

Fecha de recepción: mayo 2021
Fecha de aceptación: junio 2021
Versión final: julio 2021

El Centro de Investigación, Capacitación y Diseño en Tecnologías Alternativas. (CTA) y su papel dentro del proceso de enseñanza aprendizaje del diseño industrial URL. Formación en modalidad virtual durante la pandemia.

Ervin Manuel Moreno Velásquez ⁽¹⁾ y
Kevinn Rodrigo Mayén López ⁽²⁾

Resumen: El mundo sigue avanzando y aunque pueda parecer que debido a la pandemia covid 19 muchos países tomaron medidas de prevención como una cuarentena obligatoria y restricciones de movilidad, sin embargo el conocimiento sigue su curso y dentro del mundo académico no se podía detener, se debe adaptar, por lo que desde el Centro de Investigación Capacitación y Diseño en Tecnologías Alternativas tomó la tarea de compartir conocimiento con Estudiantes y Docentes de la facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Rafael Landívar ante las dificultades de impartir una capacitación que antes se tomaba como normal.

Palabras Clave: Capacitación - Clase Virtual - Enseñanza a Distancia - Modelado Tridimensional - Impresión 3D.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 155]

⁽¹⁾ Ervin Manuel Moreno Velásquez. Diseñador Industrial, egresado de la Universidad Rafael Landívar. Actualmente Coordinador del Centro de investigación, capacitación y diseño en tecnologías alternativas (CTA) para el Instituto de investigación y estudios superiores en arquitectura y diseño (Indis). Catedrático en la Universidad Rafael Landívar en cursos relacionados a la fabricación digital.

⁽²⁾ Kevinn Rodrigo Mayén López. Becado de Arte y Cultura en la Universidad Rafael Landívar, Licenciado en Diseño Industrial. Coordinador del Centro de Investigación, Capacitación Y Diseño en Tecnologías Alternativas - CTA - Subprograma del Instituto de Investigación en Estudios Superiores de Arquitectura y Diseño - INDIS - Docente en cursos relacionados a la fabricación digital.

Uno de los propósitos del Centro de Tecnologías Alternativas - CTA - es realizar capacitaciones relacionadas en tecnologías alternativas para la comunidad landivariana, brindando a la facultad de arquitectura y diseño conocimiento y o herramientas que ayuden y beneficien a la enseñanza, dentro de estas se encuentra la capacitación en fabricación digital, como es la impresión 3D. Una herramienta de fabricación digital es aquella que trabaja de manera semi autónoma y es capaz de replicar piezas con una alta precisión. La impresión 3D es clasificada como una herramienta de fabricación digital y a su vez es una herramienta de manufactura aditiva, dentro de su proceso y función, extruye el material que únicamente requiere seguir las coordenadas que previamente un software interpreta de un archivo tridimensional. En el campo de la impresión 3D se ha avanzado mucho en esta tecnología permitiendo cada vez ser mucho más accesible por lo que se ha innovado en diferentes tecnologías de impresión 3D utilizando materiales con diferentes capacidades y características para aplicaciones específicas en grandes industrias, muchas industrias han incorporado departamento de I+D+I: Investigación, Desarrollo e Innovación, donde aprovechan tecnologías de fabricación digital como una alternativa para reducir costos y ser más eficientes dentro de sus procesos industriales. También la tecnología ha avanzado de gran manera desarrollando componentes electrónicos de bajo costo con materiales más accesibles bajo la premisa de reducir costos y lograr obtener una impresora denominada como *Desktop 3D Printer* o impresora 3D de escritorio con características muy competitivas y con posibilidad de usar una gran variedad de materiales para aplicaciones generales, esta categoría de impresoras ha emergido rápidamente y grandes fabricantes de la industria están utilizando las mismas impresoras 3D para fabricar partes inclusive mecánicas para sus mismas impresoras, tal es el caso de las empresas Lulzbot y Prusa Research, entre otras.

Para la carrera de Diseño Industrial, es indispensable tener conocimiento de herramientas de modelado tridimensional debido a que es importante estar actualizado a las tecnologías disponibles y cada vez hay más escenarios en donde poner en práctica estas herramientas a lo que ahora también diferentes disciplinas han adoptado la impresión 3D y otras tecnologías como una herramienta. Por lo que requiere de esta habilidad para generar modelos tridimensionales bajo un software de CAD en el cual sea desarrollada y llevada a la práctica con las herramientas de fabricación digital que se tengan acceso, además la tecnología está facilitando diferentes procesos de fabricación, desde análisis estéticos, hasta análisis estructurales, ahorrando tiempo, materia prima y dinero y otros recursos.

En el pensum de la carrera de Diseño Industrial de la Universidad Rafael Landívar, se implementó la enseñanza de Fusion 360 de Autodesk como programa o software de diseño asistido por computadora CAD, por sus siglas en inglés *Computer Aided Design*. Un programa CAD consiste en generar con precisión representaciones digitales de un producto, tomando como ventaja la facilidad de edición de un prototipo, esto se puede comparar en su extremo al realizarlo de forma análoga, modelado a mano físicamente. Fusion 360 es un software que además de diseñar volúmenes tridimensionales, permite realizar análisis de fuerzas, cargas, simulaciones, animaciones, y renderizado del diseño. Además su gran ventaja es que implementa el diseño paramétrico. Un software de CAD siempre ejecuta instrucciones basadas en parámetros que el usuario le asigna con el fin de generar una figura, por ejemplo: los parámetros para generar una línea recta en el programa involucra

ingresar las coordenadas de un punto de inicio y punto final similar a un vector en donde siempre debe llevar un punto de inicio y un punto final de su trayectoria, estas coordenadas se interpretan como distancia, sin embargo ese mismo parámetro no se puede editar o modificar después de haber realizado más pasos y generado volúmenes a partir de ellas; sin embargo un programa de diseño paramétrico involucra las mismas variantes e incluye el atributo de poder editar el mismo parámetro sin tener que agregar más modificadores o comandos dentro del programa. En la carrera de Diseño Industrial esto representa una gran ventaja ya que debido al proceso de diseño iterativo el cual requiere muchas veces regresar al punto de inicio u otro para hacer modificaciones, o actualizaciones al diseño, si fuera necesario cambiar una medida, se vuelve sencillo ya que todo el objeto está conectado por parámetros y se requerirán menos pasos para realizar un cambio. Es de gran importancia tener la capacidad de generar un modelo tridimensional con un software de diseño paramétrico ya que permite a la fabricación digital realizar diferentes iteraciones de prototipos o productos finales de una forma rápida y de bajo costo sin ser algo engorroso o que implique procesos largos para llegar a generar un prototipo.

Existen diferentes tipos de impresión 3D, cada una se diferencia en la ingeniería de como el material se agrega para generar un volumen tridimensional. El aspecto en común es que el volumen se genera capa por capa, agregando material según las coordenadas específicas. La tecnología más conocida y accesible es la deposición de material fundido FDM por sus siglas en inglés *Fused Deposition Material*, esta tecnología consiste calentar el material de aporte denominado filamento a una temperatura lo suficientemente alta para que tenga una consistencia viscoelástica. Los materiales usados para la tecnología FDM son polímeros termoplásticos ya que requiere que el material sea capaz de fundirse y adoptar otra forma. El material más usado es el ácido poliláctico PLA por sus siglas en inglés *Poly-lactic Acid*, la característica de este material es que se funde entre 190 a 220 grados celsius, siendo una temperatura relativamente baja y estable para poder manejar en cualquier ambiente además en esta temperatura no se desgastan los componentes plásticos que estén cercanos a las piezas calientes.

Las impresoras FDM funcionan con motores paso a paso o *steppers* conectados a los ejes X, Y, Z, y a uno a la extrusora, que por medio de un mecanismo, empuja y determina cuánto filamento necesita según su recorrido. Para hacer funcionar la impresora es necesario convertir el modelo digital en un formato que la impresora lo comprenda, para ello se requiere convertir a un formato de código G o mejor conocido como *G-code*, este formato es usado por máquinas de control numérico CNC como una cortadora láser o un router CNC. Existen diferentes programas que pueden interpretar y convertir este tipo de códigos. El programa que se usa de preferencia en el CTA es Cura, este es un programa gratuito y simplificado para generar las coordenadas y demás parámetros que requiere la impresión 3D. Este programa también se le conoce como laminador o *licer* el cual genera a partir del volumen tridimensional, las capas en las que va a escribir las coordenadas para que la boquilla de la impresora se mueva dentro del área, al mismo tiempo le da instrucciones de velocidad de movimiento y de cuánto material debe extruir o aportar para tener un flujo constante o detener el flujo si fuera necesario, todo esto compilado en el código g que la impresora irá interpretando.

El software de diseño Fusion 360 ha sido una apuesta que dentro de la carrera ha tenido mucha aceptación por los estudiantes debido a que su interfaz y lógica, es similar a otros softwares pero simplificando mucho las herramientas y comandos sin dejar de limitar lo que se pueda llegar a diseñar, lo que le da la característica de ser más amigable al usuario y permite tener un mejor flujo de trabajo inclusive cuando se trabaja de forma colaborativa con otros diseñadores dentro del mismo documento, además una de las grandes ventajas e innovaciones en el modelado tridimensional es la posibilidad de llevar un historial lo cual va ligado a lo paramétrico del programa. Dentro de la carrera de Diseño Industrial, para promover el uso en escenarios reales los estudiantes lo implementan en diferentes asignaturas, para luego aplicarlo en su ámbito profesional, realizan proyectos en donde los cursos solicitan generar un prototipo ya sea por impresión 3D o por otro medio de fabricación digital, incluir planos técnicos y renders del prototipo y todo aquel análisis que ayude y contribuya a expresar las cualidades del prototipo o proyecto.

El propósito de la capacitación del programa, es actualizar a estudiantes o docentes que cuenten con poco o nulo conocimiento de programas de diseño paramétrico y que no se dediquen a enseñar directamente este software pero que puedan usarlo como herramienta, y así orientarlos para una producción en fabricación digital; también, como propósito, es la capacitación en impresión 3D, implementando los conocimientos básicos de cómo es un programa de impresión 3D, y la adecuada orientación según se requiera por la complejidad del modelo o las exigencias físicas a las que serán aplicadas para poder seleccionar el material adecuado.

El CTA es un laboratorio que se encuentra en el edificio F 103 del campus central de la Universidad Rafael Landívar, el acceso a los servicios está abierto para todo público. Se cuenta en total con doce impresoras 3D capaces de imprimir en una extensa variedad de materiales, calibres y de calidad de impresión. Cuenta con once impresoras 3D Marca Lulzbot Taz 6, una impresora 3D Lulzbot Mini, Cortadora láser CO2 K40w, escáner tridimensional y una inyectora de plástico; adicionalmente el laboratorio está equipado con mesas para trabajo con computadoras para poder trabajar asesorías, capacitación e investigación.

El primer curso desarrollado en el CTA bajo la modalidad virtual fue de introducción a Autodesk Fusion 360, software de modelado tridimensional que a través de la universidad, se tiene acceso a licencia educativa. La capacitación consistió en abrir una convocatoria por medio del departamento de Diseño Industrial, a docentes y estudiantes que desearan llevar un curso taller de 24 horas sin créditos en el que se enseñaría de cero los conceptos básicos, modelado paramétrico, hasta renderizado básico e impresión 3D.

La forma planificada para impartir la capacitación era presencial, sin embargo se tuvo que optar por otra opción, capacitar de forma remota. Afortunadamente el programa Fusion 360 ha trabajado desde sus inicios en una plataforma desde la nube, por lo que es necesario instalar el programa pero los archivos permanecen almacenados en la nube, por lo que se puede compartir archivos y trabajar colaborativamente desde cualquier parte, y viéndolo desde la perspectiva de educador es una herramienta de gran ayuda ya que el alumno y el catedrático pueden ver el mismo archivo para poder resolver las dudas, todo de forma remota.

La metodología de enseñanza usada consistía en el aprendizaje invertido, brindando los temas que se buscan aplicar y analizar cómo llegar a la solución por su propia cuenta y luego plantear cuál sería la idónea, todo esto aplicado a un producto o situación real que puedan llegar enfrentar.

Esta capacitación consistió en siete módulos principales: sketch bidimensional paramétrico, modelado tridimensional paramétrico, modelado tridimensional orgánico, ensambles, planos técnicos, renderizado, e impresión 3D.

En los primeros dos módulos se presenta la interfaz del programa para familiarizarse. Se explica el proceso de diseño idóneo en el programa: sketch, volumen tridimensional y luego modificar. El modelado paramétrico es la diferenciación entre varios programas como AutoCAD o Sketchup, por mencionar algunos. Existen programas similares a Fusion 360 como Inventor que pertenece a Autodesk, o Solidworks de Dassault Systèmes, sin embargo no cuentan con características como el almacenamiento en la nube, de forma práctica, y su interfaz es poco amigable, por lo que adaptarse no es del todo fácil. El modelado paramétrico consiste en dejar documentación y asociaciones entre parámetros, así al momento de realizar modificaciones no es necesario hacer de cero el modelo, además como los parámetros están asociados unos con otros, es capaz de realizar cambios y que los que estén asociados, adaptarse según el parámetro.

El modelado tridimensional orgánico funciona de forma similar a Maya 3D, 3DsMax o Blender, trabajando de forma poligonal, sin embargo Fusion 360 tiene la característica de poder realizar el modelo de forma orgánica, luego convertirlo en un modelo sólido o vectorial y seguir trabajando de forma paramétrica.

En el módulo de ensambles se practica la lógica y uso de ensamblar piezas de manera digital, permitiendo realizar animaciones hasta análisis de fuerzas, así mismo realizar despieces para planos técnicos.

En el siguiente módulo se enfoca en conocer las herramientas para poder realizar planos técnicos, el estudiante ya debe tener conocimiento de elaboración e interpretación de planos. Fusion 360 tiene una manera diferente de realizar *renders* de buena calidad, así como funciona el almacenamiento en la nube, los *renders* o imágenes digitales se pueden procesar a través de la nube de Fusion 360 por lo que las limitantes de depender de las limitaciones de los procesadores de computadora quedaron atrás. En este módulo se aprende la interfaz de preparación de un render, así mismo principios básicos de una presentación de un producto en fotografía.

El último módulo consiste en una introducción a la impresión 3D, se enseñan conceptos básicos de una pieza de impresa en 3D, partes de una impresora, los límites de la impresión 3D, entre otros aspectos más específicos. Al final de los módulos se realiza un proyecto final, aplicando todos los módulos aprendidos y como pieza final una impresión 3D. Para esta capacitación se realizó un llavero libre de contacto o *touchless keychain* que consistía en diseñar un llavero que cumpla ciertas funciones cotidianas sin tener que involucrar tocar los objetos, como por ejemplo para poder abrir puertas, presionar botones de elevador, cargar bolsas, entre otros; el diseño dependía de cada alumno, desde su estética hasta su función.

Como centro de capacitación se tenía previsto realizar capacitaciones y asesorías en diseño durante todo el año, sin embargo hemos aprendido a transmitir el conocimiento en la rama de fabricación digital como tecnologías alternativas a diferentes personas tal cual y como se haría de manera presencial. Existen ventajas y desventajas de capacitaciones remotas, así como lo hay en todos los ámbitos laborales. Una de las mayores ventajas es que se alcanzó a personas que por cuestiones de tiempo, ya sea de transporte o diferentes limitantes, no pudieran asistir, sin embargo, asistieron ya que se impartió de manera virtual. El método de explicación cambió ya que si era requerido enfocarse en algún aspecto, las expresiones corporales o incluso acercarse a la pantalla para poder enfocar la atención con las manos cambió. Sin embargo, de forma virtual, se pueden aprovechar las ventajas de las plataformas que el alumno tiene, también se puede resaltar las herramientas virtuales como lo es la lupa digital o *zoom* para poder ver más a detalle, así mismo realizar trazos digitales para explicarlo de forma más explícita.

Un aspecto negativo es la capacidad adquisitiva tecnológica tanto para el docente como para el alumno, anteriormente si un alumno no tenía en óptimas condiciones su computadora, podía usar las que los laboratorios de la universidad tienen disponibles, sin embargo desde casa se ven limitados únicamente al equipo que tengan disponible siendo más susceptibles a problemas de conexión o problemas de capacidad de equipo.

El programa de Fusion 360 ha sido de mucha utilidad, analizándolo como herramienta docente, incluso desde antes del confinamiento ya que para resolver dudas el docente puede visualizar el modelo digital desde otra computadora y explicar lo necesario con la ventaja de no tener que compartir documentos por correo, y poder realizar actualizaciones anotaciones y correcciones desde otro ordenador.

Muchas de las herramientas para docencia en línea han sido desarrolladas ya hace mucho tiempo atrás, debido al Covid 19, estas aplicaciones y herramientas emergieron y se popularizaron al punto que han llegado a ser indispensables, desde organizadores en línea, hasta plataformas de comunicación. Ahora estas herramientas han sido optimizadas para funcionar cada vez mejor ya que han tenido más demanda y buscan ser más útiles y maximizar la productividad de los usuarios.

Como cualquier herramienta de docencia siempre tiene ventajas y desventajas y una de las desventajas y dificultades al momento de realizar la capacitación fue la parte práctica de la impresión 3D, no había alternativa de cómo enseñar de forma virtual una impresora 3D en funcionamiento y que los estudiantes estén presentes para ver la máquina en funcionamiento y aprovechando para explicar en vivo mientras la impresora reproducía un objeto, aunque no es algo que vaya impedir capacitar, sin embargo se considera necesario tener la oportunidad de ver el funcionamiento de la impresión 3D para así comprender y entender la lógica de los límites que tiene la impresión 3D, cabe mencionar que en esta capacitación se practicó la impresión 3D de la tecnología FDM anteriormente mencionada, es por ello que el tener la oportunidad de verla en vivo aporta mucho conocimiento ya que muchas veces cuando un modelo falla hablando del tipo de fallo al momento de imprimirse por exceder las capacidades o límites de la impresión, tiende a ser en el modelo digital o en el programa que genera los códigos. La impresión 3D es una herramienta de fabricación digital trabaja de forma semi autónoma, por lo no requiere estar presente en el

proceso, únicamente para configurar el inicio de la impresión, quitarla de la plataforma y revisar ocasionalmente si todo está en orden a lo que inclusive se puede llegar a realizar de forma remota con plataformas que permiten realizar una grabación en tiempo real de la impresión y monitorear su estado, entre estas plataformas la que más resalta es OctoPrint permitiendo manejar por medio de una conexión por internet toda la impresora de forma remota. La impresora va a ejecutar todos los comandos tal cual y como fueron exportados y no va a saber distinguir si el modelo es cien por ciento imprimible de forma exitosa o si va a tener problemas al imprimirse, el usuario y diseñador es quien por las capacitaciones y sumando la experiencia, comprende la lógica del funcionamiento y desarrolla la habilidad para prevenir desperdicios producidos por piezas que fallen al momento de imprimir y mejorando el diseño y optimizando el modelo tridimensional para reducir material innecesario para las piezas a fabricar.

Listado de Referencia Bibliográfica

- Ponce, G. (s.f.). What is CAD? - Simply explained. Recuperado de <https://all3dp.com/2/what-is-cad-design-simply-explained/>
- Grames, E. (s.f.). FDM 3D printing - Simply Explained. Recuperado de <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
- Qué es el G-code y su importancia en la impresión 3D. (12 de diciembre de 2019). Recuperado de <https://www.luisllamas.es/que-es-el-g-code-y-su-importancia-en-la-impresion-3d/>

Abstract: The world continues to advance and although it may seem that due to the covid 19 pandemic many countries took preventive measures such as a mandatory quarantine and mobility restrictions, however knowledge continues its course and within the academic world it could not be stopped, must adapt, so from the Center for Research Training and Design in Alternative Technologies it took on the task of sharing knowledge with Students and Teachers of the Faculty of Architecture and Design of the Rafael Landívar University in the face of the difficulties of imparting a training that was previously taken as usual.

Keywords: Training - Virtual Class - Distance Learning - Three-Dimensional Modeling - 3D Printing.

Resumo: O mundo continua avançando e embora possa parecer que devido à cobijada pandemia de 19 muitos países tomaram medidas preventivas como quarentena obrigatória e restrições de mobilidade, no entanto o conhecimento continua seu curso e dentro do

mundo acadêmico não pode ser interrompido, deve adaptar-se, pois a partir do Centro de Investigação Formação e Design em Tecnologias Alternativas assumiu a tarefa de partilhar conhecimentos com Alunos e Professores da Faculdade de Arquitectura e Desenho da Universidade Rafael Landívar face às dificuldades de ministrar uma formação que foi anteriormente tomadas como de costume.

Palavras chave: Treinamento - Aula Virtual - Educação a Distância - Modelagem Tridimensional - Impressão 3D.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo]
