

## DISEÑO DE UNA MAQUINA AMASADORA Y LAMINADORA AUTOMÁTICA DE MASA PARA PAN

### DESIGN OF A MACHINE KNEADER AND SHEETER AUTOMATIC DOUGH FOR BREAD

MSc (c). Ricardo Andrés García León<sup>a</sup>, MSc. Eder Flórez Solano<sup>b</sup>, Ing. Eduar Pérez Rojas<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación Ingap. Vía Acolsure, Sede el Algodonal - Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

[ragarcial@ufpso.edu.co](mailto:ragarcial@ufpso.edu.co)

<sup>b</sup> Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación Ingap. Vía Acolsure, Sede el Algodonal - Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

[enflorezs@ufpso.edu.co](mailto:enflorezs@ufpso.edu.co)

<sup>c</sup> Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Facultad de Ingenierías, Departamento Ingeniería Mecánica. Vía Acolsure, Sede el Algodonal - Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

[eeperezs@ufpso.edu.co](mailto:eeperezs@ufpso.edu.co)

**Fecha de recepción:** 09-11-2015

**Fecha de aprobación:** 30-11-2015

**Resumen:** Actualmente en la región Norte de Santander, específicamente en Ocaña, existe un gran número de microempresas dedicadas a la producción de pan, hoy en día este proceso se realiza en mesas para moldear y amasar el pan manualmente, los cuales son los elementos que generan mayores costos en las empresas, con la pérdida de tiempo, mano obra y materia prima, para conseguir la homogeneidad de la mezcla. Con fin de disminuir estas malas prácticas, existen diversas herramientas y métodos que permiten llevar un mayor control en las empresas, mejorando la productividad. Para este trabajo primero se analizó que la pérdida de rendimiento y productividad, centrándose en la etapa de amasado y laminado, la cual se puede optimizar mediante la tecnificación de este proceso, para elaborar productos con mejor calidad. De esta manera se analizaron los parámetros de diseño de una máquina amasadora y laminadora haciendo uso de los fundamentos de elementos de máquinas, en lo que concierne a dimensiones y sus propiedades estructurales. Por consiguiente, con este diseño se espera; mejorar el estilo de

vida de los trabajadores ayudando a una mayor productividad y calidad en los productos fabricados, asimismo generando un menor costo en la producción.

**Palabras clave:** Proceso, Diseño, Mezclado, Amasadora, Laminadora.

**Abstract:** Currently in the North of Santander, specifically in Ocaña, a large number of micro enterprises involved in the production of bread, nowadays this is done on tables to mold and knead the dough by hand, which are the elements that generate higher business costs, with the loss of time, hand labor and raw material, to achieve homogeneity of the mixture. In order to reduce these bad practices, there are various tools and methods that allow a greater control in enterprises, improving productivity. For this paper first we analyzed the loss of performance and productivity, focusing on the kneading step and laminated, which can be optimized by the automation of this process, to produce products with better quality. Thus the design parameters of a kneading and laminating machine using the fundamentals of machine elements, as far as dimensions are concerned and its structural properties were analyzed. Therefore, with this design is expected; improve the lifestyle of workers helping to higher productivity and quality in the manufactured products, also resulting in lower production cost.

**Keywords:** Process Design, mixer, sheeter.

## 1. INTRODUCCIÓN

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años. Al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos molidos rudimentariamente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes, de lo cual fue evolucionando hasta como lo conocemos hoy en día con estrictos procesos de calidad. (Mesas & Alegre, 2002)

El pan de trigo puede ser fabricado utilizando una amplia gama de métodos de procesamiento. La principal diferencia entre los métodos se centra en los medios por los que se desarrolla la red de gluten en la masa, es de esta forma que la clave de este desarrollo es la manera en que los ingredientes se reúnen durante la mezcla (homogenización) y la transferencia de

energía mecánica a la masa ya que esta etapa es fundamental en el proceso de desarrollo de la pasta para el pan. Después de la masa se ha formado, el procesamiento de pan continua de los cuales se destacan cinco grupos de procesos de panificación que son: 1. Fermentación de la masa de masa directa en la que los ingredientes se mezclan a baja velocidad y entrada de energía limitada, seguido de reposo de la masa a granel para varias horas, 2. Esponja y masa en el que parte de los ingredientes se mezclan y se fermenta antes de añadirse a los ingredientes restantes para mezcla de la masa final, 3. Procesamiento rápido, donde la fermentación de la masa a granel está ausente o muy reducida y velocidades de mezcla son más altos y la transferencia de energía es mayor, 4. El mecánico desarrollo de la masa basado en la transferencia de energía intensiva y no hay tiempo mayor de

reposo, y 5. La masa madre que está basada en la fermentación espontánea de harina y agua por los lactobacilos y levaduras salvajes. (Cauvain, 2016)

Además, la base fundamental de la utilización de la harina de trigo es su propiedad única de formar la masa y el desarrollo de la red de proteínas de gluten hidratado cuando se mezcla con agua. Las principales etapas de los procedimientos de mezcla son la homogeneización de los ingredientes, la formación de estructura compleja gluten proteína-carbohidrato en grasa hidratada en masa de trigo y aire oclusión en la masa para formar la estructura de la célula necesaria para la calidad del pan terminado. (Tömösközi & Békés, 2016)

En cuanto a la calidad del producto existen varios autores que hacen referencia en una o varias etapas del procesamiento y resaltan la importancia de la supervisión en la elaboración y automatización de los procesos para asegurar las características del producto.

(Li, Deng, Li, Liu, & Bian, 2015) Demostraron que la mayor cantidad de harina remezclado ( $> 10 \text{ g} / 100 \text{ g}$ ) podría aumentar significativamente la dureza y masticabilidad de pan. Esto demostró la calidad del pan al ser masticado. Cabe señalar que a medida que no se añadió agua adicional en el procedimiento de mezclar la harina, el contenido relativo de agua disminuyó cuando la masa fermentada se mezcló por completo con una mayor cantidad de harina, lo que podría ser la razón

de la calidad única de pan al vapor estilo del norte de China.

(Young, 2012) Describe los términos utilizados en el análisis de la textura del producto intermedio (masa) y el producto horneado final e incluye la relevancia de la práctica de los métodos de prueba a estos productos. Los principios relacionados con la medición de la reología (Parte de la física que estudia la viscosidad, la plasticidad, la elasticidad y el derrame de la materia) de la masa durante las etapas de procesamiento, por ejemplo, mezcla, moldeo, etc. Para el producto horneado final la textura de la estructura de la miga y la corteza junto con la frescura, el volumen y el aspecto se todos los criterios importantes por los cuales se juzga el producto. Se describen las pruebas e instrumentos utilizados para estas tareas. La aplicación del análisis de la textura de la masa y el pan se explica.

En la actualidad, las industrias de alimentos necesitan información rápidamente disponible relacionada con la producción de alimentos, mientras que la mayoría de las técnicas de instrumentación basada en laboratorio son a menudo complicados y costosos para aplicación en tiempo real. Los estudios muestran que la medición de las características reológicas de la masa es una variable de control relevante para la formulación adecuada de los ingredientes y aditivos del pan. Es en este contexto que se propone un trabajo para presentar un modelo para optimizar el proceso de sobado y laminado de la pasta para la producción de pan. (Pereira et al., 2013)

(Callejo, Vargas-Kostiuk, & Rodríguez- Quijano, 2015) Propone un protocolo de selección, formación y validación de los miembros para el análisis sensorial del pan con el fin de evaluar la influencia de la variedad de trigo en la calidad del pan. Mediante el uso de las pruebas de triángulo, con diferentes tipos de insumos de donde concluyeron que son de gran influencia este tipo de pruebas en el proceso de panificación controlando las características del pan, asimismo de los métodos adecuados de procesamiento para optimizar la calidad del producto.

Además, existen electrodomésticos específicos con los que se puede elaborar pan de forma muy sencilla, un ejemplo: máquina amasadora, boleadora, laminadoras, etc. Se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua. La mezcla en algunas ocasiones suele contener levaduras para que fermente la masa y sea más esponjosa y tierna.

Es por estas razones que surge la iniciativa de brindarle apoyo al sector panadero con el diseño de una maquina amasadora y laminadora automática que es una herramienta de control de calidad y automatización en la industria de la panadería, la contribuye al desarrollo de este sector panadero.

## 2. METODOLOGÍA

Con la investigación realizada mediante encuestas a los administradores de las panaderías de la ciudad Ocaña, se analizó

que la implementación de esta máquina en el mercado al precio propuesto es de gran aceptación por parte de los propietarios debido a la similitud de las características establecidas, por lo que se espera un resultado favorable en lo que respecta a la producción de las maquinas.

En forma general, las empresas productoras de pan artesanal constan de varias etapas para la elaboración de este producto de forma manual, los cuales se describen a continuación:

**2.1 Panificación:** Es usualmente aplicado a alimentos que estén hechos a base de harina y cereales por ejemplo trigo, maíz, etc. Estos productos (pan, trenza, enrollados.etc) forman parte de la canasta básica alimenticia.



Figura. 1. Pan

Fuente: : (Sánchez, González, Osella, Torres, & De la Torre, 2008)

**2.2 Proceso de panificación:** Es el proceso más importante del empleo de las harinas de trigo para la alimentación humana. Ha sido objeto de numerosos estudios científicos y tecnológicos en procura de mejorar la calidad del pan. La harina de trigo tiene proteínas en su composición, estas desempeñan un papel fundamental en la nutrición humana. Las proteínas pueden sufrir variaciones en función de la variedad, lugar de cultivo, tecnología de la molienda.

Una harina panificable se puede considerar una mezcla de: almidón, electrolitos, agua, gluten. Para llevar a cabo la panificación se prepara una masa con harina, agua, sal, a la que se añaden levaduras, esto provoca la fermentación de los azúcares formándose CO<sub>2</sub> que hace que la masa sea esponjosa. Esta masa esponjosa debe tener otra cualidad: ser elástica. La elasticidad depende: del número de partículas coloidales del gluten/unidad de masa y de la capacidad de hinchamiento del gluten.

El gluten tiene mayor capacidad de embeber agua, incluso el 200%. La mayor parte del agua que existe en la masa panaria está proporcionada por el almidón ya que presenta 4/5 partes. La capacidad del gluten para formar la red esponjosa está influido por el pH de la masa y la actividad proteolítica del encima. Una harina fresca pH: 6-6,2.

El pH óptimo para la panificación es 5, esto significa que las harinas envejecidas son más aptas para la panificación ya que el envejecimiento acidifica. La viscosidad y elasticidad de la masa viene dada por: la cantidad de agua, temperatura a la que se amasa, tiempo transcurrido desde el amasado.

Los fabricantes diferencian entre harinas fuertes y blandas en función de su capacidad panificadora. Las harinas fuertes absorben mucha agua y dan masas consistentes y plásticas: panes de buen volumen, aspecto y textura satisfactoria. Las harinas débiles con poca absorción, dan masas flojas con tendencia a fluir durante la fermentación, panes bajos, pesados y de textura deficiente.

No son aptas para la elaboración de pan pero si para la elaboración de galletas y pastas alimenticias.

En particular, el pan resulta ser un material estructuralmente complejo, y el ojo es muy preciso en la detección de modelos inadecuados, haciendo adecuadas las moléculas del pan es una tarea difícil de identificar. (Baravalle, Patow, & Delrieux, 2015) presentaron un cálculo exacto pan modelo de decisiones que nos permite representar facilmente la estructura geométrica y la apariencia de pan a través de fotografías en el proceso. Esto se logra mediante una cuidadosa simulación de las condiciones durante el mezclado y el horneado para obtener una idea más clara de su estructura.

**2.3 Pesado de los ingredientes:** Este proceso consiste en pesar todos los ingredientes sólidos y medir los líquidos utilizando balanza y recipiente con escala de medidas, respectivamente. El pesado no debe realizarse por aproximación ni utilizando medidas como la pizca, el puñado. Esta etapa es importante para mantener la calidad constante del producto. El pan básicamente contiene los siguientes ingredientes: 1.000 g de harina (11,7% de proteína), 600 g de agua, 40 g de azúcar, 30 g de manteca vegetal, 20 g de sal, y levadura seca 10 g instantánea. (Gao, Wong, Lim, Henry, & Zhou, 2015)

No se debe hacer por aproximación sino que se debe seguir los estándares de producción diaria de la fábrica, microempresa, etc.



Figura. 2. Ingredientes

Fuente: (Manhiça, Lucas, & Richards, 2012)

**2.4 Formación de masa:** La formación de la masa se compone de dos sub-procesos: la mezcla y el trabajado (amasado). La masa comienza a formarse justo en el instante cuando se produce mezcla de la harina con el agua. Al realizarse la mezcla entre la harina y el agua, formándose la primera masa antes de ser trabajada; algunos panaderos opinan que es mejor dejar reposar aproximadamente durante 20 min con el objeto de permitir que la mezcla se haga homogénea y se hidrate por completo. La elaboración de la masa se puede hacer a mano o mediante el empleo de un mezclador o incluso de un robot de cocina (estos últimos tienen la ventaja de exponer la masa durante poco tiempo al oxígeno de la atmósfera). Algunos panaderos mencionan la posibilidad de airear la harina antes de ser mezclada para que pueda favorecer la acción del amasado.

La masa se trabaja de forma física haciendo primero que se estire para luego doblarse sobre sí misma, comprimirse (se evita la formación de burbujas de aire) y volver a estirar para volver a doblar y a comprimir, repitiendo el proceso varias veces.

Procediendo de esta forma se favorece el alineamiento de las moléculas de gluten haciendo que se fortalezca poco a poco la

masa y permita capturar mejor los gases de la fermentación. Esta operación de amasamiento hace que la masa vaya adquiriendo progresivamente ‘fortaleza’ y sea cada vez más difícil de manipular: las masas con mayor contenido de gluten requieren mayor fuerza en su amasado y es por eso por lo que se denominan masas de fuerza. Que la masa sea sobre trabajada es un problema en la panadería industrial debido al empleo de máquinas especiales para ello: amasadoras.

En ocasiones muy raras ocurre este fenómeno cuando se trabaja la masa a mano. La operación de amasado se suele realizar en una superficie aceitada para favorecer el manejo y evitar que la masa pegajosa se adhiera a la superficie.

El comportamiento de masa se controla a través de los cambios en las propiedades eléctricas del motor afectadas por las propiedades de la máquina de torsión que hace la mezcla. Los resultados de este trabajo mostraron que es posible aumentar la productividad y calidad con un sistema de procesamiento de alimentos semiautomatizado. (Mullaney, 2013)

En un estudio realizado al pan, (Doğan, Yildiz, & Taşan, 2012) escogieron tres muestras de harina diferentes ( $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ ) determinaron que tienen diferentes contenidos de proteína, 12% de almidón de trigo y 2% gluten vital. Se analizaron las propiedades fisicoquímicas y reológicas de estas combinaciones de harina, tales como: Volumen específico, atributos grano de miga, corteza y color de la miga, y la firmeza el pan de en términos de capacidad

de compresión en gramos. Encontraron que los volúmenes específicos cambiaron entre 5,22 y 6,69 ml g<sup>-1</sup> y entre 4,87 y 6,29 ml g<sup>-1</sup> hecho manualmente y con la máquina de pan, respectivamente. Los valores de firmeza de la miga de pan hecho manualmente de las muestras F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> de las harinas fueron 174.2, 259.4 y 180.3 gramos, mientras que los valores medios de firmeza con la máquina pan con las mismas harinas fueron 91.2, 157.58 y 154.98 gramos, respectivamente.

**2.5 División de la masa:** Este proceso consiste en dividir la masa en volúmenes iguales según el pan que se va a producir, este proceso se lo puede realizar artesanalmente, pero corre el riesgo de que no exista equidad de volúmenes en los productos de una misma clase, hoy en día se puede realizar este proceso con la ayuda de maquinarias que nos permiten obtener volúmenes iguales.

La división de la masa se la debe realizar lo antes posible para evitar la gasificación de la misma en la tolva de la divisora. Si la permanencia de la masa en dicha tolva es elevada, cosa que ocurre cuando el tamaño de la masa a dividir es grande, cuando la dosis de levadura prensada es alta y también cuando la temperatura de la masa es elevada, todo ello repercute en el aumento de la tenacidad y negativamente en el formado. Nos encontramos pues en otra etapa crítica del proceso de fabricación, mientras que con el pan elaborado artesanalmente la masa reposa algunos minutos antes de la división, lo cual dota a la masa de ácidos orgánicos que repercuten en la calidad del pan; en el proceso industrial y cuando se emplea la

división volumétrica, la carencia de dichos ácidos orgánicos propicia la diferencia más notable entre el pan industrial y el artesano.



**Figura. 3.** Corte de la masa

**Fuente:** Los autores ,

**2.6 Boleado:** Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división con la finalidad de eliminar las bolsas de aire y lograr que la masa tenga una superficie lisa. Puede realizarse a mano, si la baja producción o el tipo de pan así lo aconsejan. O puede realizarse mecánicamente por medio de boleadoras siendo las más frecuentes las formadas por un cono truncado giratorio.



**Figura. 4.** Boleado del pan

**Fuente:** (Manhiça et al., 2012)

**2.7 Formado o laminado:** Este proceso se usa con el fin de distribuir homogéneamente las grandes burbujas de gas acumuladas a toda la masa. Se hacen pasar las piezas por un par de rodillos, en la actualidad este proceso se encuentra automatizado con el fin

de ahorrarse tiempo que puede ser utilizado en otra actividad.



**Figura. 5.** Laminado del pan

**Fuente:** Los autores

**2.8 Conformado de la masa:** En este proceso se le da la forma a los distintos tipos de panes, bocadillos, pizza, etc.,. Una vez armados los productos de panificación, se colocan sobre las bandejas, que deben ser previamente untadas con grasa, margarina u otro material desmoldante para que la masa no se pegue, salvo que se cuente con bandejas con recubrimiento antiadherente o sobre tablas de madera, previamente cubiertas por sus liencillos. Una vez más se protegen las piezas de masa para evitar que se sequen.



**Figura. 6.** Formado del pan

**Fuente:** Los autores

**2.9 Horneado:** En esta fase del proceso de elaboración del pan se suele emplear una fuente de calor que en la mayoría de los casos se trata de un horno, tradicionalmente solía ser de leña y que hoy en día son de electricidad o gas. Los hornos antiguos eran

de arcilla, piedra o ladrillo lo que permitía almacenar gran cantidad de energía calorífica, la forma de operar de estos hornos era muy sencilla se introducía madera que se ponía a arder y cuando las brasas quedaban (lo que permitía alcanzar una temperatura entre 350°C y 450°C) se retiraban y se introducían las masas moldeadas de pan.

Es en el siglo XVIII cuando los hornos de panadería adquieren la tecnología que les hace más productivos con la posibilidad de poder controlar la humedad durante su horneado, hoy en día se emplean en las panaderías hornos de gas o de electricidad que no sobrepasan los 250°C. (Izarbe, 2008)

La cocción estándar se realiza a temperaturas comprendidas entre 190 y 250°C, dependiendo del tamaño del pan y el tipo de horno. La duración del horneado puede oscilar entre los 12 y 16 minutos para los panes pequeños, alcanzando más de una hora para las piezas más grandes.



**Figura. 7.** Horneado del pan

**Fuente:** (Sánchez et al., 2008)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo que respecta al diseño de los componentes de la máquina para el formado de pan, el prototipo y sus componentes fueron simulados con la ayuda del software

Solidworks y se tuvieron en cuenta los siguientes:

**3.1 Dimensiones del prototipo:** Para que la maquina cumpla con el trabajo bajo una carga de 50 Kg de masa, se diseñó con medidas de 1m<sup>2</sup> para su fácil ubicación dentro de un espacio reducido (Ver Figura 8).

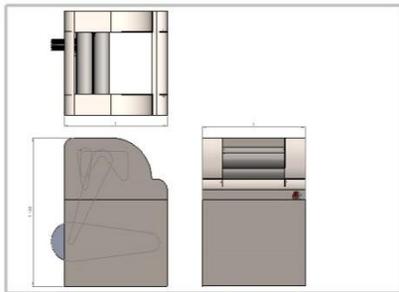


Figura. 8. Prototipo de la máquina.

Fuente: Sol Los Autores

**3.2 Estructura:** La estructura está elaborada en ángulo de acero inoxidable de 1 y 1/2 pulgadas calibre 1/4 para soportar las cargas ejercidas por el mecanismo y sus componentes (Ver figura 9).

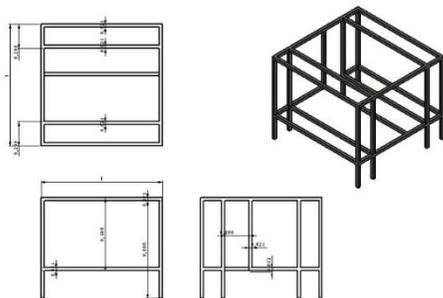


Figura. 9. Estructura de soporte.

Fuente: Los Autores

**3.3 Banda transportadora:** Se utiliza para conducir a los rodillos que soban y laminan la masa utilizada para elaborar el pan, esta banda está hecha en PVC, y rodillos motriz

y de arrastre de acero inoxidable para evitar la contaminación de la masa (Ver figura 10).

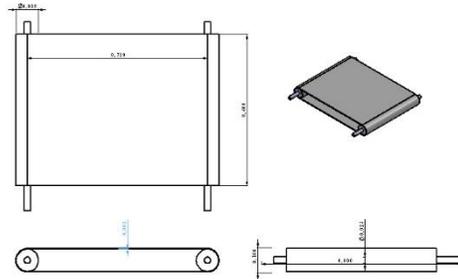


Fig. 10. Sistema de banda transportadora.

Fuente: Los Autores

Para el cálculo de la vida de la banda, se realizaron los siguientes:

$$Np = \left[ \left( \frac{K}{T_1} \right)^{-b} + \left( \frac{K}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-1} \quad (1)$$

$$K = 1193$$

$$b = 10.926$$

Tabla 17-17 pág. 871 Budynas, R. (2012)

$$T_1 = F_1 + F_{b1} \quad (2)$$

$$F_{b1} = \frac{Kb}{d} = \frac{576}{4.2} = 137.14$$

$$F_{b2} = \frac{Kb}{D} = \frac{576}{18} = 32$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \ell^{(f\theta)}}{\ell^{(f\theta)} - 1} \quad (3)$$

$$\Delta F = \frac{63025 \times \frac{Hd}{N}}{n \left( \frac{d}{2} \right)} = 24.13$$

$$F_c = K_c \left[ \frac{V}{1000} \right]^2 = 3.411$$

$$\phi = \pi - 2\text{sen}^{-1}\left[\frac{D-d}{2C}\right] \quad (4)$$

Ecuación 17-1 pag.851. Budynas, R. (2012)

$$\phi = 2.58$$

$$\ell^{(f\phi)} = \ell^{(0.5123 \times 2.58)} = 3.75$$

Ecuación 17-18 pág. 888. Budynas, R. (2012)

$$F_1 = 3.411 + \frac{24.13 \times 3.75}{3.75 - 1} = 36.315$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad (5)$$

$$F_2 = 36.315 - 24.13 = 12.185$$

$$T_1 = 36.315 + 137.14 = 173.45Lb$$

$$T_2 = F_1 + F_{b2} \quad (6)$$

$$T_2 = 36.315 + 32 = 68.315$$

$$Np = \left[ \left( \frac{1193}{173.45} \right)^{-10.926} + \left( \frac{1193}{68.315} \right)^{-10.926} \right]^{-1}$$

$$Np = 1.41 \times 10^9$$

Por lo tanto Si:

$$Np > 10^9 \text{ el } Np = 10^9 \quad (7)$$

$$t = \frac{Np \times Lp}{720 \times V} = \frac{10^9 \times 86.8}{720 \times 1880.24} = 64117.11 - \text{horas}$$

$$t = 29.36 - \text{años}$$

Este cálculo se da para que la maquina opere 6 horas/día.

**3.4 Sistema de transmisión primaria:** En la siguiente Figura 11, se establece la primera etapa de reducción de velocidad mediante poleas y correas trapezoidales o en “V”.

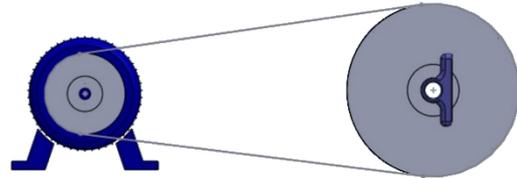


Figura. 11. Motor y poleas.

Fuente: Los Autores

**3.5 Transmisión completa:** Es la etapa de reducción y transmisión de potencia a los rodillos sobadores y laminadores, junto con la banda transportadora, los cuales se pueden observar en la siguiente Figura 12:

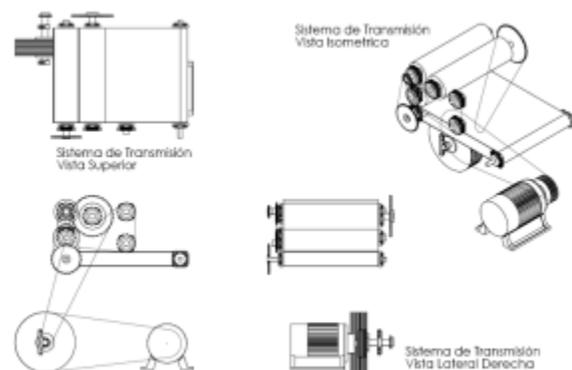


Figura. 12. Transmisión completa.

Fuente: Los Autores

**3.6 Rodillos:** Los rodillos de laminación se diseñaron en acero inoxidable para evitar la contaminación de la masa con oxido de aceros convencionales sin tratamiento y además para evitar la corrosión del mismo (Ver Figura 13).



laminado y mezclado de la pasta para la producción del pan, por medio del analisis matematico y el analisis de elementos finitos con la ayuda del software Solidworks, la cual es una herramienta importante para obtener una idea mas clara de las piasas que contienen el prototipo y asi determinar cuales seran los componentes que estan sometidos a mayores esfuerzos.

Para el caso de la distancia entre centros calculada matemáticamente en cada una de las etapas de los engranes, se comprobó que cada una cumple con la distancia mínima requerida para la puesta en marcha del prototipo.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Baravalle, R., Patow, G. A., & Delrieux, C. (2015). Procedural bread making. *Computers & Graphics*, 50, 13–24. <http://doi.org/10.1016/j.cag.2015.05.003>
- Budynas, R. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 9 edición, McGraw-Hill.
- Callejo, M. J., Vargas-Kostiuk, M.-E., & Rodríguez-Quijano, M. (2015). Selection, training and validation process of a sensory panel for bread analysis: Influence of cultivar on the quality of breads made from common wheat and spelt wheat. *Journal of Cereal Science*, 61, 55–62. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.09.008>
- Cauvain, S. P. (2016). *Encyclopedia of Food and Health*. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00087-8>
- Doğan, I. S., Yildiz, Ö., & Taşan, B. (2012). Determination of the bread-making quality of flours using an automatic bread machine. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(5), 608–618. <http://doi.org/10.3906/tar-1202-48>
- El Libro De Los Maestros Panaderos. (2006). MONTAGUD EDITORES SA. España.
- García León, R. A., Flórez Solano, E., & Acosta Pérez, M. A. (2014). Structural Analysis Of A Machine Pressing For Production Brick Solid For Small Industries Materials Ceramic In Ocaña Norte De Santander. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 7.
- Gao, J., Wong, J. X., Lim, J. C.-S., Henry, J., & Zhou, W. (2015). Influence of bread structure on human oral processing. *Journal of Food Engineering*, 167, 147–155. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.022>
- Gómez, G. S. (2010). *Solidworks Simulation*. ALFAOMEGA. México.
- Izarbe, L. V. (2008). *Aplicación del Diseño de Experimentos para la mejora de procesos*. San Sebastián. España. Universidad de Navarra. : Control Total

- de la Calidad. México D.F: Editorial CECSA.
- Li, Z., Deng, C., Li, H., Liu, C., & Bian, K. (2015). Characteristics of remixed fermentation dough and its influence on the quality of steamed bread. *Food Chemistry*, 179, 257–262. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.009>
- Mesas, J. M., & Alegre, M. T. (2002). El Pan Y Su Proceso De Elaboración the Bread and Its Processing O Pan Eo Seu Proceso De Elaboración. *CYTA-Journal of Food*, 3(5), 307–313. <http://doi.org/10.1080/11358120209487744>
- Mullaney, L. (2013). Machines to replace 28 jobs at Warburtons' bakery. *Food Manufacture*, (15). Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84875991257&partnerID=tZOtx3y1>
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas*, Cuarta Edición, Prentice Hall.
- Panificación., P. d. (10 de Agosto de 2005). *El ergonomista*. Obtenido de <http://www.elergonomista.com/alimentos/panificacion.htm>.
- Pereira, L. A. M., Pinto, C. N., Piza, L. V., Silva, A. C. S., Gonzales-Barron, U., & Costa, E. J. X. (2013). A New Alternative Real-Time Method to Monitoring Dough Behavior during Processing Using Wireless Sensor Technology. *International Journal of Food Engineering*, 9(4), 505–509. <http://doi.org/10.1515/ijfe-2012-0238>
- Tömösközi, S., & Békés, F. (2016). *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00086-6>
- Young, L. S. (2012). *Breadmaking*. Elsevier. <http://doi.org/10.1533/9780857095695.3.562>