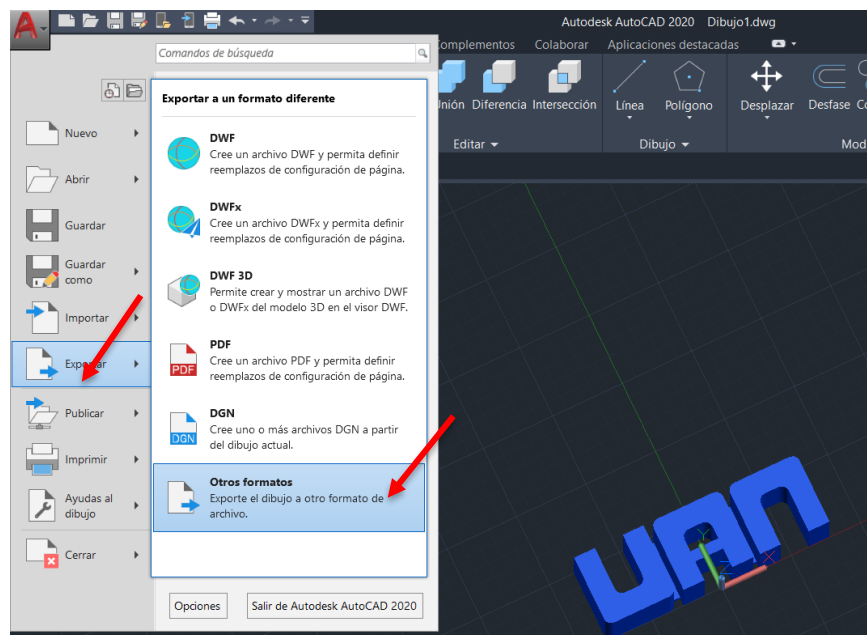


En esta página web podemos elegir descargar el programa dependiendo las especificaciones de nuestro computador.

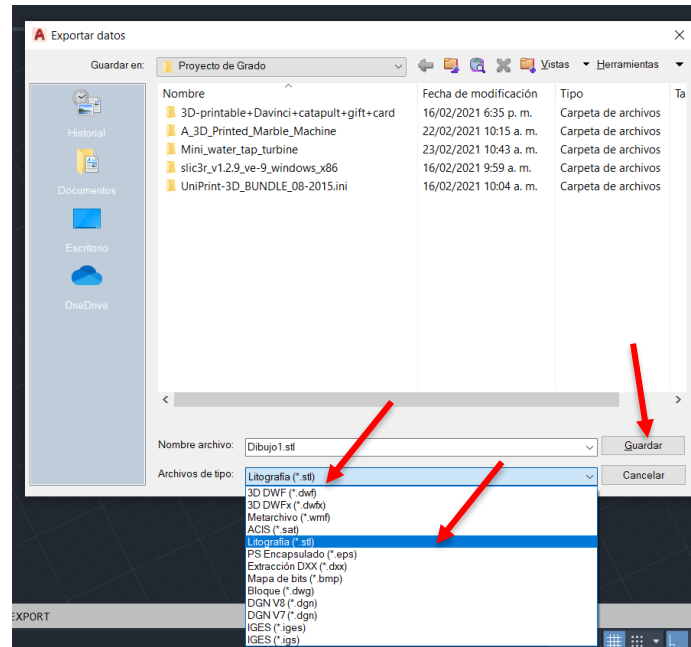
10. Luego de instalarlo, tomamos nuestro archivo de dibujo DWG, y lo abrimos con el programa AUTOCAD, paso siguiente, en la esquina superior izquierda encontramos el logo del programa, lo seleccionamos.



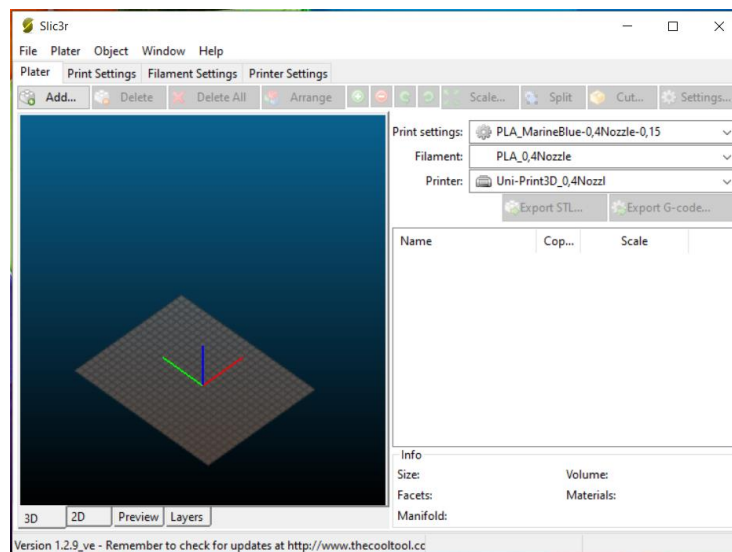
11. Al seleccionamos se abre un desplegable en el cual encontraremos el botón exportar, y en la ventana emergente seleccionamos la opción otros formatos, así.



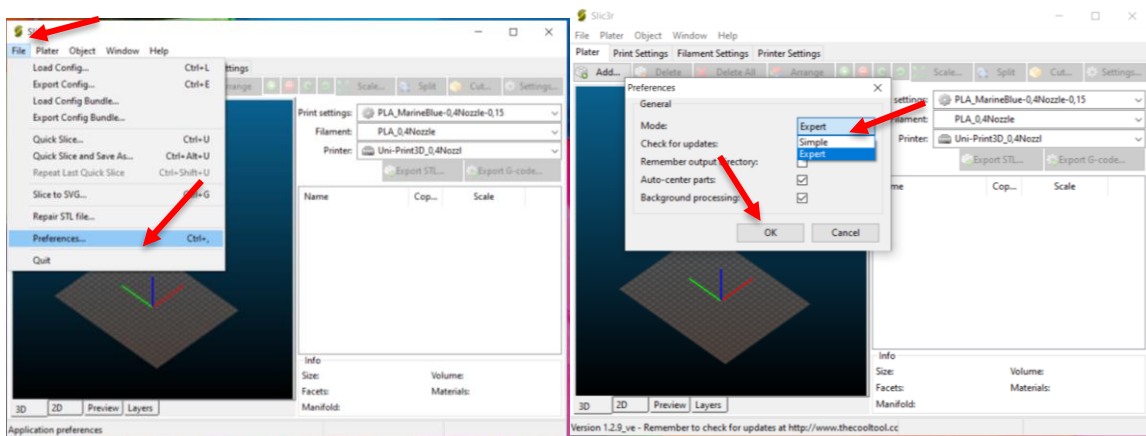
12. En la ventana emergente elegimos una carpeta donde guardaremos el nuevo archivo y elegiremos en tipo de archivo STL y elegimos la opción Guardar.



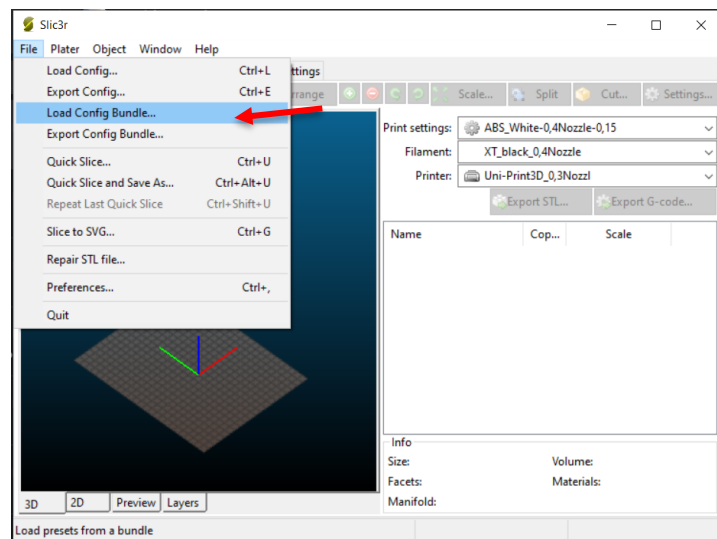
13. Luego abrimos nuestro programa Slic3r.



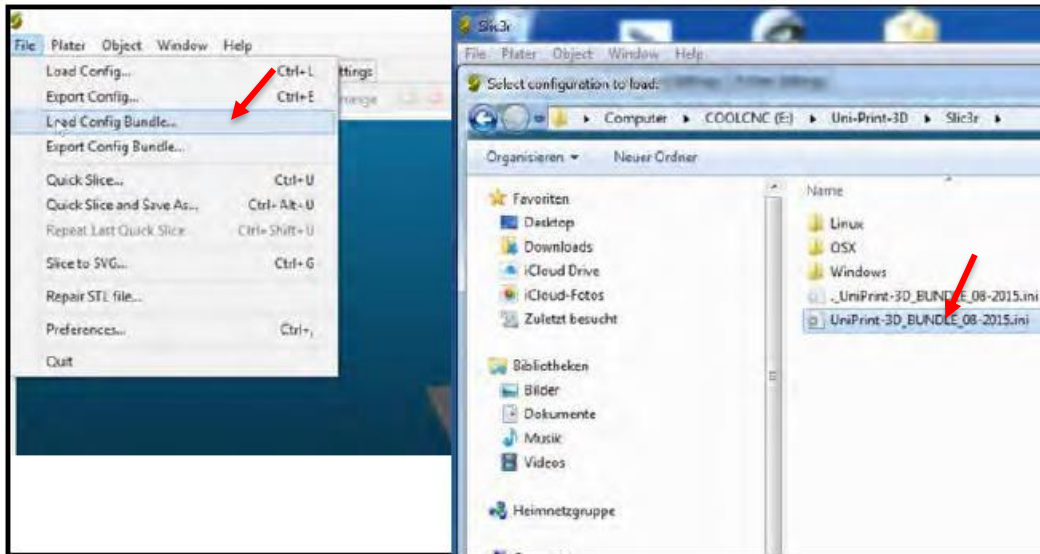
14. Vamos a la pestaña File la seleccionamos, del desplegable elegimos la opción Preferences y se abrirá una ventana emergente en la cual seleccionamos en Mode Expert y le damos click en OK.



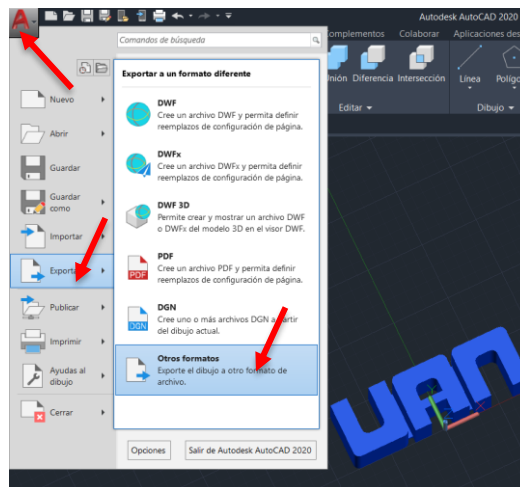
15. Ahora, vamos a la opción Load Config Bundle... la cual se encuentra en la pestaña File y la seleccionamos.



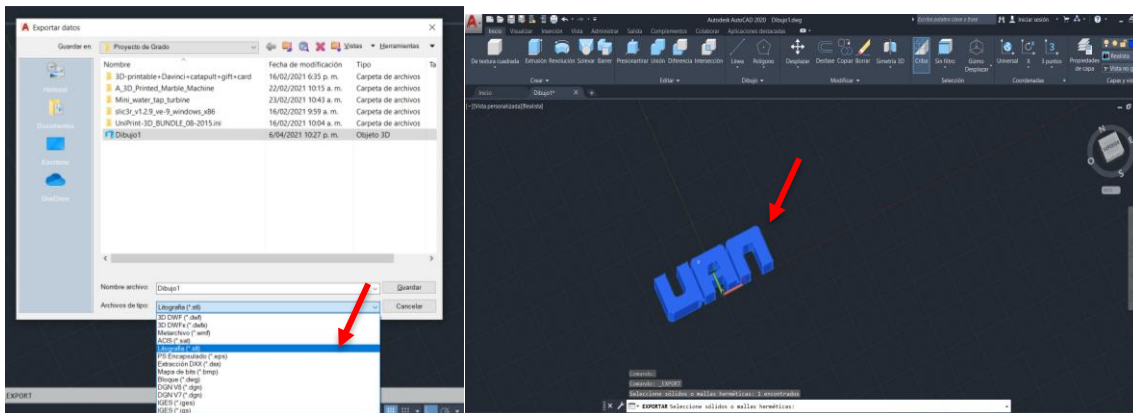
16. En la ventana emergente buscamos la carpeta de la impresora y seleccionamos el archivo Bundle con el nombre de la impresora así.



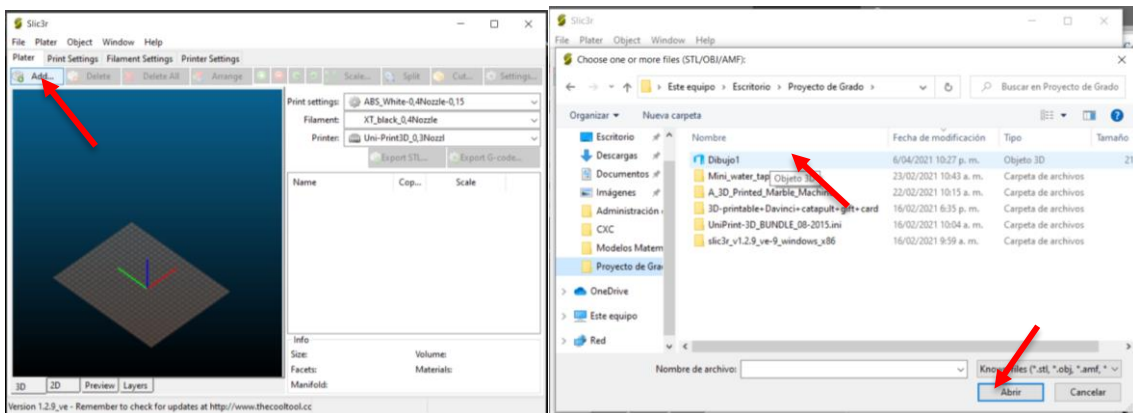
17. Lo anterior importara los datos por defecto de nuestra impresora y dejara listo el programa para transformar nuestro archivo de imagen con el diseño que vamos a imprimir, al lenguaje de impresión de nuestra impresora 3D.
18. Paso siguiente, abrimos el archivo de nuestro diseño y en la parte superior izquierda abrimos el desplegable del logo del programa y le damos click en exportar y paso siguiente en otros formatos.



19. En la ventana emergente elegimos la carpeta de trabajo y el tipo de archivo será STL, elegimos guardar, seleccionamos el objeto diseñado y le damos Enter.



20. En el paso siguiente abrimos el programa Slic3r y le damos click en Add, luego elegimos el archivo STL y lo abrimos.



Esperamos a que cargue y luego seleccionamos Export G-code, en la ventana emergente elegimos la carpeta de destino de nuestro archivo y elegimos en tipo de archivo. NGC y guardamos.

21. Al encender la impresora con el tablero de control, modificamos la temperatura de la plancha de trabajo a 60°, la temperatura del cabezal de inyección a 220° y la velocidad de inyección máximo a un valor de 3.



22. Luego abrimos nuestro archivo de diseño. NGC e iniciamos nuestra impresión.

Anexo 3. Guía de trabajo laboratorio

FORMATO GUIA DE TRABAJO LABORATORIO

NOMBRE DE LA LÚDICA	DURACIÓN	MATERIA
Toma de tiempos de ensamble para figura seleccionada (Catapulta).	3 horas	Organización y Métodos

8. OBJETIVO



Establecer el tiempo estándar para el ensamble de cualquier figura seleccionada (Catapulta) con el fin de determinar el tiempo de producción para un lote de producción establecido, para ello se debe diligenciar los formatos de toma de tiempos con cronometro (continuo o vuelta acero) medidas y especificaciones de la catapulta y la funcionabilidad de las piezas. El equipo de trabajo es conformado máximo por tres personas.

9. RECURSOS

Para el desarrollo de la presente guía de trabajo se necesitarán los siguientes recursos:

Recursos Materiales:

PARA EL ENSAMBLE DE LA FIGURA CATAPULTA		
Cantidad	Elementos Set de Mecanismos Simples y Motorizados de Lego	Imagen
1	Formatos de toma de tiempos	
1	Pie de rey o calibrador digital	
1	Balanza digital	
1	Cronómetro	

1	Nylon	
1	Balín	

Nota: Para este caso se tomó como ejemplo el ensamble de la figura Catapulta. El docente o instructor es autónomo de seleccionar la figura que se desee elaborar y seguidamente realizar su respectivo ensamble.

Las piezas anteriormente descritas son las necesarias para un (1) equipo de trabajo y todas se encuentran en una (1) sola caja.

Cantidad	Elementos
1	Formato necesario incluido que se encuentra en la sección de anexos
1	Cronometro

Recursos Humanos:

Numero	Rol	Descripción
1	Operador	Encargado de ensamblar el producto y de su puesto de trabajo.
1	Analista	Es el encargado de cronometrar el tiempo
1	Registrador	Encargado de tomar los tiempos y movimientos del operario.

10. METODOLOGIA

La guía de trabajo impresora 3D está diseñada para equipos de trabajo cada uno compuesto por tres (3) estudiantes, la cual se desarrollará de la siguiente manera:

Fase 1: *Socialización de la lúdica:* En la cual se dará a los alumnos una breve presentación por parte del docente sobre la toma de tiempos de ensamble de la Catapulta y seguidamente se dará la explicación de la lúdica.

Fase 2: *Planteamiento de la lúdica:* El equipo de trabajo tendrá que realizar la toma de tiempos en la línea de subensamble para cada una de las piezas de la Catapulta. Se realiza con ayuda de un cronometro (continuo o vuelta a cero).

Fase 3: *División del equipo:* Cada equipo está compuesto por tres (3) integrantes; el operador, el analista y el registrador.







Fase 4: *Preparación del puesto de trabajo:* El integrante que ejerce el rol de operario se encargará de seleccionar las piezas necesarias para realizar el ensamble correspondiente (para guiarse se tiene el listado de piezas descrito anteriormente en la tabla de recursos), este se encargara de ubicarlas

según crea que es la mejor disposición de estas en el puesto de trabajo (cada operario podrá realizar una disposición diferente según crea pertinente).

Fase 5: Inicio de la línea de ensamble: Teniendo el puesto de trabajo listo, el analista del equipo tomara el tiempo con el cronometro que el operario se demora haciendo su ensamble, al mismo tiempo el registrador tomara nota de los tiempos que este utiliza durante el proceso.

<p>La catapulta consta de 11 piezas:</p>	 <p>Brazo de lanzamiento</p>	 <p>Eje principal</p>
 <p>Marco izquierdo</p>	 <p>Marco derecho</p>	 <p>Transversal 1</p>
 <p>Transversal 2</p>	 <p>Transversal 3</p>	 <p>Resorte</p>
 <p>Engranaje</p>	 <p>Eje de conexión del resorte</p>	 <p>Disparador</p>

Pasos para el proceso de ensamble:

<p>Paso 1: Podemos iniciar con la pieza Transversal 2 y Resorte</p>	
<p>Paso 2: Seguidamente se unen los dos (2) marcos; Marco Izquierdo y Marco Derecho al eje de la Transversal 2.</p>	
<p>Paso 3: Se une el Eje principal junto con el Engranaje, una vez unidos se encaja con la parte superior de los 2 (dos) marcos</p>	
<p>Paso 4: En la parte inferior de los dos marcos, se une la Transversal 3 sirviendo como apoyo y estabilidad. Aquí ya tenemos completo un lado de la figura.</p>	
<p>Paso 5: En el lado inferior faltante de los dos marcos, se encaja Transversal 1 y Disparador que tiene como función frenar o detener el engranaje</p>	
<p>Paso 6: En el último paso se une el Brazo de Lanzamiento a el Eje principal, quedando así por finalizado el ensamble de la Catapulta</p>	

Nota 1: Se realizará una corrida de prueba con un (1) operario a fin de aprender el procedimiento de ensamble y la mejor forma de organizar el puesto de trabajo.

Nota 2: Si el analista desea puede tomar un video para capturar mejor el proceso de ensamble.

Nota 3: Este mismo procedimiento lo realizarán en las dos corridas al hacer el cambio de roles.

Fase 6: Análisis de los datos hallados: Con los datos hallados se escogerá los movimientos de los operarios de cada subensamble que haya demorado menos tiempo realizando su ensamble correspondiente y con estos datos se procederá a llenar el formato de toma de tiempos.

Para ello tenga en cuenta la directriz del docente y el formato que se establezca para la actividad

11. CONCLUSIONES

A través de esta lúdica los estudiantes logran entender la importancia del estudio de toma de tiempos y ensamble identificando cada uno de los pasos o procedimientos que el operario realiza; y así de esta manera lograr optimizar el tiempo de producción de un lote establecido.