

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Implementación de la impresión 3D para el diseño de piezas para la empresa Novaventa

Jhonatan Restrepo Vélez

Ingeniería electromecánica

Orlando Zapata Cortés

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Fecha

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

La empresa Novaventa es una compañía que se encarga de vender alimentos a las personas por tres medios distintos, como lo son las ventas por catálogo, máquinas dispensadoras y comercio electrónico. Este documento se va a centrar en el estudio de la reparación e importación de repuestos de las máquinas dispensadoras.

En muchas industrias y en especial la empresa Novaventa se tiene un inconveniente, debido a que los repuestos de las máquinas deben ser importados y esto hace que el tiempo de espera o de no uso de una máquina sea muy prolongado. Así surge una idea para reducir este tiempo la cual consiste en combinar el diseño asistido por computadora (CAD) y la impresión 3D.

Por esta razón, se analizó diferentes tipos de impresoras y de programas de diseño que podría ser útiles y de un bajo costo para el objetivo deseado. Se determino, que la reducción de costos de fabricación y el tiempo de no uso de una máquina disminuye considerablemente si es comparado con el tiempo de importación.

Palabras clave: Diseño CAD, impresión 3D, máquinas dispensadoras, piezas, repuestos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo no sería posible sin la ayuda de mis padres que me han apoyado para llegar a este punto, a mis hermanos que también han sido un apoyo fundamental. Agradecerle también a la empresa Novaventa por permitirme realizar las prácticas profesionales en su compañía y a las personas que me guiaron durante ese tiempo de prácticas.

A los profesores y al asesor que aportaron para el crecimiento tanto profesional como personal y me dieron los conocimientos para poder hacer este proyecto y este escrito.

En general, gracias a cada una de las personas que hicieron parte de este bonito camino, muchas gracias.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
2. MARCO TEÓRICO	7
3. METODOLOGÍA.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	27
REFERENCIAS	29

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

En la empresa Novaventa se identificó un problema con respecto al tiempo de cambio de elementos dañados, debido a que estos repuestos deben ser importados ya que estas máquinas son fabricadas en el exterior. Dichos repuestos, pueden demorar semanas e incluso meses para llegar de Europa a Colombia, además del costo que esto puede generar tanto en la importación como en dejar las máquinas en el taller cuando el daño es mínimo.

Para esto se plantea el objetivo general de diseñar e imprimir en 3D prototipos de pieza asociada a las máquinas dispensadoras de la empresa Novaventa para solucionar problemas de demoras en importación de repuestos.

A partir de este, se plantea una serie de objetivos específicos, los cuales son:

1. Analizar como ayuda la impresión 3D en las mejoras y/o en la solución de problemas de la industria.
2. Diseñar e imprimir las piezas para las máquinas dispensadoras.
3. Realizar las pruebas respectivas para su posterior uso.

Este documento se va a organizar de la siguiente manera:

1. En el marco teórico se va a dar una idea de la teoría necesaria para entender como el diseño de las piezas y la impresión 3D pueden ayudar en los procesos y en la solución de problemas en diferentes ámbitos.
2. En la metodología se explicará paso a paso cómo se hizo el proceso desde escoger las herramientas hasta que se ensaya la pieza.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. En resultados y discusiones se dará a conocer las evidencias de las piezas siendo ensayadas en cada una de las máquinas y se mostrará el diseño de las mismas.
4. Por último, se dejarán plasmadas las conclusiones más importantes del documento y algunas recomendaciones.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

“El término diseño en ingeniería ha cambiado significativamente con el correr de los años. Por ejemplo, para un ingeniero de los 60, este término significaba la inversión de largas horas de trabajo en una mesa de dibujo” (García, 2004, p.9).

En la actualidad, con el avance de la tecnología, el diseño CAD se ha convertido en una herramienta que permite llevar objetos físicos a un programa, en el cual se pueda modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D).

Pará esta tecnología hay diferentes niveles ya que hay softwares para principiantes como lo hay para profesionales, la diferencia está en que los profesionales están diseñados para el desarrollo de piezas mecánicas y el de principiantes traen menos funciones ya que la ideas de estos es generar piezas o modelos más sencillos.

Dentro de los principales softwares para principiantes están: TinkerCAD, FreeCAD, BlocksCAD.

En cuanto a los softwares más desarrollados, es decir para profesionales están: Solidworks, AutoCAD, Catia, openSCAD Y Rhino3D.

Para poder llevar estos diseños hechos en algunos de los programas anteriormente mencionados, se debe utilizar una impresora 3D, de las cuales hay varios tipos.

Estos tipos son los siguientes:

Esterolitografía (SLA): Este tipo de impresión utiliza el principio de fotopolimerización para crear modelos 3D a partir de resinas sensible a los rayos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

UV y es muy utilizado para la producción de moldes de inyección o fundiciones, especialmente en el mundo de la joyería y la odontología. Este tipo de impresora se observa en la imagen 1.



Imagen 1. Tomado de: <https://www.puntocad.com/impresoras-3d-personales/formlabs-form2>

Sinterización selectiva láser (STL): La impresión se realiza capa por capa, a partir de polvos fusionados, gracias a la temperatura generada por un láser CO2. Se utiliza en múltiples campos, desde el diseño, la industria automotriz, la aeroespacial, la ingeniería, entre otros. La impresora se muestra en la imagen 2.



Imagen 2. Tomado de: <https://dynapro3d.com/sinterizado-selectivo-por-laser-como-funciona/>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Modelado por deposición de hilo fundido (FDM): Para esta impresión, el filamento es succionado y fundido por el extrusor de la impresora 3D, que deposita el material de forma precisa capa por capa sobre la cama de impresión. Esta es una técnica utilizada en muchos campos: aeroespacial, automotriz, arquitectura, medicina, decoración, arte y hasta cocina. Esta impresora se observa en la imagen 3.

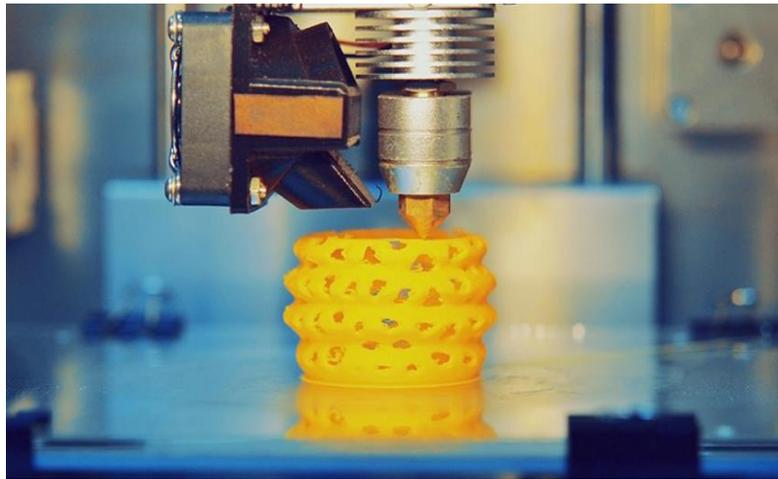


Imagen 3. Tomado de: <https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/>

Después de hacer un análisis de las diferentes características de cada uno de los tipos de impresora y la función que va a llevar a cabo, se determina que la opción más viable es la de modelado por deposición de hilo fundido.

Esta impresora “consiste en la deposición por capas de material normalmente constituido por filamentos de polímeros termoplásticos, que se funden y se extruyen por medio de una boquilla, solidificándose cuando salen de dicha boquilla al exterior” (Ponce, 2016, p.59).

La decisión de utilizar esta impresora se determina principalmente por las ventajas que posee, ya que, son las impresoras más baratas y los materiales, además de ser

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

económicos, se pueden encontrar con mucha facilidad en el mercado en la actualidad.

Algunas desventajas que presenta este tipo, es que se necesitan columnas para la fabricación de algunos diseños, ya que no se pueden sostener por sí mismos y tiene un proceso de fabricación lento comparado con los demás, pero aceptable para la utilidad de la impresora.

En la actualidad, este proceso de unir diseños CAD con impresión 3D, se está viendo muy utilizado en el mundo de la medicina, por ejemplo, de Frutos Marcos, Ortega Martinez, Zazpe cenoz, & Gorriaran Terreros escribieron sobre un niño de 6 años que tenía un crecimiento anormal en su cráneo y se diseñó en un software 3D la forma del cráneo deseada para obtener moldes quirúrgicos y hacerle la reconstrucción y la remodelación de los huesos frontales.

La pandemia del Covid-19 generó escasez de materiales de protección para los médicos, tales como: pantallas de protección facial, accesorios personalizados para fotóforos y horquillas de protección auditiva para cubrebocas; además, de productos para los infectados de Covid-19 como conectores para sistemas de ventilación no invasiva, hisopos orales y nasofaríngeos para identificar personas portadoras del virus (Pedraja, y otros, 2020). Así la impresión 3D ayuda a evitar que se acaben los materiales para la protección se estos médicos.

Esta herramienta de impresión 3D se puede ver también en campos como la electrónica, un ejemplo de esto es el que dan a conocer Blaz, Zivanov, Milica, & Menicanin, (2022) en la fabricación de capacitores utilizando un filamento compuesto de ABS conductor imprimible y utilizando el mismo tipo de impresión, es

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

decir, la tecnología de fabricación de filamento fundido, permite un procedimiento de producción más sencillo y económico.

El diseño CAD, no solo es utilizado para elaborar piezas, también sirve para modelar procesos como el de una planta potabilizadora, la cual se le “ingresan la información geométrica de las operaciones unitarias tal y como existen en la potabilizadora en la actualidad. Después de obtener resultados de la modelación matemática, se propondrán modificaciones a varias unidades, lo que requerirá nuevas versiones de los modelos CAD 3D, para ser ingresados al modelo matemático en fase de predicción de flujo bajo modificaciones de diseño en la planta.” (Caballero, Castrellón, & Pulido, junio 2021, p.405)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Las máquinas de la empresa Novaventa son fabricadas y distribuidas desde Europa y estados unidos, por tal motivo se debía esperar mucho tiempo para obtener los repuestos, ya que estos deben ser importados. Esta dificultad produce la necesidad de recortar tiempos de reparación de algunas máquinas, las cuales solo tenían daños en algunas piezas que al ser sustituidas estarían listas para volver a su funcionamiento normal. Por consiguiente, una máquina que necesita mantenimiento por el cambio de una pieza, debía permanecer algunas semanas con este daño.

Para esto se empezó a analizar posibles soluciones, dentro de las cuales surgió la idea de que las piezas que no deban soportar mucho peso dentro de la estructura de la máquina, sean diseñadas en un programa de CAD para una posterior impresión en 3D, una vez diseñado el repuesto este queda en un manual, para que sea impreso cada vez que sea necesario.

En cuanto al diseño de los repuestos se utilizó el programa FreeCAD, debido a que es un software libre, de fácil manejo y con las funciones necesarias para cumplir el objetivo planteado

En la impresión en 3D se empleó una impresora Creality CP 01 la cual usa “filamentos fundidos en un proceso de fabricación aditiva en el que se deposita extruido de polímero fundido desde una boquilla en ubicaciones específicas definidas por la geometría del diseño para formar las piezas en 3D capa por capa” (Sharafi, Santare, Gerdes, & Advani, 2022).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Esta impresora es compatible con muchos tipos de filamentos, pero el que más se utilizó en la fabricación de las piezas, es el filamento PLA, ya que este es altamente resistente ante la humedad y la grasa, características importantes para los lugares donde estaban ubicadas las piezas y, además, tiene un bajo nivel de inflamabilidad. La mayor dificultad a la hora de realizar la impresión se encuentra en que hay piezas que no se mantienen sostenidas por sí mismas, para lo cual se debe utilizar apoyos, que en el momento de terminar la impresión se deben retirar con mucho cuidado, esto para evitar daños en el resultado de la impresión.

Así que este proceso ayuda a pasar de esperar 4 o 5 semanas a 8 o 9 horas para simplemente hacer el cambio de la pieza y la máquina vuelva a funcionar normalmente. Además, el costo disminuye, dando el ejemplo de una pieza específica puede valer 27 euros aproximadamente incluyendo el valor de la importación y la impresión del mismo tiene un valor aproximado de 13 mil pesos colombianos.

En el gráfico 1 se hace un resumen de la metodología en un diagrama de flujo.

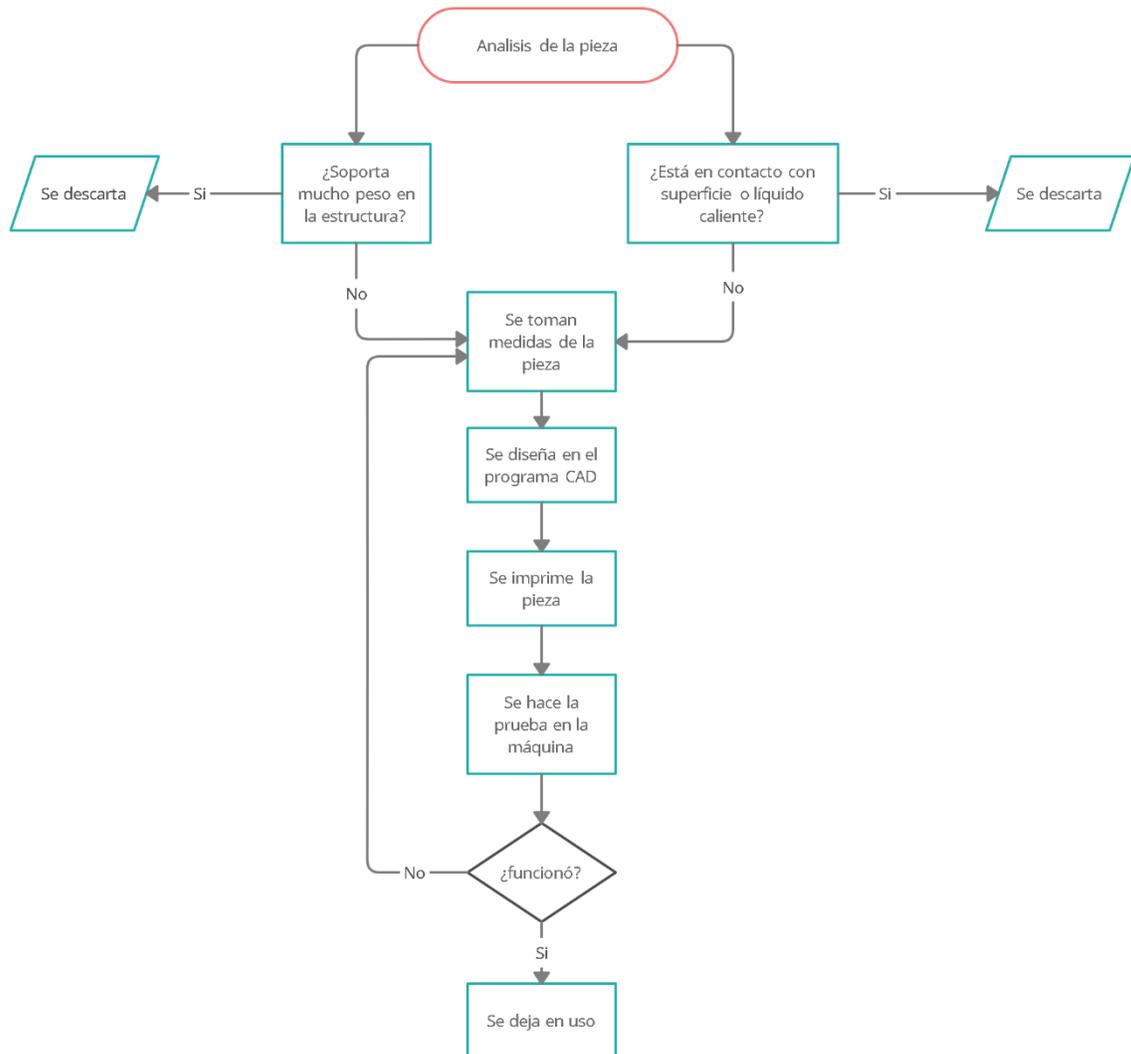


Gráfico 1. Autoría propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el diseño de las piezas se utilizaron dos métodos diferentes, los cuales son:

- Diseño complementario: este consiste en diseñar por separado la parte que sufre más daños en el funcionamiento al resto de la pieza. Esto con el objetivo de que cuando sufra un daño, hacer la impresión y el cambio de la parte fracturada.

La imagen 4 muestra la pieza original.



Imagen 4: Autoría propia

La imagen 5 muestra donde la pieza sufre el mayor daño.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Imagen 5: autoría propia

Teniendo en cuenta la parte que sufre más daños, mostrado en la imagen 5, se diseñó por separado las piezas de la imagen 4 y 5 con una posibilidad de ensamble. En las imágenes 6 y 7 se muestra el resultado de los diseños.

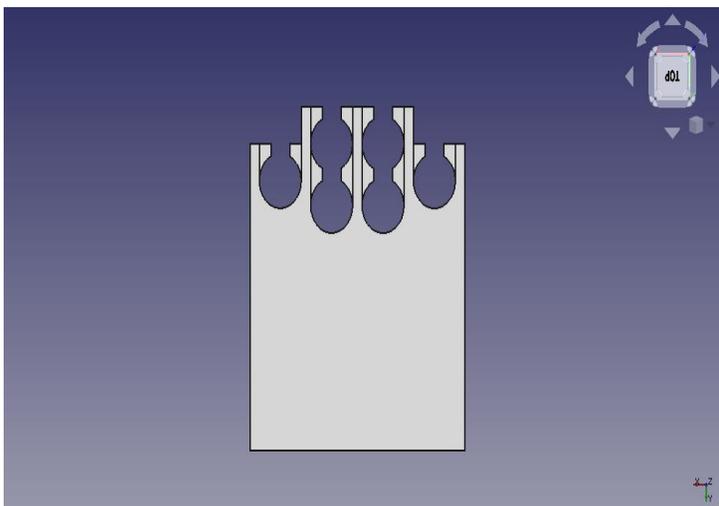


Imagen 6: Autoría propia

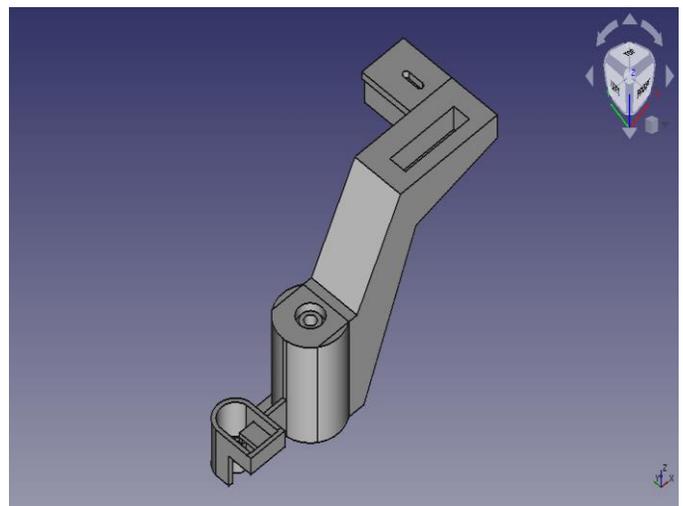


Imagen 7: Autoría propia

El repuesto de la imagen 4 es utilizado en las máquinas de café de la empresa Novaventa, en la imagen 8 se observa su función.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Imagen 8: Autoría propia

La pieza anterior tiene un valor con el proveedor de 10 euros, el valor de impresión en 3D es de 5,6 euros. El tiempo de importación de todos los repuestos es de 4 a 5 semanas, la impresión de la pieza de la imagen 1 tarda aproximadamente 9 horas, pero en la mayoría de casos solo se debe imprimir el diseño de la imagen 3, el tiempo se reduce a 4 horas aproximadamente.

En la imagen 9, se observa otra pieza con el mismo tipo de diseño.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Imagen 9: Autoría propia

Para el diseño de la imagen 9, se separó la parte del círculo principal y la parte de anclaje al motor, esto se observa en las imágenes 10 y 11.

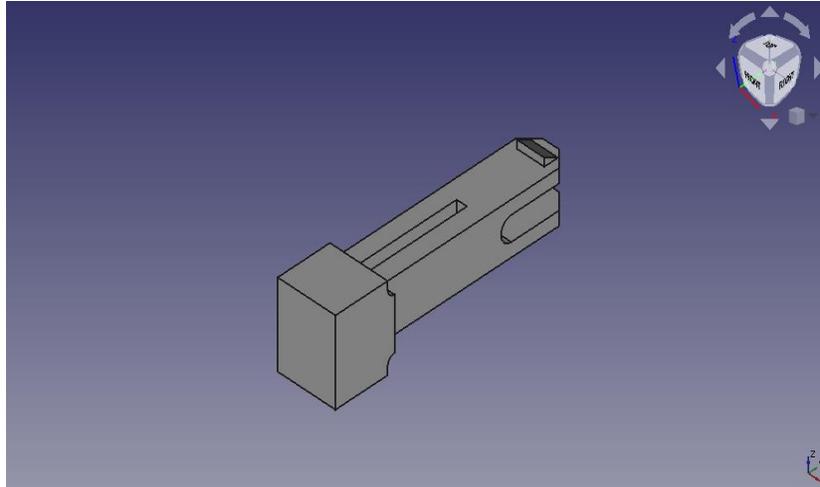


Imagen 10: Autoría propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

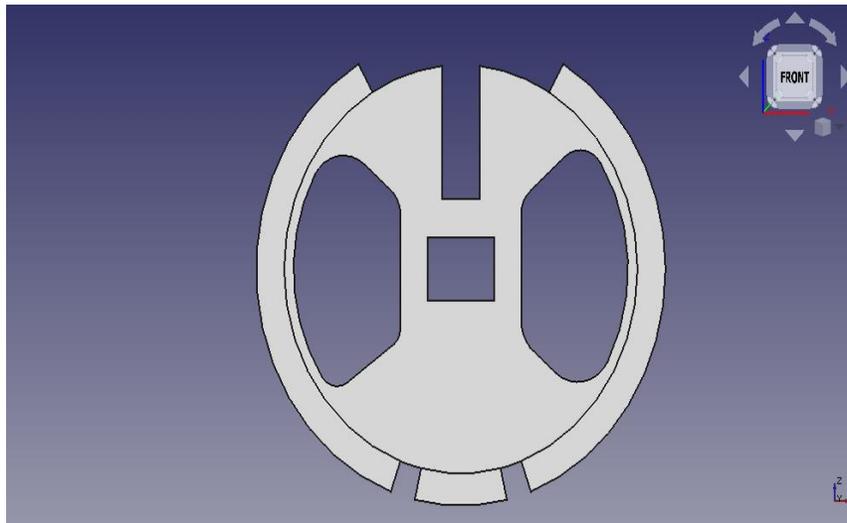


Imagen 11: Autoría propia

El diseño anterior se realizó así debido a que el anclaje del motor es el que sufre más daños, por consiguiente, a la hora de dañarse, solo se debe imprimir y cambiar la pieza diseñada en la imagen 10. Uno de estos daños se puede observar en la imagen 12.



Imagen 12: autoría propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 13, se observa la pieza siendo utilizada en la máquina dispensadora de mecato y de gaseosa.



Imagen 13: autoría propia

Para el repuesto de la imagen 9, primero se hizo el diseño de la pieza original, el resultado de esa impresión se observa en la imagen 14.



Imagen 14: autoría propia

En la imagen 15 se observa la pieza impresa siendo utilizada en la máquina dispensadora

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Imagen 15: autoría propia

Este repuesto tiene un valor comercial de 1 dólar, pero impreso completo tiene un valor de 0,65 dólares. El tiempo de impresión es de 6 horas aproximadamente, pero en la mayoría de casos se va a imprimir el diseño de la imagen 7, el tiempo se reduce a 2 horas.

- Diseño completo: este diseño se determina por hacer la pieza sin ningún tipo de modificación.

Un ejemplo de este es la pieza que se observa en la imagen 16.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

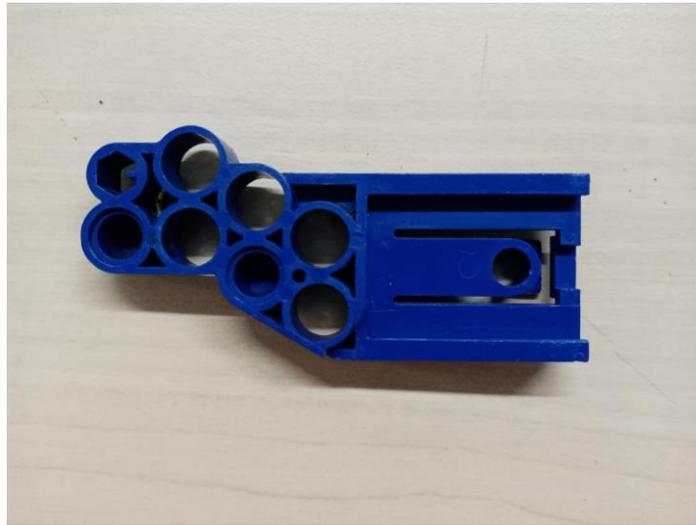


Imagen 16: Autoría propia

El daño más común que tiene la pieza de la imagen 16 es el que se evidencia en la imagen 17.



Imagen 17: Autoría propia

El diseño de la pieza de la imagen 16 se puede observar en la imagen 18.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

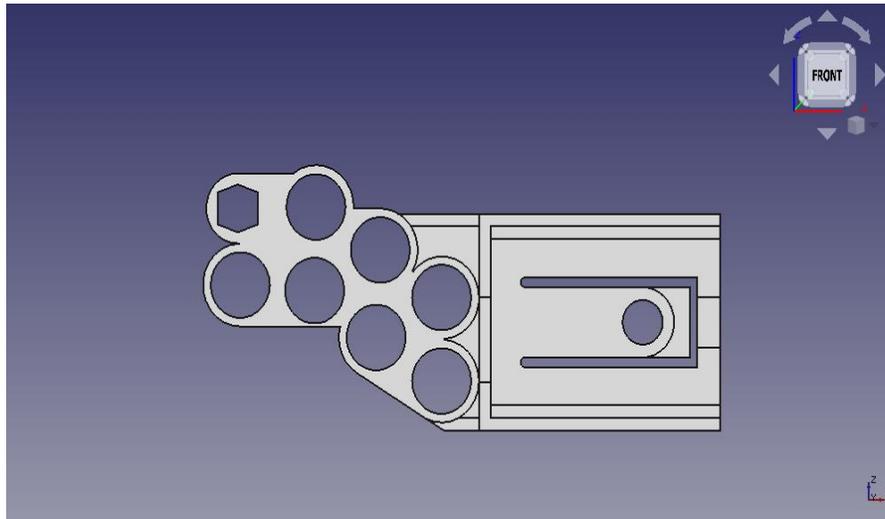


Imagen 18: Autoría propia

La impresión 3D, se ve en la imagen 19



Imagen 19: Autoría propia

La pieza de la imagen 16, es utilizada en las máquinas de café, la utilidad se observa en la imagen 20.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Imagen 20: Autoría propia

En la imagen 21 se muestra la pieza impresa en funcionamiento



Imagen 21: Autoría propia

La pieza de la imagen 12 tiene un valor de 3 euros en el mercado, al imprimirse el precio se reduce a un valor de 1 euro aproximadamente. La impresión de esta es de aproximadamente 5 horas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En esta pieza se tuvo un inconveniente, el problema se presentó en los espacios de las boquillas, debido a que la impresión tiene un margen de 0,04 mm por expansión de material, para lo cual se hizo la corrección, pero no se dio el tiempo para hacer la impresión del nuevo diseño.

Otra pieza con este mismo tipo de diseño se encuentra a continuación en la imagen 22.



Imagen 22: Autoría propia

El diseño de esta, en la imagen 23.

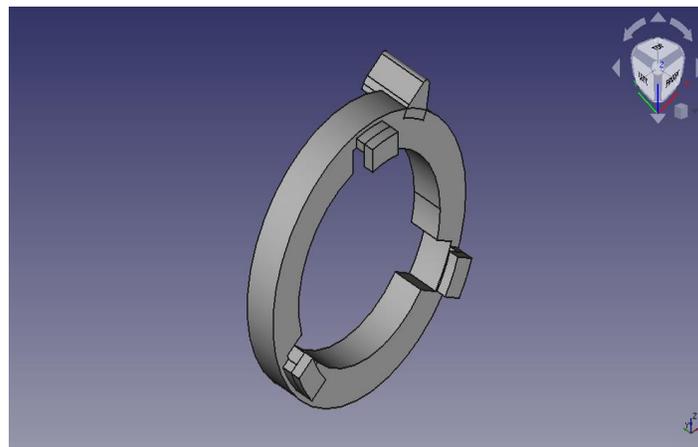


Imagen 23: Autoría propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la siguiente imagen, imagen 24, se observa la pieza en el lugar que funciona



Imagen 24: Autoría propia

El valor comercial de este repuesto es de 2 euros, el valor de impresión es de 1,56 euros. El tiempo para imprimirlo es de 4 horas aproximadamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- El diseño e impresión de las piezas 3D es una gran solución para reducir el tiempo de demora en cambios de repuestos y ayuda a la disminución de gastos económicos, ya que se utiliza un software libre y una impresora de las más económicas en el mercado
- La utilización del diseño CAD y la impresión 3D es utilizado en muchas industrias, como es el caso de la medicina y la electrónica. Ayuda en la solución de problemas como la escasez de productos y el diseño CAD, ayuda también en el modelado de procesos.
- Durante el periodo de prácticas no se pudo hacer la implementación, pero si se pudo hacer la prueba de algunas piezas que se imprimieron, se obtuvieron buenos resultados, ya que las piezas quedaron funcionales y podrían ser usadas
- En el momento de hacer el diseño, se debe hacer teniendo una tolerancia de 0,04 mm, esto por la expansión del material en la impresión.
- Se recomienda analizar el software a utilizar, porque la plataforma FreeCAD no es útil para todo tipo de diseño, ya que este no posee muchas funciones como ensamble de piezas o pruebas de resistencia, entre otras cosas.
- Las piezas que se pueden diseñar son aquellas que no están en contacto directo con fluido o superficies calientes, además, que no resista mucho peso, esto por el material de impresión.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- En una continuación de este trabajo, es importante llevar una secuencia de piezas a diseñar, para el momento de necesitar un repuesto sea buscarlo en una base de datos e iniciar la impresión, esto ayuda a mejorar el tiempo de búsqueda y el tiempo de diseño sería nulo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Blaz, N., Zivanov, L., Milica, K., & Menicanin, A. (2022). Fully 3D printed rolled capacitor based on conductive ABS. *ELSEVIER*. Obtenido de <https://doi.bibliotecaitm.elogim.com/10.1016/j.elecom.2021.107178>
- Caballero, R., Castellón, M., & Pulido, G. (junio 2021). Modelado 3D CAD de una Planta Potabilizadora. *Trabajo presentado en el XVIII Congreso Nacional de Ciencia y tecnología*. Panamá. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/apanac/article/view/3214/3869>
- Contreras, L. (18 de marzo de 2019). *3dnatives*. Obtenido de <https://www.3dnatives.com/es/mejores-sofware-cad-programa-180320192/#!>
- de Frutos Marcos, D., Ortega Martinez, R., Zazpe cenoz, I., & Gorriaran Terreros, M. (s.f.). Utilidad de la impresión 3D en la cirugía de craneosintosis. *Anales de Pediatría*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2021.05.022>
- García, J. I. (2004). *Fundamentos del diseño mecánico*. Cali: Universidad del Valle.
- Pedraja, J., Maestre, J. M., Rabanal, J. M., Morales, C., Aparicio, J., & del Moral, I. (2020). Papel de la impresión 3D para la protección de los profesionales del área quirúrgica y cuidados críticos en la pandemia de covid-19. *Rev Española de anestesiología y reanimación*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.redar.2020.07.011>
- Ponce, R. V. (2016). *Impresoras 3D: Marco teórico, modelos de desarrollo y campos de aplicación [Tesis de doctorado, Universidad de Castilla-La mancha]*. Repositorio RUIdeRA. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10578/10513>
- Sharafi, s., Santare, M. H., Gerdes, J., & Advani, S. G. (2022). predict the mechanical response of 3D printed parts. *ELSEVIER*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102597>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____