



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN, MOLDEO Y Prensado DE LA CUAJADA”**

**INFORME TÉCNICO**

**AUTOR:**

Luis Alberto Ledesma Garcés

**DIRECTORA:**

Ing. José Huaca P.

**Ibarra – Ecuador**

**2017**

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN, MOLDEO Y PENSADO DE LA CUAJADA

Luis Alberto Ledesma Garcés

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Técnica del Norte  
Ibarra, Ecuador

tedd\_efer@hotmail.com

**Resumen.** El presente trabajo describe el desarrollo de un sistema automático acoplado a una serie de mecanismos para el control del flujo de la cuajada, en la elaboración de quesos, que permite apoyar a la industria artesanal, la cual posee bajos recursos y por ende este proyecto de tesis está dirigido para la pequeña industria. Este trabajo pretende crear desarrollo con el cumplimiento de normas sanitarias para la elaboración del queso utilizando materiales tales como el acero inoxidable, y procesos semiautomáticos, para crear valor agregado en los productos sin la necesidad de cambiar las tradiciones y métodos de elaboración. En la actualidad el 90% de la industrias artesanales manufacturan todos sus productos de manera manual, se cree que al eliminar este proceso, el producto deja de ser artesanal y pasa a ser industrializado, pero el objetivo no es ese, el objetivo es seguir con el mismo método de fabricación solo que con procesos automáticos para garantizar factores de seguridad para los consumidores, aparte de que presenta otros beneficios como disminución de los tiempos de manufacturación y acelerar la producción de quesos.

Los sistemas de control están configurados de manera en que la comprensión acerca del funcionamiento de la máquina sea sencilla y poder ser utilizada por cualquier persona después de una capacitación de 2 horas. El resultado del trabajo es el diseño y la implementación de un sistema automático para la dosificación moldeo y prensado de la cuajada que tiene como fin elaborar quesos para la venta, elevando la calidad y de producción de este producto, sin afectar su precio de venta.

**Palabras Claves:** Automatización, procesos, dosificación, moldeo, prensado, cuajada, queso, leche, producción.

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio y aplicación de la automatización requiere experiencia y conocimiento en diferentes ramas de la ingeniería tales como: mecánica, electricidad, electrónica, comunicación, computación, etc. [1] Esto ha logrado una revolución en cuanto a la fabricación de productos de cualquier tipo, disminuyendo los tiempos de producción, elevando los estándares de calidad, reduciendo el riesgo de accidentes y la intervención del ser humano en la mayoría de procesos, dejando solo operarios y eliminando la mano de obra innecesaria. Uno de los factores que impiden el crecimiento industrial dentro de cualquier industria, es la

inversión inicial, debido a que esta es muy elevada y muchos gerentes y administradores no se arriesgan a realizar este tipo de inversiones por que la recuperación de los capitales es a largo plazo, y no pueden elevar el costo de los productos finales, porque afectaría la venta de los mismos reduciendo el margen de utilidad para la fábrica o empresa. Por estas y muchas otras razones la automatización de procesos es descartada en muchos de los casos [2].

Por lo cual este proyecto propone la implementación de un sistema automático para los procesos de dosificación, moldeo y prensado de la cuajada, en la fabricación de quesos artesanales, reduciendo el costo de automatización implementando elementos y mecanismos fabricados nacionalmente, proporcionando una opción para aquellas empresas que no poseen grandes capitales, pero desean elevar sus estándares de calidad y mejorar la producción.

## AUTOMATIZACIÓN

La palabra automatización viene del griego antiguo 'auto' (guiado por uno mismo) y se refiere al uso de sistemas o elementos electrónicos, mecánicos y computarizados para controlar procesos al interior de la industria, que sustituyen definitiva o parcialmente operarios humanos y transfieren las tareas de producción a un conjunto de mecanismos tecnológicos [2] (ver Fig. 1).

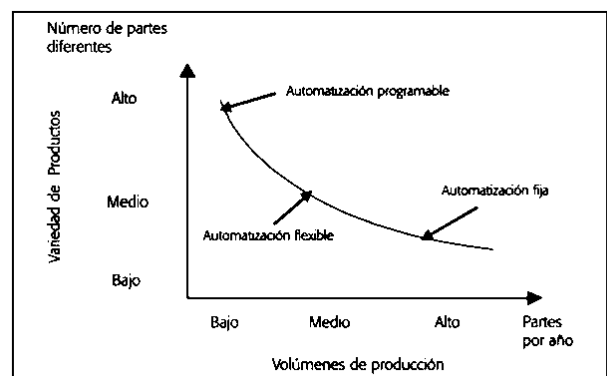


Fig. 1 Tipo de automatización adecuado para el nivel de producción de la empresa.

La automatización de procesos industriales está basada en la capacidad de utilizar la información necesaria generada en el proceso productivo, mediante mecanismos de medición y control de los métodos que tiene cada proceso. A través de

instrumentos controlados por las órdenes que emite la computadora, previamente programada para la acción requerida, se regula el funcionamiento de las máquinas u otros elementos que intervienen en el proceso de producción [2].

Parámetros para realizar una automatización.

- El primer factor que justifica una automatización es la implementación, esta se refiere a conocer todos los procesos que involucran elaborar un producto final y considerar los mecanismos, tiempos de producción, entre otros, en este caso se analizó los procesos relevantes dentro de la fabricación de quesos, a partir de la cuajada, se determinó los siguientes procesos: dosificación, moldeo y prensado.

La verificación de la dosificación se realiza mediante el peso del producto que varía de acuerdo a una calibración del módulo de pesaje que se realiza inicialmente, y varía desde los 100gr hasta los 1500 [gr] [3].

El moldeo se realiza, llenando un contenedor cilíndrico con un volumen definido de 1130 cm<sup>3</sup> este proceso se denomina moldeo por inyección [4].

El prensado de la cuajada se realiza por medio de un cilindro neumático acoplado un pistón en el extremo que ejerce una presión aproximada de 29 [PSI] [4].

- El segundo factor son los recursos humanos, debido a que estos tienen que adaptarse al cambio que presenta la empresa, tras automatizarse.

Desde un punto de vista humanista los primeros factores a tomarse en cuenta son:

- Reducción de personal no calificado.
  - Labores peligrosas y dañinas.
  - Simplificación de la administración.
  - Realizar procesos complejos e imposibles.
- El tercer factor son los recursos económicos, que intervienen directamente en la fase de desarrollo e implementación de cualquier proyecto, en este proceso se debe realizar un análisis costo beneficio para determinar, si el proyecto es o no viable y el tiempo de recuperación de la inversión, para tener completo control sobre todos los aspectos que influyen en la automatización [5].
  - [6] El grado de la automatización es el cuarto factor incluyente dentro de una modernización tecnológica, para lo cual existen cinco niveles:
    - Nivel 1 por operación.
    - Nivel 2 por máquina.
    - Nivel 3 por proceso.

- Nivel 4 nivel integrado.

- El quinto factor es la tecnología empleada, este menciona las opciones que se pueden usar hoy en día la primera es la técnica cableada que utiliza únicamente componentes conectados entre sí. La segunda técnica es la programación que influye o incluye sistemas de control con dispositivos electrónicos programables tales como: Microcontroladores, PLC's entre otros [7].
- El sexto factor es la productividad, que viene relacionada con la competencia actual, debido al desarrollo tecnológico que avanza con gran rapidez y las nuevas oportunidades financieras que se ofrecen, la gran alternativa en cuanto a mecanismos y dispositivos para automatizaciones ha hecho que este tipo de procesos, no solo encuentre la solución a un problema sino que lo haga de la manera óptima, tomando en cuenta los recursos y necesidades que se crean durante el proceso de actualización.

## II. DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL

Para el diseño del sistema de control se tomará en cuenta cuatro ramas de la ingeniería que influyen en todo este proceso, y en las diferentes fases para la creación e implementación de cada uno de los elementos que dan lugar a la automatización de la fabricación de quesos.

### PRE DISEÑO

En la etapa de pre diseño se realiza un análisis para establecer o determinar todos los factores físicos medibles y no medibles para hacer un dimensionamiento previo de todos los mecanismos que van a ir acoplados a la estructura mecánica, para hacer posible el control de todos los procesos que ayudan a elaborar el producto final, para este caso el queso (ver Fig. 2).

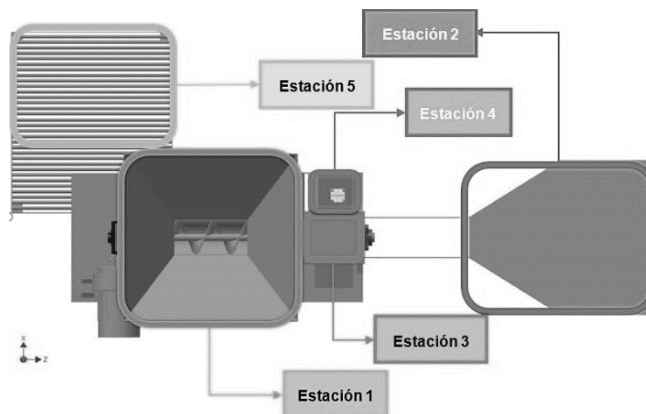


Fig. 2 Asignación gráfica de las estaciones a partir de un prototipo virtual.

En esta etapa se verifica cada uno de los elementos asignados y se divide en estaciones para poder alcanzar el objetivo en este caso se logra dividir al sistema automático en cinco estaciones, y se analiza en la figura 2 y tabla 1.

Tabla. 1 División en estaciones y procesos de fabricación del queso.

Estaciones	Nombre de estación	Procesos
1	Contenedor 1	Almacenamiento de cuajada
2	Contenedor 2	Almacenamiento de moldes vacíos
3	Dosificación	Traslado del molde de la estación 2 a la estación 3.
		Se realiza el llenado de los moldes
4	Prensado	Traslado del molde de la estación 3 a la estación 4.
		Compactación de la cuajada.
5	Contenedor 3	Traslado del molde de la estación 4 a la estación 5.
		Acumulación de moldes llenos

Una vez dividido los procesos por estación se puede establecer un diagrama de flujo para ayudar con la programación, por medio del análisis (ver Fig. 3).

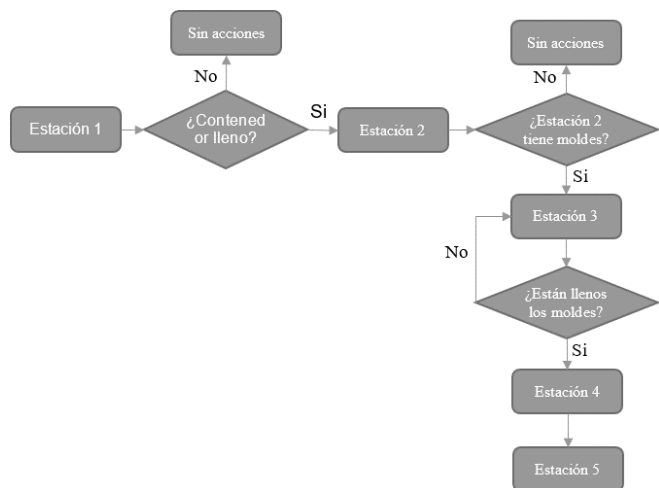


Fig. 3 Diagrama de flujo de la interacción de las estaciones para la automatización.

Por último, se realiza una pre selección de alternativas para el diseño para cual se propone una serie de alternativas que ayudan a resolver los diferentes problemas que se presentan en cada estación.

A continuación, se describe una serie de criterios para la selección de los componentes que conforman el sistema automático.

- Geometría del contenedor, en este caso se analiza el recipiente que albergara la cuajada bajo dos conceptos geométricos, que propone el diseño, se elige el contenedor a partir de su estructuración en este caso cubica o cilíndrica (ver Fig. 4).

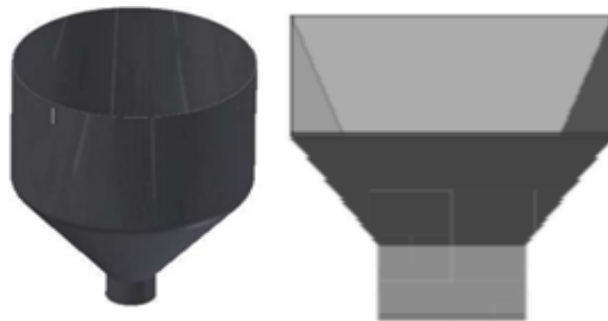


Fig. 4 Geometría de contenedores.

- Selección de alimentador helicoidal, están diseñados para regular el flujo de un material almacenado en una tolva o depósito. La alimentación, por lo regular se inunda de material (95% de carga de artesa). Uno o más helicoidales de paso variable o cónico transportan el material a la capacidad requerida (ver Fig. 5) [8].

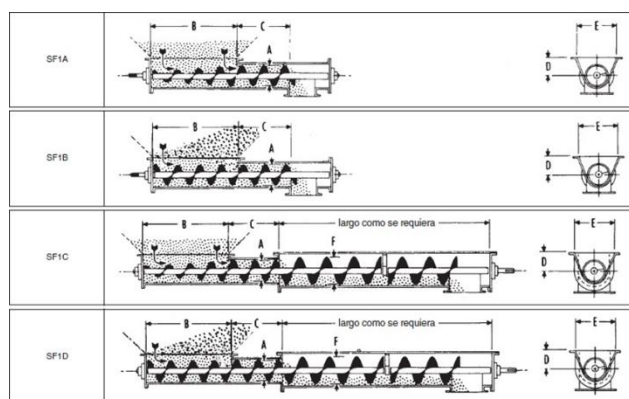


Fig. 5 Criterio de selección para alimentador helicoidal

- Acero inoxidable este criterio permite cumplir con la norma sanitaria de la fabricación de equipos las industrias químicas, naval, farmacéutica y alimenticios [9].
- Equipamiento electromecánico, El equipamiento electromecánico se refiere a todos aquellos dispositivos eléctricos que se encargan del control dentro de la máquina que se está diseñando, para este caso se ha dividido en dos fases; los elementos captadores (sensores) y los elementos de accionamiento (actuadores), que son los que permitirán hacer posible la automatización.
- Los dispositivos de control son aquellos que permiten enlazar a los captadores con los actuadores, para hacer posible el control automático en este caso se han considerado dos elementos; micro controladores y PLC'S.

- Mantenimiento y operación, la operación de la máquina está estimada, como mínimo para uso diario, después de lo cual se debe hacer un lavado completo de toda la máquina sobre todo las partes que están en contacto directo con la materia prima para eliminar residuos que puedan quedar alojados en rincones y que puedan producir una contaminación parcial o total de la nueva materia prima; por este motivo se ha elegido construir la máquina con acero AISI 304 por su facilidad de limpieza gracias a que su constitución de materiales, no permite que se adhiera ningún tipo de residuo.
- Dimensionamiento, Con base a estas consideraciones, se puede dar inicio al diseño de elementos, pero antes de empezar a diseñar debemos hacer un proceso de dimensionamiento dentro del mismo capítulo, este sirve para definir el tamaño de los elementos que conformará la automatización.

### III. DISEÑO

El proceso de diseño empieza con una estructuración mecánica que es la base de todos los sistemas adicionales, ya que en esta van soportados todos los elementos que conforman la automatización.

Para este caso se inicia con el sistema control ya que la tesis se basa en una automatización. Para poder desarrollar el sistema mecánico hay que hacer una selección de componentes eléctricos y electrónicos, de los cuales hay que tomar en consideración el tamaño de los componentes para dimensionar en la estructuración mecánica.

#### SISTEMA DE CONTROL

Para diseñar un sistema de control, el primer paso es establecer el número variables a controlar. Las variables son todos los dispositivos conectados a la máquina objetos de control, (sensores o actuadores).

Segundo paso es establecer si los dispositivos son de entrada (sensores) o de salida (actuadores), una vez identificado este parámetro, se analiza la señal que emiten los dispositivos, estas pueden ser: analógicas o digitales.

Tercer paso se procede a seleccionar el dispositivo que se va a encargar de realizar el control de acuerdo al tipo de programación del dispositivo para hacer que el conjunto de elementos encargados de controlar los procesos sea estable en la máquina y cumplan con sus tareas individuales de manera correcta.

#### ELEMENTOS DE CONTROL Y POTENCIA.

En esta sección se analiza la selección de elementos eléctricos, mecánicos y electrónicos que ayudaran a llevar

acabo la automatización de los procesos que se está tratando (dosificación, moldeo y prensado).

- Motor eléctrico con embrague, este cumple la función de hacer girar el tornillo sin fin del alimentador helicoidal para llevar la cuajada del contenedor a cada uno de los moldes y cuando estos han adquirido el peso calibrado inicialmente, el motor se detiene desacoplado el embrague que tiene incorporado, dejando de producir movimiento sin que el motor se apague o deje de girar. [8] Este se selecciona en base a la potencia requerida y a los rpm necesarios para trasladar el volumen definido del material.
- Actuadores lineales, también conocidos como cilindros neumáticos, se selecciona en base a tres parámetros esenciales que son: la fuerza en N, la presión en Bar y el diámetro del pistón interno. En el presente caso para realizar los procesos de automatización se ha seleccionado un diámetro de 30 mm para el pistón, a una presión de 2 Bar. Que recomienda el fabricante del actuador lineal con lo cual se obtiene una fuerza máxima de 100 N [10].
- Electroválvulas, éstas permiten controlar a los actuadores neumáticos mediante un impulso eléctrico que permite el paso del aire en una u otra dirección, para empujar hacia afuera o adentro el vástago del cilindro neumático. Esta se selecciona en base al caudal de aire a manejar y el número de vías que la válvula tenga, los actuadores de doble efecto requieren una configuración 5/2 que quiere decir 5 vías y 2 posiciones, las que permiten el movimiento, regulación de la velocidad del pistón, y desfogue del aire en las diferentes cámaras.
- Sensores de posición IFM ayudan a detectar la posición de objetos mediante la interrupción del campo magnético, estos son de tipo swich, que activa o desactiva una señal eléctrica que indica que el objeto esta en esa posición, existen dos configuraciones para este tipo de interruptores NO (normalmente abierto), NC (normalmente cerrado). Para el desarrollo del presente trabajo se ha utilizado para detectar si el cilindro se encuentra o no desplazado y también para censar los moldes en la estación de llenado que permite la apertura de una válvula para evitar el derrame de material mientras no estén los moldes en dicha estación.

#### CONTENEDOR DE CUAJADA

Dentro del diseño correspondiente, existen factores que deben ser tomados en cuenta para el diseño del contenedor, tales como: La cantidad de material a procesar diariamente, las pérdidas al momento de transformar la materia prima en producto elaborado, volúmenes y espacios que ocupan los materiales y materias al momento de procesar entre otros.

Para el diseño en esta fase se toma en cuenta el rendimiento quesero, que se refiere al análisis de la leche antes y después de procesar durante elaboración de producto terminado, para así poder determinar las dimensiones en este caso volumétricas que definirá tamaño y forma del contenedor [11]. 100 [l] de leche de vaca equivalen a 22.75 [Kg] de queso fresco y a 76.8 [kg] de suero.

## SISTEMA MECÁNICO DE DOSIFICACIÓN

Para el diseño en esta fase se deben seguir cinco pasos que se nombrarán a continuación los cuales harán que más fácil los criterios para un diseño óptimo en cuanto a alimentadores helicoidales [8].

Paso 1 establecer los factores conocidos:

- Material a Transportar.
- Tamaño máximo de partícula.
- Volumen en porcentaje de tamaños de partícula.
- Capacidad requerida en pies cúbicos por hora.
- Capacidad requerida en libras por hora.
- Distancia a la que se debe transportar el material.
- Cualquier otro factor adicional que pueda afectar el transportador o su operación.

Paso 2 clasificación del material, en esta fase se establece factores conocidos del material tales como:

- Tamaño del material.
- Fluidez.
- Abrasividad.
- Otras características.

Paso 3 determinar la capacidad del diseño, para establecer la capacidad del diseño, hay que determinar factores tales como: rpm del sistema y el tipo de helicoidal que se van a utilizar, para este caso se determinó según la Fig. 5 un helicoidal de paso estándar correspondiente a la serie SF1B [8].

Una vez establecido este parámetro, el catálogo de selección ofrece una ecuación para calcular la capacidad del sistema [8].

$$N = \frac{\text{Capacidad requerida (pie}^3/\text{h)}}{\text{pies cúbicos por hora a 1 RPM}}$$

Ecuación 1. Capacidad del sistema [8].

Paso 4 determinar la velocidad y el diámetro del helicoidal, utilizando la capacidad requerida en pies cúbicos por hora, la clasificación del material y el porcentaje de carga de artesa determine el diámetro y la velocidad.

Paso 5 Revise el Diámetro Mínimo del Helicoidal por Limitaciones en el tamaño de Partículas, utilizando el diámetro conocido del helicoidal y el porcentaje de tamaño de partícula, revise el diámetro mínimo del helicoidal.

Paso 6 Determine la potencia [Hp], este cálculo se realiza en tres etapas con tres ecuaciones de acuerdo con el catálogo de selección [8].

$$HP_f = \frac{L \cdot N \cdot F_a \cdot F_b}{1000000}$$

Ecuación 2 Potencia para mover el transportador vacío [8].

$$HP_m = \frac{C \cdot L \cdot W \cdot F_f \cdot F_m \cdot F_p}{1000000}$$

Ecuación 3 Potencia para mover el material en la artesa [8].

$$HP_{total} = \frac{(HP_m + HP_f)F_o}{e}$$

Ecuación 4 Potencia total para mover el transportador y el material [8].

Paso 7 Revise la Capacidad torsional y/o de potencia de los componentes de los transportadores, utilice la potencia requerida calculada en el paso 6 [8].

$$Torque = \frac{63.025 \times HP}{RPM}$$

Ecuación 5 cálculo del torque en [lb-pulg] [8].

Paso 8 seleccione los componentes, en este punto se analizan todos los elementos que constituyen el alimentador helicoidal conforme el catalogo propone de este punto en adelante con todos los factores conocidos, simplemente hay que seleccionar de las tablas que propone [8].

Paso 9 arreglo de la transmisión de los transportadores, para hacer la reducción de rpm se ha decidido hacer un acople directo del eje del motor con la entrada de la caja reductora y de la salida de la caja reductora al eje del sin fin, para el cálculo de reducción de velocidad entre la caja de reducción y el motor eléctrico se necesitan solo dos datos: rpm originales del motor, relación de reducción de la caja.

## IV. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

Los procesos de manufacturación automáticos en la mayoría de ocasiones terminan resumidos en la construcción de uno o varios mecanismos que conforman una máquina, para el caso de este trabajo de grado se resume en una dosificadora de cuajada, para los cuales existen algunas en el mercado con precios de compra que sobrepasan los veinte mil dólares, por ende la adquisición de estas máquinas para micro empresas o empresas artesanales es casi imposible debido a

que sus capitales de inversión no superan los cinco mil dólares, por este motivo se busca la manera de abaratar costos con implantación de tecnología de bajo costo y procesos de manufacturación ecuatorianos, que terminan reduciendo en costo en un 75% comparado con cualquier maquina comercial.

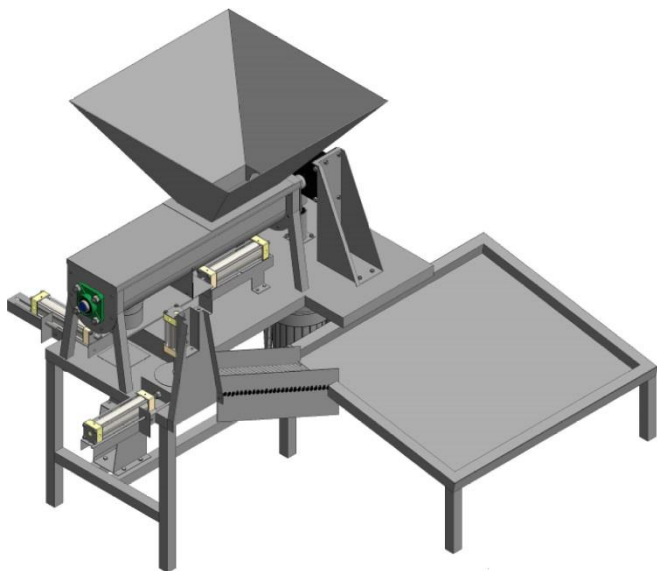


Fig. 6. Vista isométrica 1 del sistema.

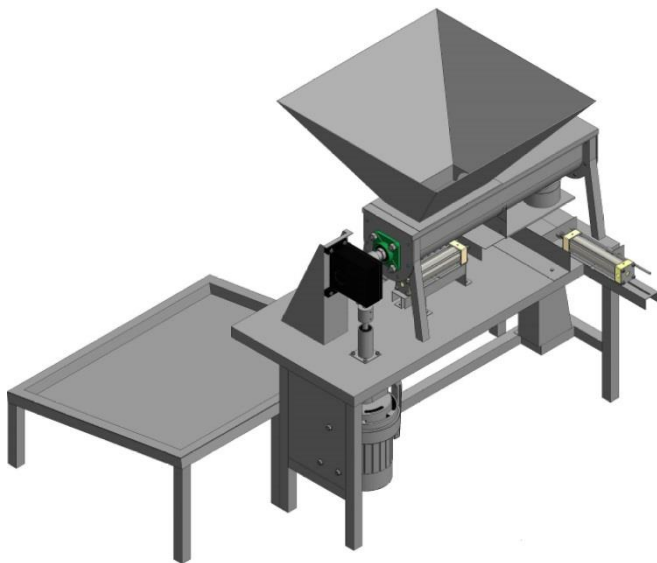


Fig. 7. Vista isométrica 2 del sistema.

La implementación de la automatización se logró tras algunas pruebas que realizaron con materiales similares a la cuajada debido a que es muy costosa ver figs. 8 y 9.



Fig. 8. Material sustituto de la cuajada.



Fig. 9. Calibración de la maquina con material sustituto.

Después de calibrar la maquina con los materiales de prueba se realizó el experimento con la cuajada ver figs. 10 y 11.



Fig. 10. Elaboración de la cuajada.



Fig. 11. Cuajada lista para realizar prueba de funcionamiento.

Una vez que la cuajada ha sido vertida en el contenedor, se encuentra lista para pasar a las estaciones correspondientes para ser dosificada, moldeada y prensada ver fig. 12.



Fig. 12. Dosificación y moldeo de la cuajada.

Una vez dosificada y moldeada la cuajada debe pasar a su estación de junto para ser prensada ver fig.13.



Fig. 13. Prensado de la cuajada.

Una vez cumplido este proceso se obtiene el siguiente resultado final ver fig14.



Fig. 14. Finalización del proceso.

## RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El análisis costo beneficio o (ACB) es un breve resumen detallado acerca de las ganancias, pérdidas y riesgos potenciales sobre una decisión financiera, cualquier persona que esté dispuesta a realizar un poco de investigación y analizar información junto con los datos pertinentes es capaz de realizar un análisis ACB de calidad.

Tabla 2. Producción de queso en unidades.

Producción de quesos		Producción real de quesos	Perdida de quesos por factores de manipulación
<b>Valores Diarios</b>	33	31	2
<b>Valores Mensuales</b>	990	930	60

Tabla 3. Costo de producción de queso en unidades.

Producción de quesos	Costo de producción	Costo de venta	Costo de producción real	Costo total real	
<b>Valores Diarios</b>	33	1,93	2,50	1,93	2,50
<b>Valores Mensuales</b>	990	1910.7	2475	1794.9	2325

Tabla 4. Egreso mensual de la fabricación de quesos sin automatización.

Ítem	Valor USD	Representación
<b>Leche</b>	1000	MPD
<b>Cuajo</b>	15	MPD
<b>Sueldo obreros</b>	350	MOD
<b>Energía Eléctrica</b>	20	GGF
<b>Agua potable</b>	10	GGF
<b>Otros gastos de fabricación</b>	200	GGF

Tabla 5. Egreso mensual de la fabricación de quesos con automatización.

Ítem	Valor USD	Representación
<b>Leche</b>	1000	MPD
<b>Cuajo</b>	15	MPD
<b>Sueldo obreros</b>	350	MOD
<b>Pago mensual costo maquina</b>	143.96	GGF
<b>Energía Eléctrica</b>	20	GGF
<b>Agua potable</b>	10	GGF
<b>Otros gastos de fabricación</b>	200	GGF

Si se realiza la diferencia de valores mensuales entre el costo de venta unitaria y el costo total unitario real, se obtiene que la empresa mensualmente pierde aproximadamente 150 dólares en la manufacturación de quesos en el peor de los casos. Como se puede observar en la tabla 3 el pago mensual de la máquina a 24 meses es de 143.96, valor que puede ser



cubierto solo con la optimización de la producción; en este caso la máquina se paga sola. Si establecemos una relación entre las tablas 4 y 5, tenemos que son casi las mismas, con la única diferencia que en la 3 no tiene el GGF de pago de maquinaria.

## V. CONCLUSIONES

- El tiempo óptimo de dosificación es 2,5 segundos para evitar el endurecimiento de la materia prima.
- En un promedio de cuatro horas, el queso desuerado adquiere una masa de 700 gramos.
- Para un óptimo funcionamiento de la planta procesadora se dispone de un manual de usuario
- El proyecto se encuentra en su fase de ejecución, luego de haber vencido dificultades causadas por las salvaguardas.
- Aplicando una fuerza promedio de 40 PSI durante dos segundos, el proceso de compactación, acelera el proceso de desuerado.
- Esta planta procesadora garantiza una producción de calidad y cantidad en menor tiempo y mayor rendimiento.
- La automatización del proceso de elaboración del queso, garantiza el cumplimiento de los estándares de calidad.
- La implementación de este tipo de proyectos favorece o impulsa la micro empresa.

## VI. RECOMENDACIONES

- La persona responsable de esta fase debe verificar que todo el material de la tolva haya sido dosificado.
- Evitar desfases o distracciones del personal responsable de la fase de dosificación.
- Revisar manual de operaciones en caso de existir alguna duda o alguna parte que no se entiende dentro del proceso.
- Realizar cualquier proyecto con la mayor brevedad posible reduce el riesgo de pequeños imprevistos que pueden retrasar su ejecución.
- Acelerar el prensado no solo ayuda a que los quesos salgan más rápido, sino también evitan el endurecimiento de la cuajada en la tolva.
- Al simplificar los tiempos de producción no solo se incrementa la producción, sino también las ganancias de producción minimizando costos de fabricación con una sola inversión.
- Implementar cada vez más los estándares de calidad garantiza un producto de excelente calidad.

- Incentivar y motivar a los estudiantes de las diferentes carreras de ingenierías a hacer convenios con empresas e instituciones para que puedan realizar proyectos de este tipo para tener un beneficio bipartito.

## VII. AGRADECIMIENTOS

El autor está muy agradecido por la ayuda y apoyo proporcionados por el MSc. Diego Ortiz Coordinador de CIME, En la Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Al Ing. José Huaca, tutor del presente trabajo que gracias al aporte de sus conocimientos se pudo concluir con éxito la investigación y también dar gracias a la parte administrativa de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) por hacer posible el desarrollo de la misma.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. A. R. González, «Automatización Industrial,» 2010. [En línea]. Available: [http://www.avidromangonzalez.com/Teaching/AUTOMATIZACION\\_INDUSTRIAL.pdf](http://www.avidromangonzalez.com/Teaching/AUTOMATIZACION_INDUSTRIAL.pdf).
- [2] C. E. S. Lozano, «Automatización,» Revista M&M, pp. 1-6, 2017.
- [3] SIEMENS, «Guía de sistemas de pesaje y dosificación,» 2013. [En línea]. Available: [https://w3app.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentencenter/sc/wt/InfocenterLanguagePacks/Weighing%20and%20Feeding%20Guide/WFG\\_2013\\_SP.pdf](https://w3app.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentencenter/sc/wt/InfocenterLanguagePacks/Weighing%20and%20Feeding%20Guide/WFG_2013_SP.pdf).
- [4] V. Herbas, «Procedimientos de fabricación,» 2009. [En línea]. Available: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/03/tecnicas-de-moldeo.pdf>.
- [5] J. A. M. Wals, Tratado básico de biblioteconomía, Madrid: Conplutense S.A, 2004.
- [6] L. Maiquez, «ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223144218009.pdf>.
- [7] G. A. Higuera, El control automático en la industria, Cuenca: Universidad de la Castilla, 2005.
- [8] Martin Sprocket & Gear, INC., El gran catálogo, Arlington: Martin Sprocket & Gear, INC., 2013.
- [9] E. Castañeda, Diseño higiénico del equipo de procesado de alimentos, Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia, 2010.
- [10] MiCRO, «Microautomacion,» 3 mayo 2011. [En línea]. Available: <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>.
- [11] P. Luna, Tesis de Ingeniería de procesos Industriales, Ciudad Real: Universidad de Castilla, 2009.



## **IX. BIOGRAFÍA DEL AUTOR**

### **Luis Alberto Ledesma Garcés**

Nace en la ciudad de Guaranda - Provincia de Bolívar - Ecuador, el 12 de febrero de 1985. Sus estudios secundarios los realizó en el Colegio Nacional Teodoro Gómez de la Torre en la especialidad de Físico Matemático, a dictado de cursos de actualización a empleados del Gobierno Provincial de Imbabura en las áreas de: Informática, Macros, diseño CAD en los programas de (CATIA, Inventor, AutoCAD, Solid Works). Formó una empresa de automatización industrial, diseño y seguridad llamada Mecatronic S.A. Sus estudios superiores los realizó en la Universidad Técnica del Norte. Actualmente es Ingeniero en la carrera de Mecatrónica. Áreas de interés: Automatización Industrial, Diseño y Mantenimiento.