

Julio 2018 - ISSN: 1696-8352

DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA ALIMENTOS FRITURADOS PARA EL AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN MEDIANAS EMPRESAS

DESIGN OF A PROTOTYPE FOR FRITURATED FOOD FOR PRODUCTIVITY INCREASE IN MEDIUM COMPANIES

AUTORES:

Eugenia Mercedes Naranjo Vargas

Magister en Diseño Mecánico
Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
enaranjo@esPOCH.edu.ec

Julio César Moyano Alulema

Magister en Gestión de la Producción y productividad
Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
jucemoyano@hotmail.com

Alcides Napoleón García Flores

Magister en pequeña y medianas empresas mención finanzas
Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
an_garcia@esPOCH.edu.ec

Ángel Geovanny Guamán Lozano

Magister en Gestión de la Producción y productividad
Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
Angel_lzn88@hotmail.es

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Eugenia Mercedes Naranjo Vargas, Julio César Moyano Alulema, Alcides Napoleón García Flores y Ángel Geovanny Guamán Lozano (2018): "Diseño de un prototipo para alimentos fritos para el aumento de productividad en medianas empresas", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (julio 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/07/alimentos-fritos-productividad.html>

RESUMEN

El prototipo tiene el enfoque a elaborar dulces de sartén, es decir productos culinarios denominados con este nombre a todos los alimentos que contengan masa ligera las cuales se depositan en aceite para su elaboración por un determinado intervalo de tiempo; las formas se realiza mediante la aplicación de distintos moldes para que se genere variedad de presentación, la problemática es que muchos de los productos comercializados no presentan homogeneidad en los productos finales; el objetivo es mejorar el proceso de elaboración de los mismos definiendo la característica mecánica, térmica y automatizada, la mediana empresa en el Ecuador busca mejorar la elaboración de productos mediante el uso eficiente de procesos, ahorro en tiempos y dinero. La máquina está diseñada para producir un total de 450 donas de 90 mm, 580 donas de 7 mm, 1157 donas de 3,5 mm, 600 buñuelos, 250 churros por hora, la descripción del proceso va desde agregar la masa en la tolva de 1 mm de espesor con capacidad de 80 Kg, la misma que está acoplada a un troquel, que es útil para darle forma, al caer la masa estará en reposo por un tiempo de 3 minutos aproximadamente en un depósito de aceite, este posee un sistema de recirculación para que las donas sigan

avanzando en el proceso de elaboración y no se cree estanqueidad, para poder freír a los dos costados, posee un mecanismo que ayuda a voltear, el sistema de freído es a base de resistencias eléctricas las mismas que no deben sobrepasar una temperatura de 180 °C, de igual forma se realizó una simulación de la bandeja de 3 milímetros de espesor, acero inoxidable AISI 304, el valor agregado en este prototipo son los moldes los cuales ofrecen otro tipo de conformado y a un mismo valor, lo que hace que sea atractivo para adquirirlo, se estima un valor de 1 450 dólares americanos incluido impuestos, comparando con una máquina importada con un valor de 4000 a 5000 dólares.

Palabras claves: mediana empresa, donas, productividad, alimentos.

ABSTRACT

The prototype has the approach to make frying candies, that is to say, culinary products named with this name to all the foods that contain light mass which are deposited in oil for its elaboration for a certain interval of time; the forms are made by applying different molds so that variety of presentation is generated, the problem is that many of the products marketed do not show homogeneity in the final products; the objective is to improve the process of elaboration of the same defining the mechanical, thermal and automated, the medium business in Ecuador seeks to improve the development of products through the efficient use of processes, saving time and money. The machine is designed to produce a total of 450 donuts of 90 mm, 580 donuts of 7 mm, 1157 donuts of 3.5 mm, 600 fritters, 250 churros per hour, the description of the process goes from adding the mass in the hopper of 1 mm thick with a capacity of 80 Kg, which is coupled to a die, which is useful for shaping it, when the dough falls, it will be at rest for approximately 3 minutes in an oil tank, it has a system of recirculation so that the donuts continue advancing in the process of elaboration and it is not created watertightness, to be able to fry on both sides, it has a mechanism that helps to turn, the frying system is based on electrical resistances the same ones that should not exceed a temperature of 180 ° C, similarly was performed a simulation of the tray of 3 mm thick, stainless steel AISI 304, the added value in this prototype are the molds which offer another type of forming and the same value, what which makes it attractive to acquire it, it is estimated a value of 1 450 US dollars including taxes, comparing with an imported machine with a value of 4000 to 5000 dollars.

Keywords: medium company, donuts, productivity, food

1. INTRODUCCIÓN

La mejora continua de los distintos procesos productivos, se enfoca en la pequeña industrial donde busca la elaboración de maquinaria que permita mejorar la calidad de los productos, en este caso la elaboración de donas, churros, buñuelos, que son comercializados (figura 1) en el medio local de manera ambulante, muchas máquinas ya han sido elaboradas pero para cada producto, lo cual demandan mayor inversión o la importación de los mismos, además el mercado nacional aún se siguen realizando estos procesos de forma artesanal (Álvarez, 2005), muchos de los comerciantes

que se dedican a estas actividades han presentado percances como quemaduras, fuga de gas, incendios, desperdicio de producto en la elaboración, además los municipios de las distintas dependencias buscan que los comerciantes tengan un local propio ya que la mayoría de los comerciantes que expenden los friturados lo hacen al aire libre, sin controles de salubridad en alguno de los casos. El enfoque que el estado ecuatoriano es “más industria mayor desarrollo” (Ministerio de Industrias y Productividad Ecuador, 2016) , el país debe incrementar la cantidad de producción de maquinaria (Butters). La marca que importa donas y comercializa en el país es: “Dunkin Donuts”, una cadena multinacional de franquicia en más de 30 países, de tipo cafetera especializada en donas” (Dunkin donuts, 2018), Entonces se propone la construcción de una máquina para hacer churros que tiene un precio aproximado de \$ 1 450 dólares americanos con una capacidad de 10 litros de masa, por lo que se parte con la iniciativa de estudiar las distintas máquinas ya creadas y mejorarlas, dando mejores criterios ingenieriles bajo reglamento de seguridad y salud para los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo según artículos 97 y 98 (Camara de comercio de Quito , 2018). Para este proyecto de carácter técnico, las máquinas de donas son fabricadas en varias empresas de ingeniería de diferentes países pero los costos de importación y mantenimiento de estas, no son tan accesibles para los microempresarios ecuatorianos, por lo que es de vital importancia analizar y superar esta problemática.

Figura1: Venta de alimentos friturados en la localidad



Fuente: Autores

Rediseñar un prototipo para elaborar productos friturados que satisfaga las necesidades o requerimientos que los micropoductores (El Universo, 2017), dimensionar y simular la parte mecánica de la máquina (Ma San Zapata, 2013), eliminar el desgaste físico-corporal del trabajador y optimizar el tiempo en la obtención de productos friturados (ASPREC S.A., s.f.). Otro de los objetivos que se busca es enfocarse en el plan nacional de desarrollo que promueve el estado ecuatoriano para el periodo 2017-2021 específicamente en el sector industrial alimenticio, el estado busca mantener un manejo macroeconómico adecuado, transparente, con énfasis en la producción y comercialización de bienes (Ministerio de Industrias y Productividad; FLACSO Ecuador, 2013), es decir permite el uso de tecnología y maquinaria industrial aplicada al incremento de productividad, para buscar una

economía basada en la prestación de servicios y en la generación de elementos con valor agregado. (Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo, 2017)

El prototipo se desarrolla en primera instancia en software Solidworks 2018 (versión estudiante), Estas herramientas tecnológicas permitirán tener un mayor acercamiento y solvencia a los problemas que se puedan presentar al momento de la construcción, ensamble, mantenimiento, fallas de materiales e instalación. Además, optimizan el diseño de la máquina para predecir cómo funcionará y reaccionará determinado producto bajo un entorno real permitiendo la visualización del mismo permitiendo tener ahorro de tiempo y costo de inversión.

2. METODOLOGÍA

Para desarrollar el diseño y análisis de los componentes se los realiza con la sustentación de bibliografías, con los criterios de diseño mecánico (Nieto Quijorna, 2007). Los cálculos de diseño (Shigley & Mischke) de elementos, los cuales deben poseer criterios para la fácil construcción, montaje, desmontaje y su mantenimiento. Para los diseños y criterios de dimensionamiento y armado de la maquina será ocupado el software Solidworks 2018 versión para estudiante es un programa de diseño 3D (Rodríguez Vidal & López Maroño, 2015).

Al realizar el prototipado de la máquina en este programa, continuaremos con el funcionamiento de las distintas partes (NORTON, 2009), la programación se requiere indicadores de temperatura (Çengel & Boles, 2015) se ocuparía el sistema arduino (Arduino, 2 018) por ser de característica de fácil programación , el tiempo de frituración, son condiciones mediante transferencia de calor (Holman, 2011),el control de la caída de la masa al embudo, el material que se escogió es acero inoxidable de carácter alimenticio AISI 304 (BOHMAN)

Para la selección de materiales ideales para el trabajo en la máquina freidora se requiere uno que sea resistente a alta temperatura, resistencia a la corrosión, por lo que se selecciona 3 materiales acorde a las características requeridas para poder hacer simulación y determinar acero inoxidable 304 figura 2 el más idóneo debido a su mejor soldabilidad, resistente a la corrosión. En catálogo IVAN BOHAMN, se detallan los materiales como STAVAX y RAMAX que son inoxidables.

Figura 2: Selección de tipo de aceros inoxidable

| Composición química | | | | | | | | |
|---------------------|-------------|--------|--------|----------|---------|-------------|-------------|-----------|
| Análisis típico % | % C | % Si | % Mn | % P Máx. | % S | % Cr | % Ni | % Mo |
| 304 | ≤ 0.08 | ≤ 1.00 | ≤ 2.00 | ≤ 0.045 | ≤ 0.015 | 18.0 - 20.0 | 8.0 - 10.5 | — |
| 316 L | ≤ 0.03 | ≤ 1.00 | ≤ 2.00 | ≤ 0.045 | ≤ 0.015 | 16.0 - 18.0 | 10.0 - 14.0 | 2.0 - 3.0 |
| 430 | ≤ 0.08 | ≤ 1.00 | ≤ 1.00 | ≤ 0.040 | ≤ 0.015 | 16.0 - 18.0 | — | — |
| 420 mod | 0.36 - 0.45 | ≤ 1.00 | ≤ 1.00 | 0.030 | 0.030 | 12.5 - 14.5 | ≤ 1.00 | — |

| Equivalencias y propiedades | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|--------------|------------------|---------|----------------------|
| ASTI | Resistencia a la tracción (kg/mm ²) | Resistencia a la cedencia mín. (kg/mm ²) | Elongación % | Dureza HB (máx.) | W.Nr | European Designation |
| 304 | 54 | 21 | 58 min | 190 | 1.43012 | X5CrNi18-10 |
| 316-L | 53 | 24 | 50 | 200 | 1.4404 | X2CrNiMo17-3-2 |
| 430 | 53 | 26 | 40 | 180 | 1.4016 | X6Cr17 |
| 420 mod | — | — | — | 241 | 1.2083 | X41Cr13 |

Fuente: Holman, 2011

En la selección del espesor igual se da de acuerdo a la figura 3, el que se considera es el de 1 mm con sus características propias de planchas ASTM A240/A480, que son laminadas en frío.

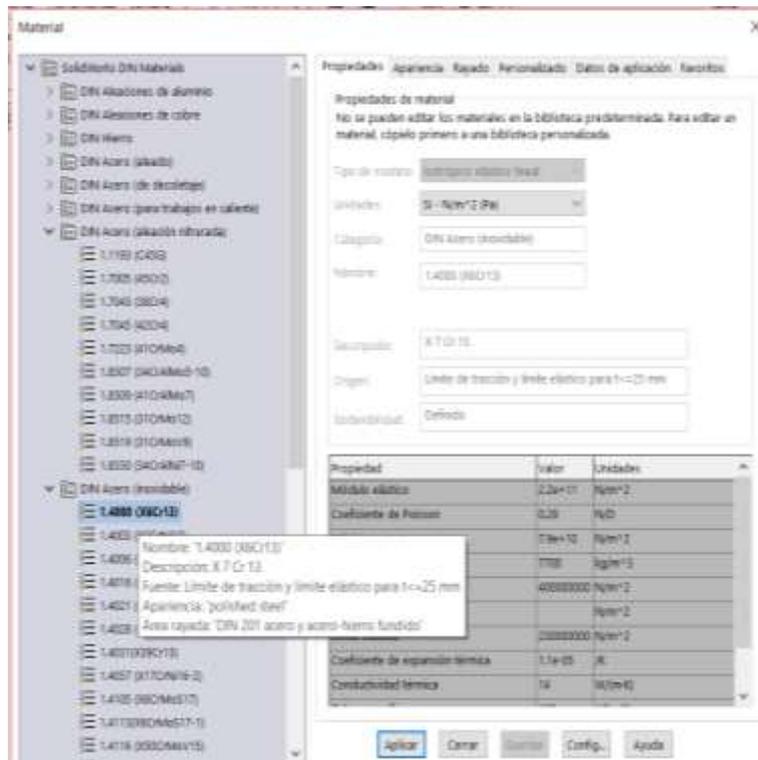
Figura 3

| (Espesor) mm | Ancho x longitud mm | Peso apróx. kg | 304 | 316-L | 430 | Acabado |
|--------------|---------------------|----------------|-----|-------|-----|--------------|
| 0.4 | 1220 x 2440 | 9.3 | | | * | BA, Nº 4 |
| 0.5 | 1220 x 2440 | 11.5 | - | | * | BA, 2B, Nº 4 |
| 0.6 | 1220 x 2440 | 13.8 | - | | * | BA, 2B, Nº 4 |
| 0.7 | 1220 x 2440 | 17.0 | - | | * | BA, 2B, Nº 4 |
| 1.0 | 1220 x 2440 | 24.0 | - | | * | BA, 2B, Nº 4 |

Fuente: Holman, 2011

Del mismo modo en la figura 4 una vez que se considere el material seleccionado en catálogo se le asignará uno en el software solid Works, con las mismas características mecánicas y de composición.

Figura4: Selección del material en solid works



Fuente: Autores

En cuanto al detalle de temperaturas y tiempo de friturado se detalla en la figura5 a continuación en donde hay detalle de las distintos alimentos fritados con masa de tipo de trigo (Palmex, 2018).

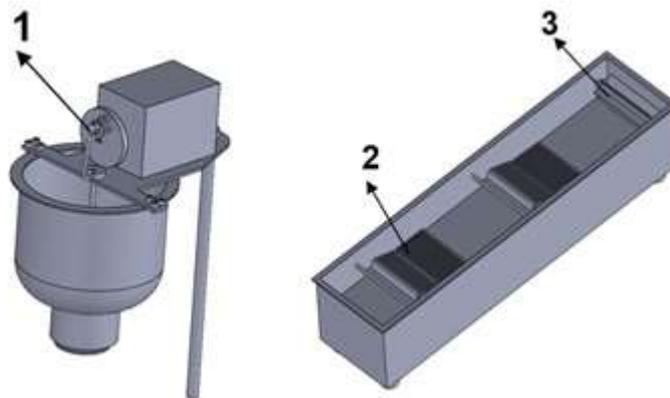
Figura5: Temperaturas de friturado en masa de trigo

| LÍNEA DE TRIGO | | |
|------------------------|--------------------|----------------------------|
| Producto Product | Temp °C Temp °F | Tiempo (seg) Time (sec) |
| 10 x 10 Extra | 235 / 455 | 14 |
| 10 x 10 Extra Max's | 235 / 455 | 14 |
| 4 x 8 | 210 / 410 | 15 |
| 4 x 4 | 210 / 410 | 14 |
| 2 x 2.5 | 200 / 392 | 15 |
| 2 x 2 | 210 / 410 | 12 |
| Cuadrini Novo | 200 / 392 | 14 |
| Mini Cuadro | 205 / 401 | 14 |
| Cuadrini | 195 / 383 | 14 |
| 2 x 3 Liso | 195 / 383 | 10 |
| 1.5 x 3 Liso | 195 / 383 | 10 |
| Tubo | 205 / 401 | 15 |
| Tubo Grande | 205 / 401 | 15 |
| Anillo | 195 / 383 | 14 |
| Anillo Grande | 195 / 383 | 11 |
| Rueda | 195 / 383 | 17 |
| Mini Rueda | 108 / 356 | 20 |
| Dona | 195 / 383 | 17 |
| Tornillo | 195 / 383 | 19 |
| Mini Tornillo de Trigo | 205 / 402 | 15 - 16 |
| Pajillo | 190 / 356 | 11 |

Fuente: (Palmex, 2018).

La densidad de la masa para donas, buñuelos, churros presentan contextura similar por lo que selecciona $526,9 \text{ kg/m}^3$ (Materias primas ,2018). Para la parte mecánica del sistema se analiza un conjunto de mecanismos expuestos en diferentes catálogos pero bajo estándares de diseño (Hibbeler, Mecánica vectorial para ingenieros Dinámica,2010) en la figura 6 se muestra: Sistema de mecanismo 1: tipo troquel, para formar los anillos a la masa será diseñado para un diámetro de 90 mm de exterior, Sistema de mecanismo 2: volteo de la masa dentro de una bandeja llena de aceite, para la frituración total uniforme de la masa. Sistema de mecanismo 3: En la bandeja llena de aceite existirá un sistema, que mediante el flujo del aceite y a la velocidad, empujaran las donas hacia la salida de la bandeja. De esta manera, con el volteo y la velocidad del troquel, trabajará de forma continua y sincronizada con los sistemas de mecanismos 1 y 2, para la correcta producción de donas, finalmente, una vez que las donas se encuentren en la salida de la bandeja, pasarán a una mesa para su proceso final.

Figura 6: Sistema de mecanismo, troquel, bandeja de aceite



Fuente: Solid Works autores

Descripción del trabajo: Se enciende la máquina para que el aceite alcance la temperatura de 180 C° el personal encargado coloca la masa en la tolva, el troquel inyecta y forma las donas, seguido caen al depósito con aceite, mientras las donas se fríen por uno de sus lados se mueve a lo largo del depósito de aceite (velocidad generada por un dispositivo de empuje en el aceite) figura 7, un dispositivo colocado en la mitad de la trayectoria voltea automáticamente a las donas, para continuar la fritura del lado opuesto, al final de la trayectoria (depósito).

Figura7: Sistema de volteo de las donas



Fuente: Autores

Otro dispositivo similar a la anterior saca las donas ya fritas completamente a la bandeja de secado y enfriado, el sistema de friturado es a base de resistencias eléctricas tubulares figura 8, para tener una fritura homogénea y consistente, además de funcionar con energía limpia, una recomendación que algunos fabricantes sugieren es que no se debe exceder de los $6W/cm^2$ (Martinez, s. f.)

Figura 8: Resistencia eléctrica tubular



RESISTENCIAS ELÉCTRICAS OMEGA
Resistencias Tubulares

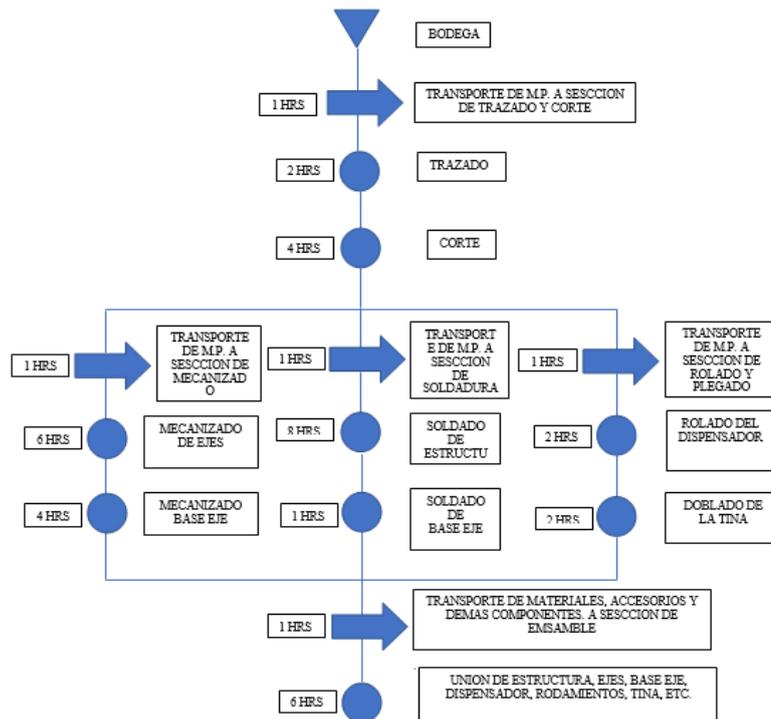
Fuente: (Castillo, 2017)

Tiempo de producción de productos fritos.

Por visualización directa se estima un tiempo entre 5 a 10 segundos en que cae la masa conformada se estima un valor intermedio de 8 segundos cantidad de 450 donas por hora para el diámetro de 90 mm tomado con cronómetro, si se considera con los diámetros 70 mm aplicando regla de tres inversa producirá un total de 580 donas, y para un diámetro de 3,5 un estimado de 1157 donas, para los valores de buñuelos se consideró del mismo intervalo de tiempo 8 segundos para producir con un diámetro de 25 mm un total de 600 buñuelos, para los churros con lados de 18 mm y longitud de 150 mm, un valor de 250 churros por hora.

Diagrama de Construcción del prototipo

Figura 9: Esquema de construcción de la máquina de elaboración de donas



Fuente: Autores

En la figura 9 se ilustra el proceso de producción de la máquina para la elaboración de donas, desde la estación de trabajo de recepción de materia prima, para trasladarse al puesto de trabajo de corte, donde de acuerdo a las medidas proporcionas se procede a mecanizar, soldar, doblar, rolar, pintar, instalación de sistema eléctrico y electrónico con adición de un arduino para la automatización.

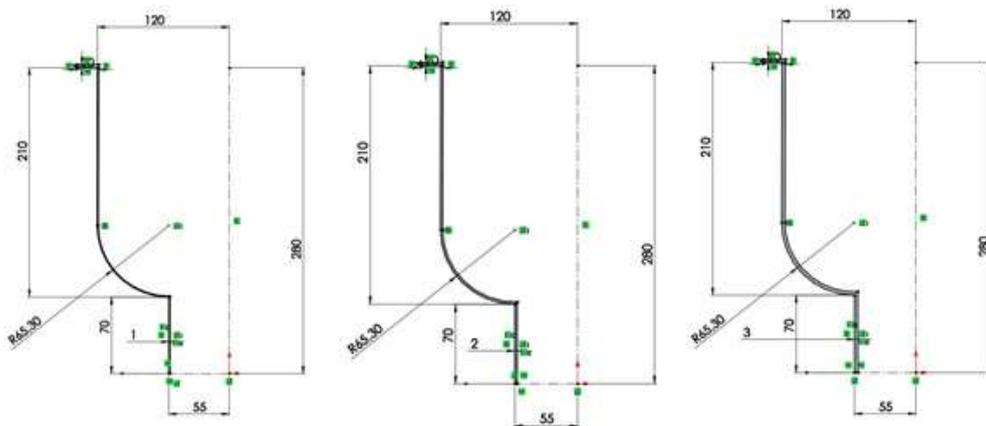
3. RESULTADOS

Las dimensiones consideradas para la tolva donde se va a colocar la masa es de 8 kg ya que en el mercado nacional se consideran valores entre 10 y 5 kg de capacidades, por visualización directa en algunos lugares donde se elaboran los productos con un cronometro se determina un valor de elaboración de 8 s para cada producto (buñuelo, churro, dona). Por cuestiones de calidad e higiene se decidió considerar Acero Inoxidable 304 ya que es un material utilizado para la elaboración de alimentos para consumo humano (Hibbeler, Mecánica de materiales, 2006).

La máquina está diseñada para producir un total de 450,580 y 1157 donas, 600 buñuelos, 250 churros por hora, de dimensión de 9,7 y 3,5 cm para las donas, buñuelos de 25 cm mientras que para los churros sus dimensiones serán de 2,5 cm de diámetro y longitud de 15 cm además se incorporaron otros moldes para realizarlo de menores tamaños, la descripción del proceso va desde agregar la masa en la tolva figura 10, la misma que está acoplada a un troquel, el cual posee el modelo para darle forma del molde, al caer la masa estará estancada por un tiempo de 3 minutos aproximadamente en un depósito de aceite este posee un sistema de recirculación para que las donas sigan avanzando en el proceso de elaboración y no se cree estanqueidad, para poder freír a los dos costados, posee un mecanismo que ayuda a voltear, el sistema de freído es a base de resistencias térmicas las mismas que no deben sobrepasar una temperatura de 180 °C, se debe

recalcar que en costos de elaboración de la máquina en escala real se estima un valor de 1 450 dólares americanos incluido impuestos, comparando con una máquina importada tiene un valor de 4000 a 5000 dólares, además permite una mejora en el proceso ya que no interviene mayor cantidad de personal, homogeneización, evitar costos de importación de maquinaria. Una vez determinado el tipo de acero inoxidable acorde a catálogo nacional mencionado se seleccionó espesores de 1,2 y 3 mm AISI 304 esto se aplica para la tolva.

Figura 10: Diseño de la tolva

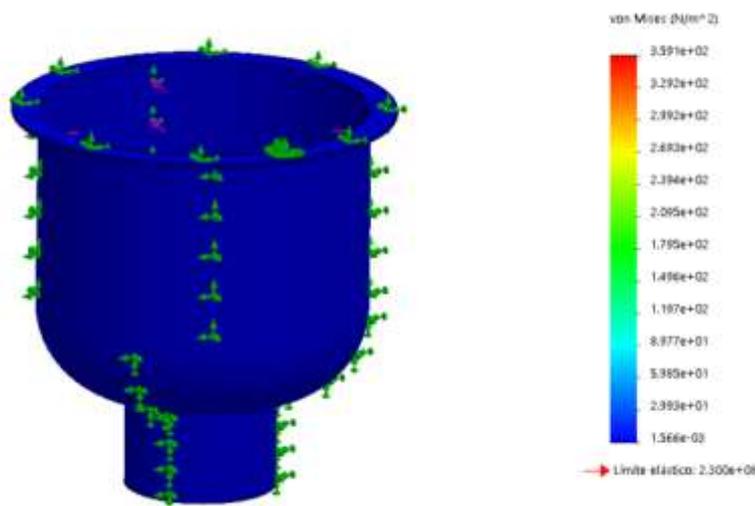


Fuente: Los autores

Para la optimización de recursos se planteó seleccionar el espesor adecuado en acero inoxidable por lo que se realizó simulación de análisis estático para cada uno de los espesores. Antes de empezar hacer la simulación se consideraron algunos parámetros como la masa que se va aplicar un valor de 8 kg, es decir un peso de 78,4 N para los espesores de 3, 2, 1 mm.

Para el primer análisis figura 11, con un espesor de se obtuvieron valores máximos de 359 N/m^2 y valores mínimos de $1,566 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$, teniendo el límite máximo de $2,3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

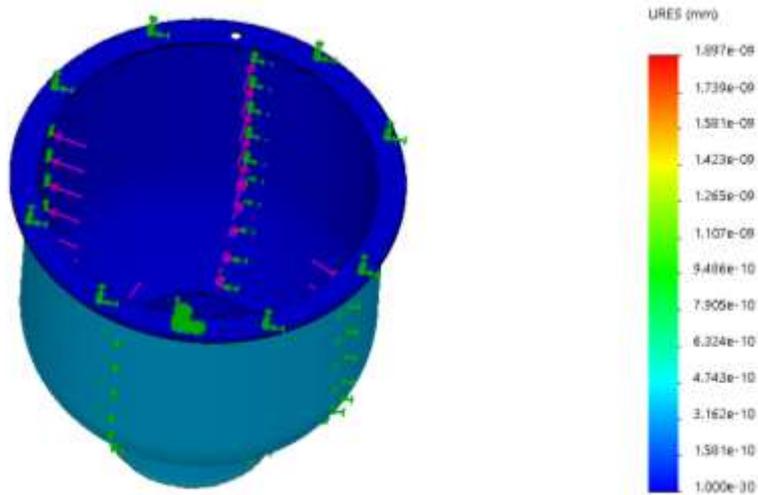
Figura11: Diseño de la tolva, simulación del análisis estático



Fuente: Los autores

Desplazamiento los valores figura 12, van desde 1×10^{-30} hasta $1,897 \times 10^{-9}$ mm son valores mínimos por lo que no se generaría problema alguno.

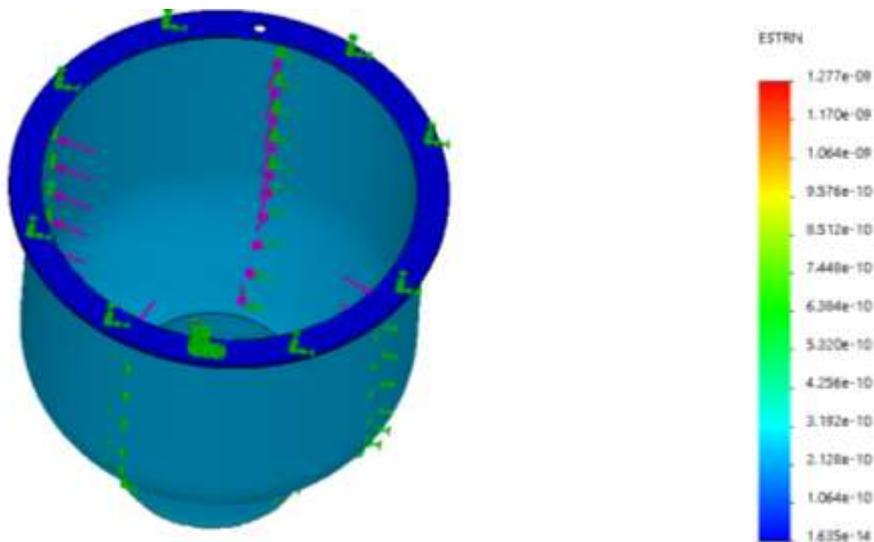
Figura12: Diseño de la tolva valores mínimos



Fuente: Los autores

Deformación Unitaria figura 12, los valores inician con valor mínimo de 1×635^{-14} hasta $1,277 \times 10^{-9}$ mm son valores mínimos por lo que no se generaría problema alguno.

Figura12: Diseño de la tolva deformación Unitaria



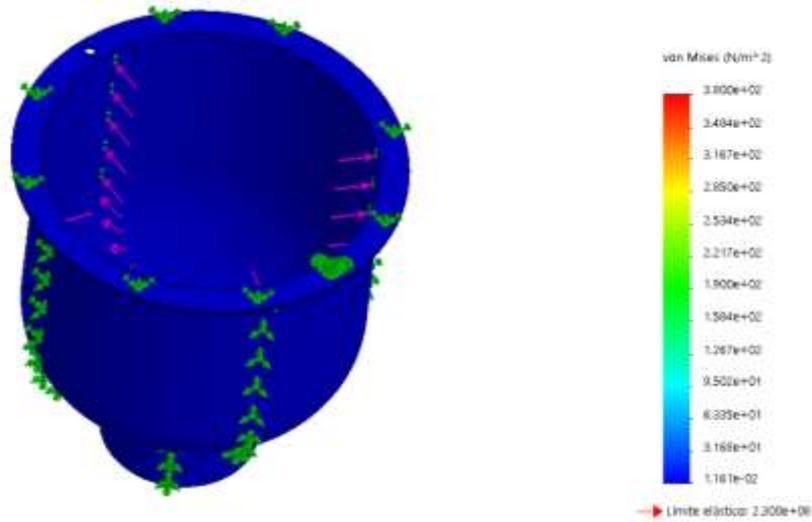
Fuente: Los autores

Análisis estático para tolva de 2mm

Análisis de Von mises

Para el primer análisis con espesor de 2 mm de se obtuvieron valores máximos figura 13, de $3,8 N/m^2$ y valores mínimos de $1,161 \times 10^{-2} N/m^2$, teniendo el límite máximo de $2,3 \times 10^8 N/m^2$.

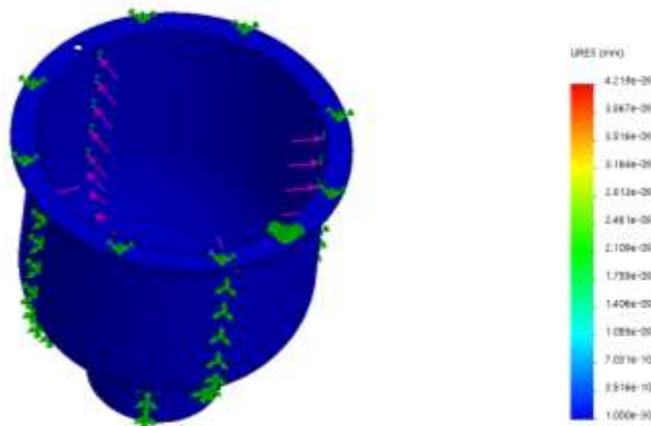
Figura13: Análisis estático para tolva de 2mm



Fuente: Los autores

En el análisis de deformación figura 14, los valores van desde 1×10^{-30} hasta $4,21 \times 10^{-9}$ mm.

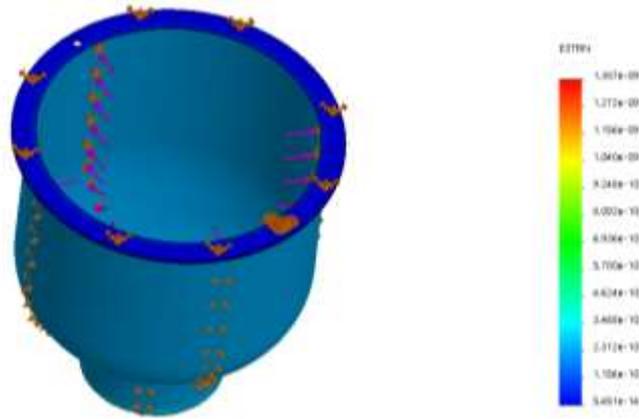
Figura 14: Análisis de la deformación



Fuente: Los autores

Análisis de deformación unitaria figura 15 los valores inician con valor mínimo de $5,45 \times 10^{-14}$ hasta $1,387 \times 10^{-9}$ mm son valores mínimos por lo que no se generaría problema alguno.

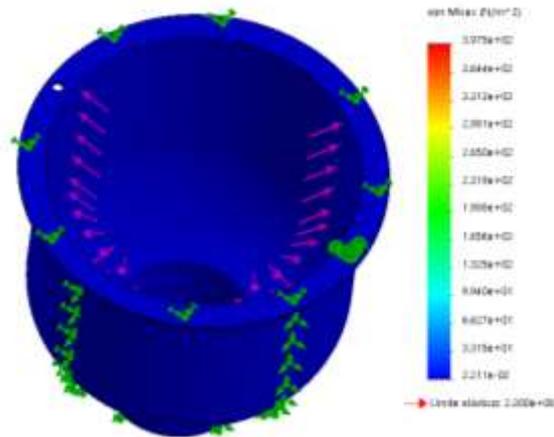
Figura 15: Análisis de deformación unitaria



Fuente: Los autores

Para el primer análisis con espesor figura 16, de 1 mm de se obtuvieron valores máximos de $3,97 \times 10^2 N/m^2$ y valores mínimos de $2, \times 10^{-2} N/m^2$, teniendo el límite máximo de $2,3 \times 10^8 N/m^2$.

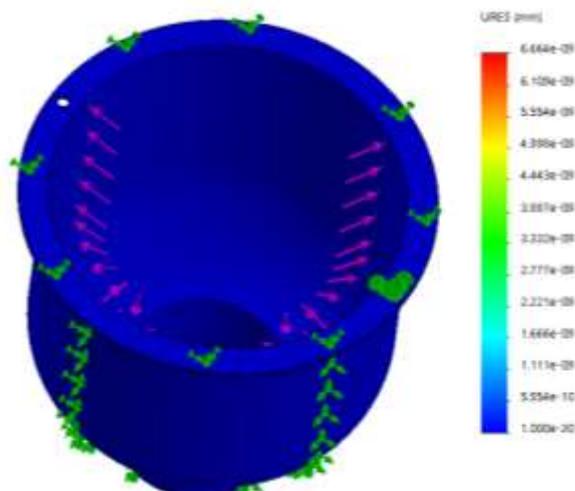
Figura 16: Análisis del espesor



Fuente: Los autores

En el análisis de deformación los valores van desde 1×10^{-30} hasta $6,664 \times 10^{-9}$ mm.

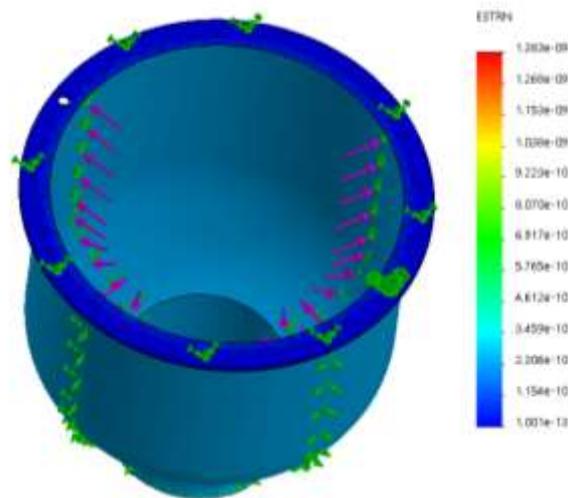
Figura 17: análisis de deformación



Fuente: Los autores

Análisis de deformación unitaria los valores inician con valor mínimo de $5,45 \times 10^{-14}$ hasta $1,387 \times 10^{-9}$ mm son valores mínimos por lo que no se generaría problema alguno.

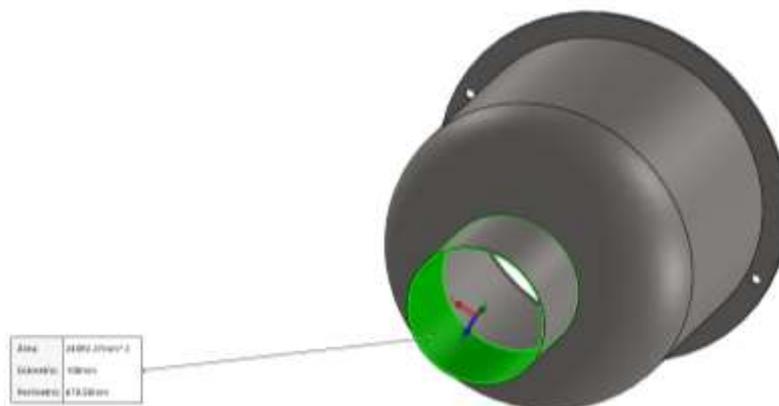
Figura 18: Análisis de deformación unitaria



Fuente: Los autores

En el mercado se requiere algunas variaciones en cuanto a las dimensiones de los distintos productos, por lo que se percató la necesidad de incorporar moldes figura 20, para elaborar donas, buñuelos y churros de diversos tamaños, se considera el diámetro externo para cada uno de los moldes el de la tolva es decir un valor 108 mm las mediciones que se consideró para la realización de la dona es de 9, 7,5 y 3 cm, un diámetro interior de 7, 5, 3,2 cm respectivamente un espesor de 2,53 cm.

Figura 20: Diferentes tipos de moldes





Fuente: los autores

Para el molde para churros figura 21, se considera un octeto de 18 mm de lado por donde se prensará la masa para que adquiera la forma, además para que tenga el acople correcto se dimensionó con 108 mm de diámetro.

Del mismo modo se elaboró un molde para buñuelos de 25 mm de diámetros.

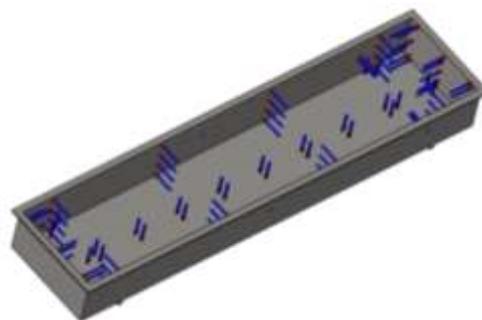
Figura 21: Moldes de churos



Fuente: los autores

Calcularemos la cantidad de calor necesario para calentar el aceite desde una temperatura inicial de 20° C (temperatura ambiente) hasta los 180 ° C necesarios para hacer la fritura de las donas. En la figura 22 se considera las condiciones de valores inicial y final.

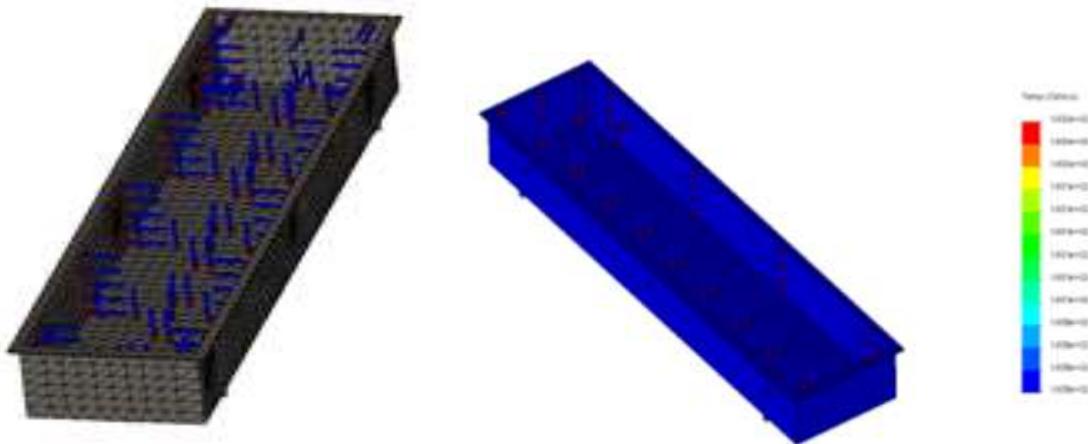
Figura 22: Condiciones iniciales y finales del recipiente de fritura



Fuente: los autores

Una vez insertado los valores de temperaturas, considerando el espesor de 3mm de acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio, se genera un mallado fino para obtener valores.

Figura 23: Análisis de dimensionamiento del espesor respecto temperatura



Fuente: los autores

Con todos los análisis detallados en la construcción del prototipo para la elaboración de donas se ilustra en la figura 24 la máquina motivo de estudio.

Figura 24. Máquina prototipo para elaboración de donas



Fuente: los autores

En la parte que corresponde a la automatización se utiliza un arduino figura 25 en la que se programa de la forma siguiente:

Para la programación uno de los principales elementos que son necesarios para la elaboración de producto es ARDUINO, mismo que agiliza cualquier tipo de proceso en este caso el de la máquina de productos fritos.

Figura 25: Automatización del sistema mediante un arduino



Fuente: los autores

En la parte inferior se detalla la programación, la misma que no es extensa y de fácil comprensión.

PROGRAMACION “DONAS” EN ARDUINO

```
        //#include <Wire.h>  
        int C2=7;  
        int C3=6;  
        int C4=5;  
        int C5=4;  
        void setup()  
        {  
            Serial.begin(9600);  
            pinMode(C2, OUTPUT);  
            pinMode(C3, OUTPUT);  
            pinMode(C4, OUTPUT);  
            pinMode(C5, OUTPUT);  
            // digitalWrite(C2,HIGH);  
  
        }  
        void loop()  
        {  
            for (int i=0; i <= 10; i++){  
            digitalWrite(C2,HIGH);// ////APAGADO MOTOR DE TOLVA  
            delay(700);
```

```

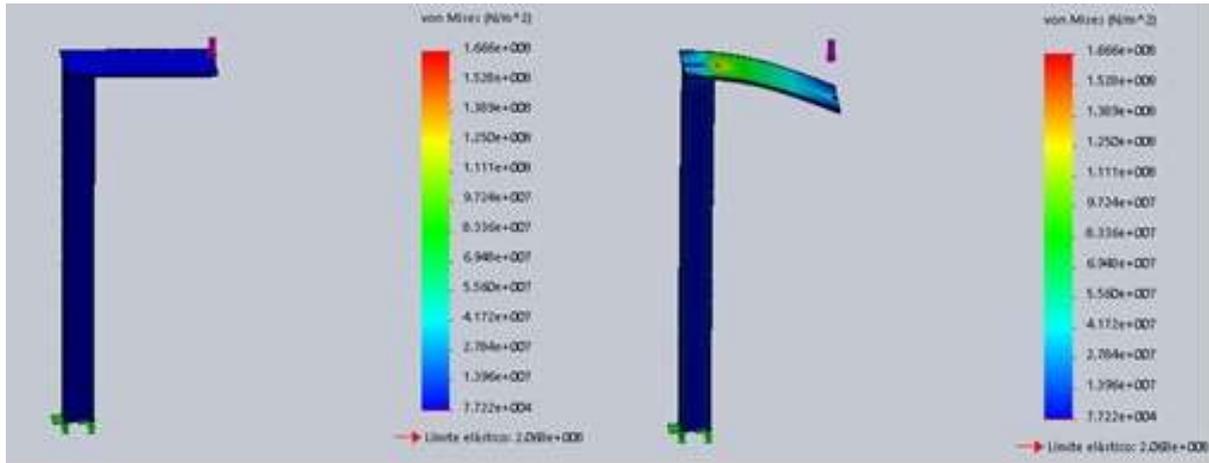
digitalWrite(C2,LOW);//// ENCENDIDO MOTOR DE TOLVA
    delay(100);
    }

digitalWrite(C2,HIGH);
    ///////arriba paletas
digitalWrite(C3,LOW);
digitalWrite(C4,HIGH);
    delay(500);
digitalWrite(C3,LOW);
digitalWrite(C4,LOW);
    delay(1700);
    /////abajo paletas
digitalWrite(C3,HIGH);
digitalWrite(C4,LOW);
    delay(500);

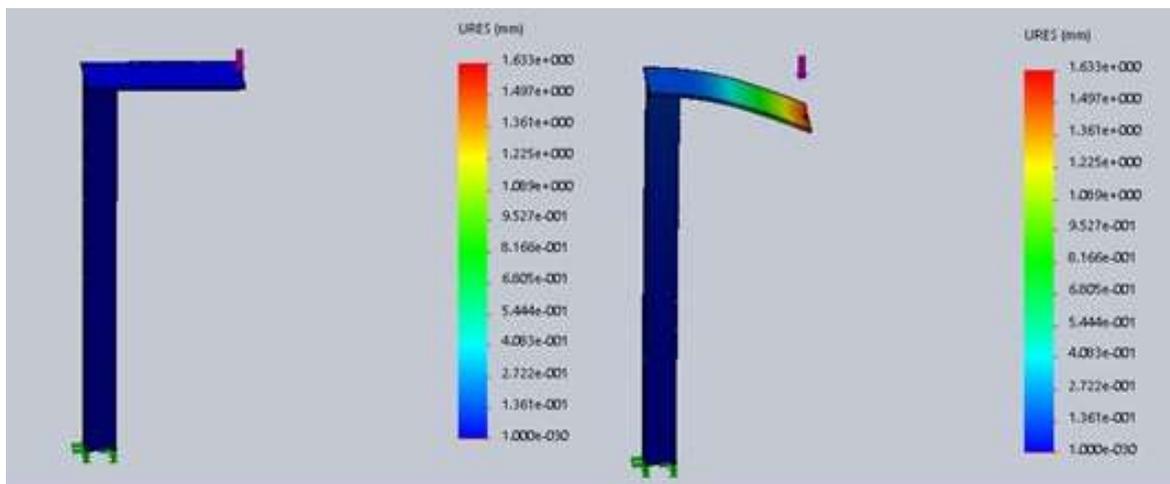
digitalWrite(C3,LOW);
digitalWrite(C4,LOW);
    delay(1500);
}

```

Una vez realizado el análisis de carga para el recipiente contenedor de masa (tolva) es de vital importancia, realizar otro análisis estático para el pórtico que soporta el recipiente, para esto se consideró tubería de 2x2 cm una longitud de 23 cm para la columna, para la viga en voladizo una longitud de 10 cm y espesor de 2 mm, misma que en el extremo se emperna justo en el extremo a la tolva. Es importante realizar el análisis estático del mismo, al ejecutar el análisis de von Mises cabe recalcar que el valor máximo de límite elástico del material es de $2,088.10^9 \frac{N}{mm^2}$ y el valor máximo obtenido es de $1,66.10^9 \frac{N}{mm^2}$.



Si se requiere visualizar en análisis de desplazamiento su valor máximo de desplazamiento es de **1,63 mm**, este dato fuerza si se mantuviera constante el valor de la masa es decir los 8kg, se debe recordar que el valor de masa va ir disminuyendo a razón de inyección de masa en el molde para elaborar el producto friturado, el valor mínimo de desplazamiento es de 1×10^{-30} mm un valor relativamente pequeño.



Para el análisis de desplazamiento unitario los valores mínimos y máximos son de $9,28 \times 10^{-7}$ y $4,424 \times 10^{-4}$ rango muy pequeños, lo que se estima que la deformación es mínima.

4. CONCLUSIONES

- El prototipo realizado tiene consideraciones para el acceso dinámico con la variedad en cuanto a moldes y formas.
- El tiempo de elaboración de productos es de 8 segundos por lo que se estima producir 450,580 y 1157 donas, 600 buñuelos, 250 churros por hora, de dimensión de 9,7 y 3,5 cm para las donas,

buñuelos de 2,5 cm mientras que para los churros sus dimensiones son de 2,5 cm de diámetro y longitud de 15 cm.

- Para disminuir en costos de materiales se realizó simulaciones en estado estático por lo que se considera para la tolva un espesor de 1mm, para una masa de 8 kg, en el análisis de von mises en el que se determina el límite elástico generado por el peso cumple dentro del rango máximo de $3,975 \cdot 10^2 N/m^2$ y valores mínimos de $2 \cdot 10^{-2} N/m^2$, teniendo el límite máximo del material de $2,3 \cdot 10^8 N/m^2$, el cual cumple el rango considerable y además el precio es menor.
- En cuanto al nivel de manipulación de producto se consigue controlar la forma del mismo y la aplicación de normas de salubridad e higiene en la producción alimentaria utilizando el prototipo construido en acero inoxidable AISI 304, recomendado para trabajar con alimentos fritos.
- El prototipo presenta gran facilidad en el proceso de mantenimiento y limpieza, ya que está compuesta por varias partes desmontables.
- El análisis característico tanto mecánico como técnico facilitó el dimensionamiento, funcionamiento, diseño y construcción del prototipo.
- Al considerar resistencias eléctricas la máquina presenta una mejor cocción, además las propiedades del aceite no se degradarán con facilidad.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Nieto Quijorna, A. (2007). *Elementos de Máquinas*.
- (2018). Obtenido de materias primas: <http://www.uco.es/dptos/bromatologia/tecnologia/bib-virtual/bajada/mempan.pdf>
- Álvarez. (2005). Friturado de alimentos. *Universidad de la Habana*.
- Arduino. (enero de 2018). Obtenido de <https://www.aprendiendoarduino.com/2018/01/>
- ASPREC S.A. (s.f.). Obtenido de Condiciones de trabajo seguro en Ecuador (Normativa en seguridad laboral): <http://www.asprec.com.ec/blog/2018/04/02/condiciones-de-trabajo-seguro-en-ecuador/>
- BOHMAN, I. (s.f.). *Catálogo de productos*.
- Butters. (s.f.). *Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos*. Zaragoza -España: ACRIBIA.
- Camara de comercio de Quito . (Enero de 2018). Boletín Jurídico. Obtenido de <https://www.ccq.ec/wp-content/uploads/2018/02/ENERO-de-2018-febrero-8.pdf>
- Çengel, Y., & Boles, M. (2015). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill.
- Dunkindonuts. (2018). Obtenido de <http://www.dunkindonutsecuador.com/donas>
- El Universo. (29 de Junio de 2017). En Ecuador hay más de un millón de Mipymes, según el ministerio de Industrias. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/06/29/nota/6255031/ecuador-hay-mas-millon-mipymes-segun-ministerio-industrias>
- Holman. (2011). *Transferencia de Calor*.

- Ma San Zapata, J. (2013). *diseño de elementos de máquinas I*. Piura, Perú. doi:ISBN-13: 978-84-15774-53-2
- Martinez, J. (s.f.). *Fabricante de resistencias eléctricas industriales*. Obtenido de <http://www.juliomartineznaya.com>
- Mercado Libre Ecuador*. (2018). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-415837716-coche-para-churros-incluye-maquina-_JM
- Ministerio de Industrias y Productividad Ecuador. (2016). *Política Industrial del Ecuador 2016-2025*.
- Ministerio de Industrias y Productividad; FLACSO Ecuador. (2013). *Estudios industriales de la micro,pequeña y mediana empresa*. doi:ISBN: 978-9978-67-396-6
- NORTON, R. (2009). *Diseño de maquinaria*. México: Mc Graw Hill.
- Palmex. (2018). *Manual del freidor*. Obtenido de <http://www.palmex.com/pdf/manual-de-freido.pdf>
- Rodríguez Vidal, & López Maroño, J. (2015). *Diseño mecánico con SOLIDWORKS*. Obtenido de mecánico <http://www.ra-ma.es/libros/DISENO-MECANICO-CON-SOLIDWORKS-2015/91753/978-84-9964-571-1>
- Secretaria Nacional de Planificación y desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. *Toda una Vida*, 20,21.
- Shigley , J., & Mischke, C. (s.f.). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mc Graw Hill.