

Construcción de una máquina dosificadora de cuajada para el llenado de moldes en la elaboración de queso para la microempresa de productos lácteos “El Sr. Queso”

Chico C.

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, FICA, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, Ibarra, Ecuador
criskate9126@hotmail.com

Resumen. El desarrollo de este proyecto de investigación es para demostrar la utilidad de una máquina dosificadora de cuajada en microempresas que se dedican a la elaboración de queso fresco dentro de la industria láctea. Esta máquina dará paso a un producto final de calidad, eficiencia en la producción y facilitará el trabajo del operador de la máquina.

El principal objetivo de la máquina es llenar los moldes con una cantidad específica de cuajada evitando el desperdicio, la cuajada debe estar en un estado ideal para la etapa de moldeado, estos son los principales problemas que se tiene en el proceso de moldeado de queso y que se ha dado una solución.

El planteamiento de la solución se inicia con el diseño de las partes de los mecanismos seleccionados de acuerdo a las necesidades de la microempresa, se dimensiona y selecciona los actuadores y sensores de cada sistema.

Se realizaron los cálculos necesarios para la construcción de cada elemento mecánico de la máquina y se procede a su total ensamblaje implementando todos sus sistemas anexos. Para concluir se elabora las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento de la máquina.

Palabras Clave: Máquina dosificadora, cuajada, queso fresco, mecanismos.

1. Introducción

Mediante la tecnología actual se han ido optimizando los procesos manuales por medio de la implementación de maquinaria adecuada para mejorar la calidad de producto dentro la industria láctea.

Para tener en el mercado un producto de mayor calidad en este caso el queso, es importante evitar el contacto físico del trabajador con sus ingredientes. El proceso de llenado de moldes con cuajada para la producción de queso dentro de la microempresa no es el adecuado, ya que el operario debe transportar la cuajada desde la marmita hasta los moldes en forma manual lo que produce constante cansancio y una

manipulación no adecuada del alimento. Adicionalmente, considerando la distancia que debe caminar el obrero, se añade un tiempo adicional al proceso, valioso para la producción.

Ante estas circunstancias en el presente trabajo se va a diseñar e implementar una máquina dosificadora de cuajada a través de sistemas de tecnología actual para garantizar la elaboración de quesos con estándares de calidad de acuerdo a las necesidades que tiene la microempresa. Por medio de la automatización de este proceso se obtiene un producto final de mayor calidad y se reduce los tiempos de elaboración de un queso que dará como resultado un aumento en la producción actual.

2. Contenido

A. Diseño, cálculos y análisis de resultados mecánicos

Las partes principales de máquina dosificadora de cuajada son:

- Placa de orificios dosificadores.
- Estructura de soporte.
- Abastecedor de cuajada.
- Riel y placa regulable.
- Bandeja para moldes.
- Bandeja recolectora.

Para iniciar el diseño de la máquina es necesario especificar el material con el cual se construirá. Todas las partes mecánicas de la máquina deben ser construidas con un material inoxidable debido al Decreto Presidencial N° 3253 donde se detalla las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), por lo cual se selecciona un acero AISI 304.

Este acero AISI 304 al ser de una composición de 18% cromo, 8% níquel y carbono < 0.06% según la norma ISO 683, reaccionan con el medio (oxígeno) generando una capa de protección que impide que las capas interiores del acero se corroan, además este acero posee un pulido tipo espejo

que brinda facilidad en la limpieza (higiene) y aumenta aún más su resistencia a la corrosión.

Placa de orificios dosificadores

La máquina será diseñada para llenar 24 moldes a la vez por lo cual la placa tendrá 24 orificios distribuidos en 2 matrices de 4x3, el molde posee un diámetro de 101,6 [mm] es decir 4 [pulgadas], para garantizar que la cuajada caiga dentro del molde el diámetro de los orificios dosificadores será de 90 [mm] es decir tendrán un diámetro inferior al de los moldes. A esta placa se le agrega una extensión de placa adicional para el estado de reposo de la cuajada.

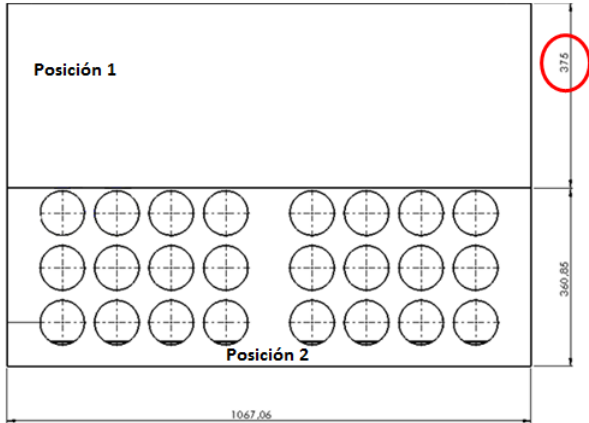


Figura 1. Dimensionamiento de la placa de orificios dosificadores.

Estructura de soporte

La estructura será diseñada en base a la placa de orificios dosificadores y a todas las cargas que será sometida cuando inicie su funcionamiento. La altura de la estructura por cuestiones de confort de la máquina con el operador será de 900 [mm] cumpliendo con los requerimientos de diseño. El largo y ancho de la estructura está definido por la placa de orificios dosificadores y su prolongación.

Parámetros	Longitud
Altura	900 [mm]
Largo	1067.06 [mm]
Ancho	735.85 [mm]

Tabla 1. Parámetros de la estructura de soporte.

Abastecedor de cuajada

El abastecedor tendrá una forma rectangular para poder suministrar la cuajada a todos los orificios dosificadores, el abastecedor también será el encargado de contener la cuajada en la etapa de desuerado. Su estado o posición define su función dentro de la máquina, finalmente tomará la función de barredor para retirar la cantidad excesiva de cuajada si es necesario.

Para el dimensionamiento del cajón se considera que este debe cubrir todos los orificios dosificadores y que contenga un volumen de cuajada necesario para abastecer 48 orificios, es decir 48 moldes, ya que se podrá realizar dos ciclos de dosificado con la capacidad total de cuajada del abastecedor.

Volumen del molde a llenarse por cada orificio:

$$V_{molde} = A_{molde} * h_{molde}$$

Ecuación 1. Volumen del molde

Donde:

V_{molde} : Volumen del molde [cm³]

A_{molde} : Área del molde [cm²]

h_{molde} : Altura del molde [cm]

Entonces:

$$V_{molde} = \left(\pi * \frac{(10.16 \text{ cm})^2}{4} \right) * 9.5 \text{ cm}$$

$$V_{molde} = 770.195 \text{ [cm}^3\text{]}$$

A continuación se calcula el volumen mínimo del abastecedor para dosificar 48 moldes:

$$V_{\min - abastecedor} = V_{molde} * 48$$

Ecuación 2. Volumen mínimo del abastecedor

Donde:

$V_{\min - abastecedor}$: Volumen mínimo del abastecedor

Entonces:

$$V_{\min - abastecedor} = 770.195 \text{ cm}^3 * 48$$

$$V_{\min - abastecedor} = 36969.36 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Para que el abastecedor contenga este volumen mínimo de cuajada se consideran los siguientes parámetros detallados a continuación en la tabla 4.3:

Parámetros	Longitud
Altura	200 [mm]
Largo	1015 [mm]
Ancho	328 [mm]

Tabla 2. Parámetros de diseño del abastecedor de cuajada

A continuación se calcula el volumen total del abastecedor:

$$V_{total - abastecedor} = h * l * a$$

Ecuación 3. Volumen total del abastecedor

Donde:

$V_{total - abastecedor}$: Volumen total del abastecedor de cuajada [cm³]

h : Altura del abastecedor [cm]

l : Largo del abastecedor [cm]

a : Ancho del abastecedor [cm]

Entonces:

$$V_{total-abastecedor} = 20 \text{ cm} * 101,5 \text{ cm} * 32,8 \text{ cm}$$

$$V_{total-abastecedor} = 66584 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Tomando en cuenta los parámetros de diseño, el abastecedor contendrá un volumen máximo de 66584 [cm³] de cuajada y la capacidad mínima del abastecedor para proveer los 48 moldes que sumados tienen un volumen de 36969.36 [cm³], se observa que el volumen del abastecedor es demasiado exagerado, pero debido a que la cuajada al ser bombeada al abastecedor no es una mezcla pura (solo trozos de queso) por su mezcla con el suero lácteo, se considera un cálculo adicional para justificar esta capacidad del abastecedor.

Ya que la mezcla a bombearse al abastecedor contiene un 40% de suero lácteo y 60% de partículas de queso se considera un volumen total de la mezcla de 61615,6 [cm³], entonces el abastecedor con una capacidad de 66584 [cm³] tendría la capacidad suficiente para contener este volumen y se añade 2 [cm] a la altura del abastecedor debido a que la mezcla no puede quedar al borde.

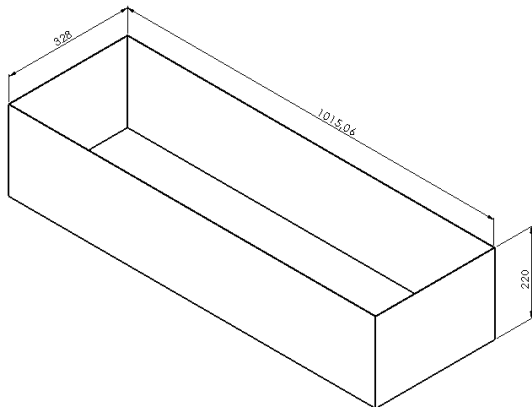


Figura. 2. Dimensionamiento del abastecedor de cuajada.

Debido a que el mayor porcentaje de desuerado ya no será en los moldes sino en el abastecedor, se considera la realización de perforaciones a dos caras del abastecedor para mejorar la etapa de desuerado dentro del abastecedor. Las perforaciones en el abastecedor son de 9,53 [mm] o 3/8 [pulgada] de diámetro. Las perforaciones son realizadas únicamente en dos caras del abastecedor (caras grandes).

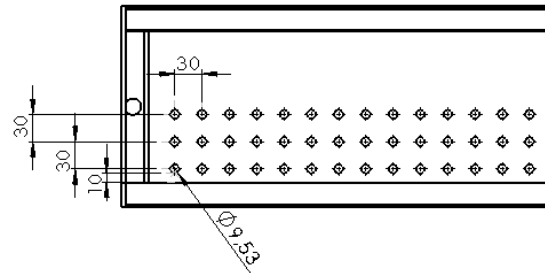


Figura. 3. Perforaciones en el abastecedor de cuajada.

Riel y placa regulable

La placa regulable será la encargada de regular el apego del molde al orificio dosificador evitando desperdicios de cuajada en la etapa de dosificado.

Para el diseño del sistema de regulación del apego de los molde a la placa de orificios dosificadores se realiza un canal vertical instalado a la estructura de soporte, la placa regulable se desliza a través del riel vertical y se ajusta a una posición determinada mediante un mecanismo roscable.

Debido a que la máquina tiene una configuración de distribución de moldes para el dosificado en 2 matrices de 4x3, los rieles en conjunto con la placa regulable serán diseñados para regular las 2 matrices de moldes a la vez.

El ajuste del riel depende exclusivamente de la altura del molde.

El ajuste roscable se desplazará a través de un canal vertical maquinado en el riel de la placa regulable.

Esta placa regulable genera versatilidad en la máquina para el llenado de moldes de diferente altura.

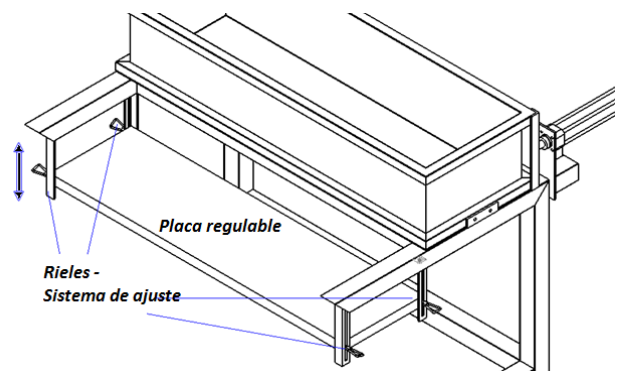


Figura. 4. Configuración del riel regulador.

Bandejas

Las dimensiones de la bandeja van a ser ajustadas para que cada molde se coloque concéntricamente con los

orificios de dosificado, además de acoplarse y encajarse debidamente con la máquina gracias a la configuración de la estructura de soporte.

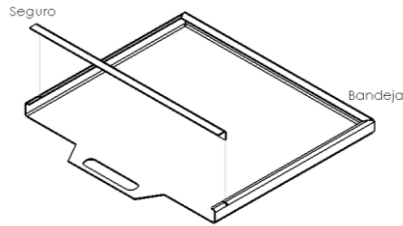


Figura. 5. Configuración del de la bandeja

Bandeja recolectora

La bandeja recolectora es un recipiente en donde cae todo el exceso de suero y desperdicios de cuajada que expulse la máquina en el transcurso de su ciclo de trabajo.

Las dimensiones de la bandeja son ajustadas para evitar que el suero y desperdicios de cuajada sean tirados fuera de la máquina ya que estos tienen una reutilización.

Las dimensiones de la bandeja recolectora estarán dentro de los parámetros de diseño definidos anteriormente.

Debido a la forma de la máquina la mejor opción es colocar la bandeja recolectora por debajo de todo el sistema que realiza el trabajo para que abarque todos los excesos de suero y cuajada. Esta bandeja será instalada a una altura de 600 [mm] del piso y su fijación es en los miembros verticales de la estructura soporte.

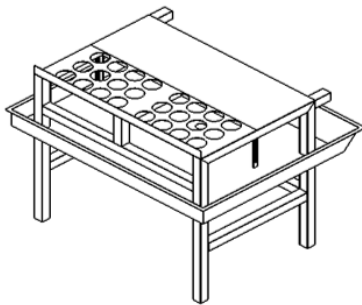


Figura. 6. Configuración del de la bandeja recolectora

B. Sistema de bombeo

El sistema de bombeo cumple la función de alimentar con cuajada el abastecedor, este sistema va desde la salida de la marmita hasta el abastecedor conectados por medio de tubería de acero inoxidable AISI 304 de 60.5 [mm] de diámetro y una bomba sanitaria de por medio.

Selección de la bomba:

Para la selección de la bomba se define el tiempo de llenado del abastecedor a 1 minuto, tiempo suficiente que da la oportunidad al operador de terminar un ciclo completo.

La selección de la bomba se realiza por medio de un catálogo de bombas tipo sanitaria. La selección es del catálogo de la marca INOXPA bombas de rodete helicoidal industrial modelo RV.

Mediante las curvas técnicas de las bombas de rodete helicoidal industrial modelo RV mostradas en el catálogo se selecciona la bomba indicada para nuestro sistema comenzando por la de menor capacidad, los requerimientos a cumplir son 2.15 [m] de altura de bombeo a un caudal de 3.99 [m³/h].

	Modelo / Model Seriendarts / Serienpjen	Ø Bomba / Flange outer DN-65	Bomba / Flange RV-65
	Ø Bomba / Ø Flange outer 150 mm	Ø Bomba / Ø Flange outer DN-65	
	Material / Material 1	Ø Bomba / Ø Flange outer Ø45 mm	Ø Bomba / Ø Flange -

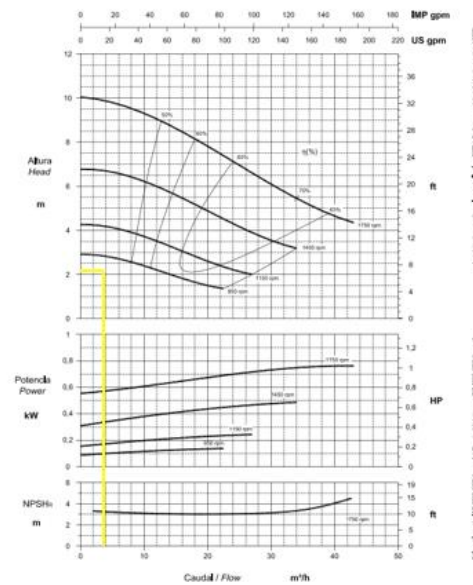


Figura. 7. Curva técnica para selección de la bomba

Se determina la bomba de RV-65 como la indicada para nuestro sistema por cumplir con todos los requerimientos.

C. Sistema neumático

El sistema neumático es el encargado de generar el movimiento lineal del abastecedor de cuajada, el diseño posee dos cilindros neumáticos doble efecto acoplados a dos vértices del abastecedor para así evitar posibles descuadres o descarrilamientos del abastecedor en el riel guía.

Actuadores neumáticos:

$$F_{cilindros} = Fr_{cuajada-placa} + Fr_{cuajada-placa}$$

Ecuación. 4. Cálculo de la fuerza de rozamiento cuajada-placa

Donde:

$F_{abastecedor-riel}$: Fuerza de los cilindros neumáticos [N]

$F_{abastecedor-riel}$: Fuerza de rozamiento del abastecedor de cuajada en el riel [N]

$F_{r_{cuajada-placa}}$: Fuerza de rozamiento de la cuajada y la sección 1 de la placa perforada [N]

Entonces:

$$F_{cilindros} = 262.66 N + 78.03 N$$

$$F_{cilindros} = 340.69 N = \mathbf{341 N}$$

Ya que el diseño consta de 2 cilindros neumáticos la fuerza de 341 [N] es dividida entre 2, es decir es necesario 2 cilindros neumáticos con una fuerza mínima de 170.5 [N].

Las características técnicas de los cilindros neumáticos seleccionados son:

Características	Descripción
Tipo	Cilindro redondo, doble efecto
Carrera	350 [mm]
Diámetro del vástago	12 [mm]
Diámetro mínimo del émbolo	32 [mm]
Fuerza teórica de retracción a 2.75 [bar]	190 [N]
Presión de trabajo	1-9 [bar]

Tabla. 3. Características técnicas de los cilindros neumáticos seleccionados

Para la activación de los cilindros neumáticos se emplea una electroválvula.

Características	Descripción
Tipo de válvula	5/2
Rango de presión	1,5 – 8 [bar]
Voltaje de operación	110 [VAC]
Tiempo de respuesta	0,05 [segundos]
Conexiones	1/8 [pul]

Tabla. 4. Características técnicas de la electroválvula seleccionada

Se implementa una unidad de mantenimiento como elemento fundamental dentro del sistema neumático para ofrecer una presión uniforme, aire limpio y lubricación para evitar el desgaste de los actuadores neumáticos.

Características	Descripción
Rango de presión	0,5 – 9 [bar]
Presión máxima	10 [bar]
Remoción de partículas	5 [micrones]
Temperatura de trabajo	5 a 60 °C

Tabla. 5. Características técnicas de la unidad de mantenimiento

D. Sistema de Control

El sistema de control de la máquina posee 2 etapas fundamentales: la primera que consiste en el control de llenado del abastecedor de cuajada a través del sistema de bombeo con un control ON/OFF dependiendo de un determinado estado de nivel medido por medio de un sensor, la segunda etapa es el accionamiento del mecanismo neumático que genera el dosificado de cuajada en los moldes, esta etapa será manejada por medio de tiempos para que la máquina regrese a su estado inicial luego del ciclo de dosificado.

Como casi todo el proceso a controlar es automático y debido a posibles expansiones de automatización dentro de la microempresa es necesario el uso de un controlador lógico programable que es el responsable de controlar todas las variables del sistema para que la máquina cumpla con su propósito.

Para todo el sistema de control se selecciona un controlador (PLC). Debido a que el sistema necesita un manejo de datos extraíbles en donde se refleje la producción diaria de quesos realizados por la máquina, se selecciona el PLC Siemens LOGO! 0BA8 12/24 RCE, ya que este controlador posee esta característica.

Características	Descripción
Tensión de entrada	100 a 240 [V AC]
Corriente de entrada con valor nominal de la tensión de entrada 120 [VDC]	1,22 [A]
Frecuencia de red admisible	47 a 63 [Hz]
Protección de dispositivo	Interna
Rango de ajuste	22,2 a 26,4 [V DC]
Intensidad nominal	2,5 [A]

Tabla. 6. Características técnicas del PLC

Sensores del sistema de control:

Sensor	Función
Sensor final de carrera	Verifica el posicionamiento del abastecedor de cuajada
Sensor de nivel	Mide el nivel del abastecedor de cuajada para la activación del sistema de bombeo

Tabla. 7. Características técnicas de los sensores del sistema de control

Flujograma del funcionamiento del programa de control:

En el siguiente flujograma se detalla el funcionamiento del sistema de control:

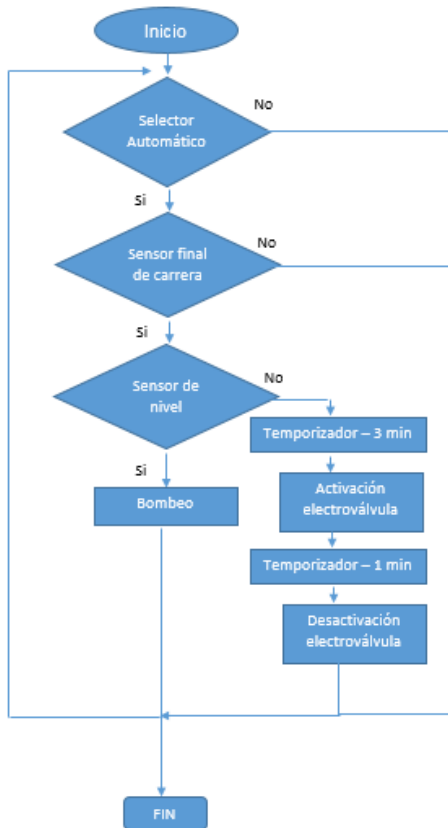


Figura. 8. Flujograma del programa de control

3. Pruebas y resultados

A. Análisis y validación mecánica de la estructura de soporte

Para una verificación del diseño mecánico de la estructura de soporte de la máquina se realiza una validación mecánica por medio de un software, corroborando estos datos por medio de cálculos.

Se considera una carga de 500 [N] aproximadamente que se distribuye a las 2 vigas de apoyo es decir a las vigas A-B, con una carga de 250 [N] aplicada a cada una, que transformándola a una carga distribuida sobre la viga A-B de longitud 967.06 [mm] es de 258.51 [N/m].

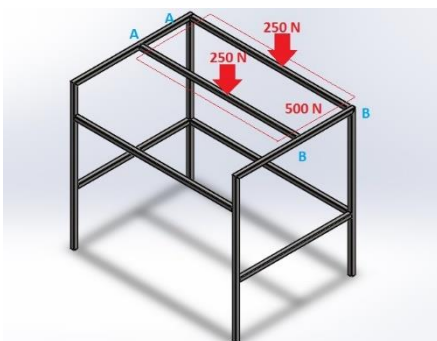


Figura. 9. Distribución de carga vigas A-B

Momentos y fuerzas resultantes de la viga A-B:

$$M_A = M_B = \frac{wl^2}{12}$$

Ecuación. 5. Cálculo del momento resultante punto A y B

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

Donde:

$M_A = M_B$: Momentos resultantes [N.m]

w : Carga distribuida [N/m]

l : Longitud de la viga [m]

Entonces:

$$M_A = 20.14 \text{ N.m} ;$$

$$M_B = 20.14 \text{ N.m} ;$$

$$R_{By} = 125 \text{ N} ;$$

$$R_{Ay} = 125 \text{ N}$$

Esfuerzos en la viga A-B a flexión:

Esfuerzo normal máximo por flexión, viga A-B:

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

Ecuación. 6. Cálculo del esfuerzo normal debido a flexión, viga A-B

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

σ_{max} : Esfuerzo normal máximo debido a flexión, viga A-B [MPa]

M : Momento flector máximo de la viga A-B = 20.14 [N.m]

c : Distancia del eje neutro de la viga a la fibra más alejada = 12.5 [mm]

I : Momento de inercia del perfil cuadrado con respecto al eje neutro = 1.21 [cm⁴]

Entonces:

$$\sigma_{max} = 20.8 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante máximo por flexión, viga A-B:

$$\tau_{max} = \frac{VQ}{It}$$

Ecuación. 7. Cálculo del esfuerzo cortante debido a flexión, viga A-B

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

τ_{max} : Esfuerzo cortante máximo debido a flexión, viga A-B [MPa]

V : Fuerza cortante máxima de la viga A-B = 125 [N]

Q : Primer momento de inercia con respecto al eje centroidal del área de la sección transversal de esa parte, que está en el lado opuesto del eje, al lado donde se va a calcular el esfuerzo cortante [mm³]

I : Momento de inercia de la sección transversal de la viga = 1.21 [cm⁴]

t : Espesor del perfil en el lugar donde se va a calcular el esfuerzo cortante = 1.5 [mm]

Entonces:

$$\tau_{max} = 4.28 \text{ MPa}$$

Esfuerzo combinado de Von Mises de la viga A-B en el punto 1:

En el punto 1 existe solamente esfuerzo normal máximo por flexión.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Ecuación. 8. Cálculo del esfuerzo combinado de Von Mises, punto 1 viga A-B

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 1 viga A-B [MPa]

σ_x : Esfuerzo normal en el eje x, viga A-B [MPa]

τ_{xy} : Esfuerzo cortante en el eje xy, viga A-B [MPa]

Entonces:

$$\sigma' = 20.8 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad viga A-B en el punto 1:

$$N = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Ecuación. 9. Cálculo del factor de seguridad, punto 1 viga A-B

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

N : Factor de seguridad, punto 1 viga A-B

S_y : Resistencia a la fluencia [MPa]

σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 1 viga A-B [MPa]

Entonces:

$$N = 10.57$$

Esfuerzo combinado de Von Mises de la viga A-B en el punto 2:

En el punto 2 existe solamente esfuerzo normal máximo por flexión.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Ecuación. 10. Cálculo del esfuerzo combinado de Von Mises, punto 2 viga A-B

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 2 viga A-B [MPa]

σ_x : Esfuerzo normal en el eje x, viga A-B [MPa]

τ_{xy} : Esfuerzo cortante en el eje xy, viga A-B [MPa]

Entonces:

$$\sigma' = 7.41 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad viga A-B en el punto 2:

$$N = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Ecuación. 11. Cálculo del factor de seguridad, punto 2 viga A-B

Fuente: (Mott, 2006)

Donde:

N : Factor de seguridad, punto 2 viga A-B [MPa]

S_y : Resistencia a la fluencia [MPa]

σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 2 viga A-B [MPa]

Entonces:

$$N = 29.68$$

Obtenidos todos los datos de la viga A-B se compara con los datos entregados por el software para validar la simulación.

En la siguiente tabla se compara los datos obtenidos mediante cálculos y los datos entregados por el software, de la viga A-B:

Dato	Esfuerzo	Factor de seguridad
Cálculo	20.8 [MPa]	10.57
Software	18.97 [MPa]	10.90

Tabla. 8. Esfuerzos y factores de seguridad calculados y simulados, viga A-B

La diferencia que existe entre los datos calculados y los del software es tolerable, por lo tanto se válida la simulación como aceptable, entonces se obtiene de la simulación la máxima tensión axial y de flexión en el límite superior, el factor de seguridad mínimo y los desplazamientos resultantes de toda la estructura considerando el perfil estructural seleccionado es decir un perfil de 50x50 y 1,5 [mm] de espesor.

Dato		Valores
Tensión axial y de flexión en el límite superior	Máximo	8.73 [MPa]
	Mínimo	0.37 [MPa]
Factor de seguridad mínimo	Máximo	559.3
	Mínimo	23.69
Desplazamientos resultantes	Máximo	1.62 x10-1 [mm]
	Mínimo	1 x10-30 [mm]

Tabla. 9. Datos de la simulación de la estructura, perfil cuadrado 50x50x1.5 mm

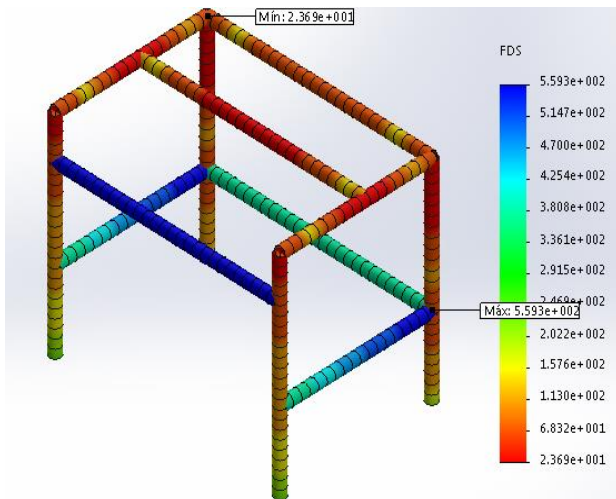


Figura. 10. Factor de seguridad de la estructura, perfil cuadrado 50x50x1.5 mm

B. Análisis y validación mecánica de la placa perforada

Mediante el software se realiza el análisis de la placa perforada para determinar el factor de seguridad.

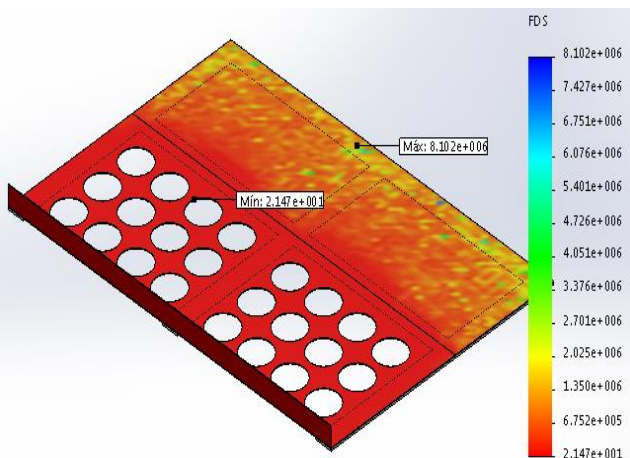


Figura. 11. Factor de seguridad de la placa perforada

C. Pruebas de funcionamiento de la máquina

Pruebas inicial con intervención de cuajada

Para tener un correcto funcionamiento de la máquina se realiza una siguiente prueba con intervención de cuajada para comprobar que no exista ningún inconveniente en todo el proceso de funcionamiento, a continuación se detalla una serie de actividades que se realizó en la prueba de cada sistema:

Prueba sistema mecánico

- Verificar que exista la menor cantidad de pérdidas de cuajada por el abastecedor.
- Comprobar el proceso de desuerado en el abastecedor de cuajada.
- Verificar que exista mínimos derramamientos de suero fuera de la máquina.

Prueba del sistema neumático

- Verificar que el movimiento de los actuadores muevan alineadamente al abastecedor ya que trabajando a plena carga puede ocasionar un desalineamiento del abastecedor en el riel.
- Verificar que la fuerza en los actuadores es adecuada trabajando a plena carga.

Prueba del sistema de bombeo

- Verificación de succión de la bomba y su caudal de bombeo.
- Revisión de la cuajada para verificación de un posible maltrato a las rpm seleccionadas.

Prueba del sistema de control

- Comportamiento de sensor de nivel y su comportamiento al momento de trabajar con la cuajada.
- Revisión de las conexiones eléctricas de la máquina bajo un posible estado de humedad.

Calibración de los sistemas

Para tener un queso con las características que la empresa requiere se realizaron las siguientes pruebas:

- Calibración de la altura de llenado del abastecedor
- Calibración de tiempo de desuerado.
- Calibración de tiempo de moldeado.
- Calibración de la altura del molde.

Después de la realización de varias pruebas se definió el nivel exacto hasta donde debe llenarse el abastecedor.

Para la calibración del tiempo de desuerado se consideró principalmente la experiencia de los trabajadores verificando cuanto se demora en llegar la cuajada al punto ideal para la etapa de moldeado.

La altura del molde se calibró luego de considerar el estado exacto de la cuajada para su moldeado. Se consideró la altura del molde de 950 [mm].

Se consideró luego de varias pruebas dar un tiempo de 90 segundos para que el operador verifique cada molde en la etapa de moldeado.

4. Conclusiones

- Se logró disminuir el tiempo de llenado de los moldes con la máquina dosificadora de cuajada, aproximadamente 120 moldes en un lapso de tiempo de 30 [min], antes se lo hacía en 1 [hora], entonces se determina que la máquina dosificadora de cuajada reduce el tiempo de trabajo en un 50%.
- Se logró aumentar la producción en un 3.33% debido a que la máquina dosificadora de cuajada reduce excesivamente los desperdicios de cuajada.
- Los parámetros importantes para el diseño de la máquina fueron el espacio disponible, altura de trabajo y orificios de dosificado, y las principales variables que se manejaron fueron las cantidad de moldes a dosificar, tiempo de desuerado, tiempo de verificación manual, peso del queso, peso de la cuajada, volumen del abastecedor y la altura del molde.
- Se implementó un sistema de dosificado por gravedad, el sistema funciona mediante el llenado del abastecedor de cuajada y luego de proceso de desuerado se dirige a los orificios permitiendo el dosificado simultáneo de los moldes ingresados en la máquina.
- Se implementó un sistema neumático considerando las necesidades de la máquina enfocadas directamente al movimiento lineal del abastecedor de cuajada.
- Se implementó un sistema de bombeo para el transporte de la cuajada desde la marmita hasta el abastecedor mediante una bomba INOXPA RV-65 de rodete helicoidal industrial, y un sistema de control de nivel a través de un sensor infrarrojo SHARP GP2Y0A21YK para el control del llenado del abastecedor.
- Para el funcionamiento óptimo de la bomba se definió una velocidad angular, por lo cual se implementó un sistema de reducción de velocidad a través de un reductor de velocidad mecánico.
- Debido a que la máquina tiene un contacto directo con el alimento, se optó por la colocación del riel en un lugar donde el desgaste de los materiales producido por la fricción sea externo y la cuajada no sufra ninguna contaminación.
- En el proceso de funcionamiento se vio la necesidad de una alarma auditiva para que el operador siempre este en conocimiento del

accionar de la máquina evitando cualquier inconveniente por el movimiento del abastecedor en la etapa de dosificado.

- El nivel máximo de medición por el sensor está configurado para el dosificado de 24 moldes, debido a que la máquina tiene un mejor desempeño al trabajar un ciclo de dosificado a la vez y no dos como estaba previsto.
- Se definió variables importantes en el proceso de pruebas, estas variables fueron: el tiempo de desuerado que se definió en 3 [min] el cual es de suma importancia para obtener un producto final de calidad y sin alteraciones, y el tiempo del proceso de verificación manual donde el operador iguala los moldes manualmente si estos lo requieren.
- La velocidad del abastecedor de cuajada con la que generaba el dosificado era muy rápido, ocasionando un golpe dentro de los moldes al dosificar la cuajada, desalineando a los moldes de los orificios dosificadores además de que se generaba excesivos desperdicios por el ingreso violento de la cuajada a los moldes, debido a este problema se optó por la adaptación de seguros desmontables en cada bandeja y la instalación de reguladores de caudal de aire en los cilindros neumáticos, regulando así la velocidad del abastecedor.

5. Recomendaciones

- Se recomienda siempre antes de iniciar el ciclo de funcionamiento de la máquina revisar la presión de aire de trabajo.
- Se recomienda dejar de manipular los moldes a llenarse o llenos de cuajada que se encuentran dentro de la máquina cuando se escuche la alarma auditiva.
- Siempre se deben dimensionar y construir las partes de una máquina tomando en cuenta los factores de seguridad necesarios para evitar inconvenientes cuando la máquina trabaje a plena carga.
- Se debería implementar un sistema de barredor anexo al abastecedor, para evitar la verificación del dosificado uniforme que realiza el operador.
- La limpieza de cada sistema y parte de la máquina debe ser siempre antes y después del

funcionamiento debido a manejarse un proceso de producción de productos alimenticios.

- Se recomienda que antes de cualquier operación en la máquina se lea y consulte todo lo contenido en el manual de uso y mantenimiento de la máquina.

Bibliographic references

- [1] Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). México: McGraw-Hill.
- [2] Giles, R. V., Evett, J. B., & Liu, C. (2003). *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. Madrid: McGraw-Hill.
- [3] Gunasekaran, S., & Ak, M. M. (2002). *Cheese Rheology and Texture*. New York: CRC Press.
- [4] Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). México: Pearson Education.

Biografía del Autor



Cristian Geovanny Chico Godoy. Nace en la ciudad de Ibarra el 26 de noviembre de 1991. Sus estudios secundarios los realizó en la Unidad Educativa “Teodoro Gómez de la Torre” en la especialidad de Físico Matemático. Actualmente es egresado de la Universidad Técnica del

Norte de Ibarra de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2016. Áreas de interés: automatización industrial, diseño mecánico y electrónica.