



SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE BATIDO Y CONGELADO DE HELADOS ARTESANALES PARA EL SECTOR MICROINDUSTRIAL

Sr. Héctor Hugo Benavides Chapi¹ Ing. Ortiz Diego²

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
hh.benavides@hotmail.com, dortiz@utn.edu.ec

Resumen. – *El presente trabajo indica las etapas desarrolladas a lo largo de la creación del SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE BATIDO Y CONGELADO DE HELADOS ARTESANALES PARA EL SECTOR MICROINDUSTRIAL, realizado para que en conjunto con el maestro/a en elaboración de helados entregar un producto de calidad, basándose en normas vigentes en el país. El objetivo de este trabajo es construir un sistema que contribuya al desarrollo microindustrial en la región y el país. El principal trabajo fue la construcción y adecuaciones de los elementos mecánicos del sistema utilizando materiales que estén de acuerdo a las normas vigentes en el país y el diseño del automatismo del sistema para facilitar su manejo e intentar limitar la intervención por parte del operario utilizando Arduino Uno como unidad de procesamiento y control el cual se encarga de interactuar con elementos como son: sensor de temperatura, sensor de corriente, teclado 4X4, LCD 16X2, relay, triac, contactor, luz piloto, botones y buzzer. La capacidad del sistema es de 20 litros de helado.*

Palabras Claves

Batido y congelado de helado, transferencia de calor, agitación de mezclas y tiempo de procesamiento del sistema.

Abstract. *This work indicates the stages developed during the creation of SEMIAUTOMATIC SYSTEM SHAKE AND FROZEN ICE CREAM HOMEMADE FOR MICROINDUSTRY SECTOR, made so that together with the teacher in making ice cream deliver a quality product based in current regulations in the country.*

The aim of this work is to build a system that contributes to micro-industrial development in the region and the country.

The main work was the construction and adaptations of the mechanical elements of the system using materials that are in accordance with current standards in the country and the design of the automation system to facilitate handling and try to limit intervention by the operator using Arduino Uno as processing and control unit which is responsible for interacting with elements such as: temperature sensor, current sensor, keyboard 4X4, 16X2 LCD, relay, triac, contactor, pilot light, buttons and buzzer. System capacity is 20 liters of ice cream.

Keywords

Frozen smoothie and ice cream, heat transfer, mixing and stirring system processing time.

1. Introducción.

Los helados artesanales son tradicionales en distintos lugares de nuestro país, los encargados de continuar con dicha tradición son los maestros/as en elaboración de helados, que pertenecen al sector microindustrial y necesitan de formas para impulsar y sostener a dicha microempresa activa en el mercado.

La elaboración se la realiza básicamente con procedimientos manuales dictados de generación en generación, adoptando variantes mínimas que engrandece su personalización y les permite destacar, se emplea invariablemente productos frescos, la razón a la cual se debe su gran calidad ante otros tipos de helado. Una vez obtenida la mezcla y siguiendo con la elaboración continuamos con un proceso importante, el cual es, el batido y congelado.

El proceso de batido ayuda a que los cristales de hielo se mantengan en un tamaño discreto. Los cristales de



hielo deben tener un diámetro entre 30-50 μm , es importante lograr la mayor cristalización posible del agua libre en esta etapa de congelación, puesto que en la etapa siguiente, endurecimiento, los cristales aumentarán de tamaño, si existe aún agua disponible, y darán por resultado una textura final indeseada. (Mantello, 2007)

Para este proceso intervienen máquinas en la elaboración de helados no es una novedad, como lo demuestran los miles de máquinas existentes en el mundo. En la actualidad las máquinas para batir y congelar helado existen con un precio que no es accesible para iniciarse o establecerse en el sector microindustrial y por otro lado es la capacidad de producción que no va de acuerdo a los parámetros del sector.

2. Descripción del sistema

El sistema está constituido por varios subsistemas como son: sistema térmico, sistema de agitación y sistema de control.

2.1 Sistema térmico.

El sistema térmico es el encargado de contribuir a evitar el temprano desgaste de la mezcla endotérmica encargada de la congelación del producto.

Consta de 3 cilindros contenedores:

- Contenedor de poliuretano expandido.
- Contenedor de mezcla endotérmica.
- Contenedor de helado:



Figura 1 Sistema térmico

Los dos primeros están unidos y forman uno solo, a forma de cilindro con camisa de poliuretano expandido usado como aislante térmico. En el interior se introduce el contenedor de helado el cual

va a funcionar como medio para la transferencia de calor por conducción entre las dos mezclas como se ve en la **Figura 1**.

2.2 Sistema de agitación.

En este sistema la mezcla líquida para helado es raspada y agitada hasta el punto indicado por el maestro/a en elaboración de helados para el siguiente proceso el cual es de endurecimiento.

Se puede diferenciar los siguientes elementos:

- Agitador mecánico.
- Acople de potencia.
- Motoreductor.

El agitador mecánico se puede apreciar en la **Figura 2** el cual raspa y agita a la mezcla dentro del contenedor de helado.



Figura 2 Agitador mecánico

El acople de potencia se puede ver en la **Figura 3** el cual transmite el torque generado por el motoreductor al agitador mecánico.

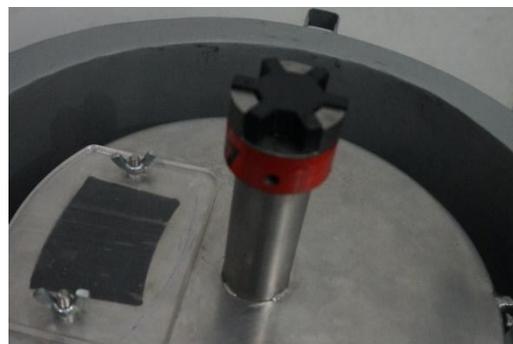


Figura 3 Acople de potencia

El motoreductor proporciona el torque necesario para el funcionamiento del sistema y es visible en la **Figura 4**.



Figura 4 Sistema de agitación

2.3 Sistema de control.

Opera para brindarnos asistencia en el proceso, posee un cronómetro, un temporizador, sensor de temperatura, sensor de corriente, salida de relay, salida de triac, contactor, guardamotor, disyuntor termomagnético, botones luz piloto y buzzer. Se puede diferenciar los siguientes subsistemas:

- Circuito de potencia.
- Circuito de control.
- HMI

El circuito de potencia se encarga de manejar la corriente relativamente elevada del sistema necesaria para el funcionamiento del motoreductor y es visible en la **Figura 5**.



Figura 5 Circuito de potencia

Nuestro circuito de control recibe, procesa y entrega datos concernientes al proceso del sistema y se encuentra en la **Figura 6**.

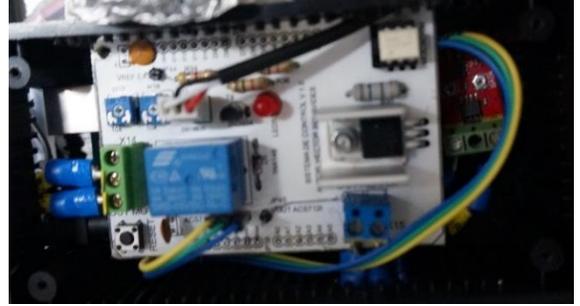


Figura 6 Circuito de control

HMI o interfaz hombre-máquina es el medio de comunicación con el sistema, es necesaria para acceder a información o funciones del mismo y se muestra en la **Figura 7**.



Figura 7 HMI

Para realizar los respectivos cálculos se debe conocer la base teórica e información para diseñar el sistema.

3.1 Construcción del sistema de térmico

Para esto es necesario calcular la carga térmica existente en el sistema:

Carga térmica relacionada a la temperatura de ingreso hasta el punto de congelación de la mezcla se obtiene.

$$q_1 = m_{hel} * C_{pe} * (T_{in} - T_{en})$$

$$q_1 = 23.37 * 3.266 * (5 - (-2.778))$$

$$q_1 = 593.67 [kJ]$$

Carga térmica relacionada a cambio de fase de la mezcla, se considera un 55 de agua necesaria para las siguientes fases.

$$q_2 = m_{hel} * c_{hel} * \%agua$$

$$q_2 = 23.37 * 223.296 * 0.55$$

$$q_2 = 2870.14 [kJ]$$



Carga térmica relacionada a la temperatura de punto de congelación hasta la temperatura de salida de la mezcla.

$$q_3 = m_{hel} * Cps * (T_{en} - T_{out})$$

$$q_3 = 23.37 * 1.884 * ((-2.778) - (-5.5))$$

$$q_3 = 119.76 [kJ]$$

Carga térmica total de la mezcla.

$$q_{Tm} = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q_{Tm} = 593.67 + 2870.14 + 119.76$$

$$q_{Tm} = 3583.57 [kJ]$$

Transferencia de calor por convección en cilindro con aislante térmico, se ha seleccionado como aislante a la espuma de uretano o poliuretano expandido.

$$q = \frac{2\pi L(T_1 - T_4)}{\left[\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_A} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_B} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{k_C} \right]}$$

$$q_{conR} = 16.91 [W]$$

Nos entrega un valor relativamente bajo en comparación a la carga térmica total de la mezcla, si bien podríamos aumentar el aislamiento pero esto supone un mayor coste para el sistema por tal motivo el espesor es de 0.03[m] es adecuado para el sistema y es valor calculado se reducirá luego del tratamiento contra la corrosión.

3.2 Construcción del sistema de agitación

La potencia requerida del sistema se obtiene de la siguiente manera:

Potencia necesaria para la agitación de la mezcla.

$$N'_{Re,n} = \frac{D_a^2 N^{2-n} \rho}{11^{n-1} K}$$

$$N'_{Re,n} = \frac{0.24^2 \frac{45^{2-0.56}}{60} 1099}{11^{0.56-1} 10.75}$$

$$N'_{Re,n} = 11.18$$

$$P = N_p \rho N^3 D_a^5$$

$$P = 5 * 1099 * \frac{45^3}{60} * 0.24^5$$

$$P_{agitación} = 1.89 [W]$$

Potencia necesaria para el raspado de la mezcla.

$$F = \text{carga distribuida} \left[\frac{N}{cm} \right]$$

$$* \text{altura de la mezcla [cm]}$$

$$F = 1.47 * 54$$

$$F = 79.38 [N]$$

$$\tau_{paleta} = F * \frac{\text{diámetro recipiente para helados}}{2}$$

$$\tau_{paleta} = 19.38 * 0.24/2$$

$$\tau_{paleta} = 9.53 [N.m]$$

Este valor es el torque o momento al raspar con una paleta la pared del recipiente el sistema consta de dos según el tipo de agitador seleccionado así que este valor es multiplicado por 2 y la potencia para el raspado es:

$$\tau_{agitador} = 9.53 * 2$$

$$\tau_{agitador} = 19.06 [N.m]$$

$$P_{raspado} = \tau_{agitador} * 45 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s} * \frac{6.28 rad}{1 rev}$$

$$P_{raspado} = 89.77 [W]$$

$$P_{requerida} = P_{agitación} + P_{raspado}$$

$$P_{requerida} = 1.89 + 89.77$$

$$P_{requerida} = 91.66 [W]$$

Determinación del diámetro del eje:

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t M}{S_n} \right] + \frac{3}{4} \left[\frac{\tau}{S_y} \right]^2} \right]^{1/3}$$

Para torsión pura nos queda de la siguiente forma:

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left[\frac{\tau}{S_y} \right]^2} \right]^{1/3}$$

El cálculo del torque con el motoreductor seleccionado es:

$$\tau = \frac{180 * 0.51 * 0.98 * 0.98}{45 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s} * \frac{6.28 rad}{1 rev}}$$

$$\tau = 18.72 [N.m]$$

$$D = \left[\frac{32(5)}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left[\frac{18.72}{276 * 10^6} \right]^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0.014 [m]$$

Con el diámetro de 0.019 [m] existente en el mercado tenemos un factor de seguridad de 11 el cual nos asegura su funcionamiento.

3.3 Construcción del sistema de control

Se diseñó una shield para la placa Arduino Uno de esta manera se puede replicar más fácilmente y aprovechamos el hardware propio de Arduino para no diseñar hardware innecesariamente como se puede apreciar en la **Figura 8**.

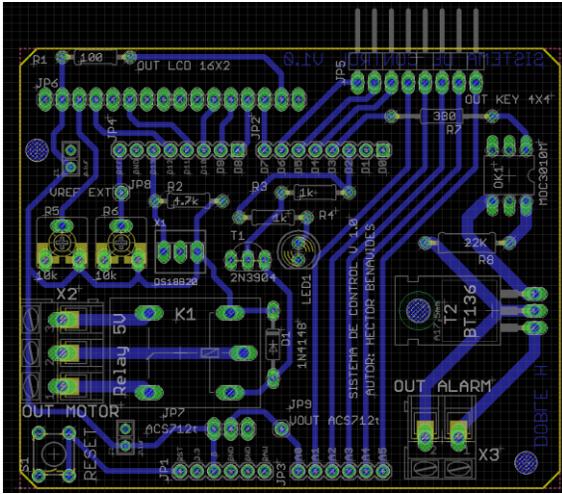


Figura 8 Diseño de Shield para el sistema de batido y congelado compatible con Arduino Uno

En el flujograma de la **Figura 9** del sistema se puede visualizar los pasos del programa esta forma complementaria de programación nos ayuda a organizar las ideas antes de ponernos a programar el código y disminuye considerablemente el tiempo de programación.

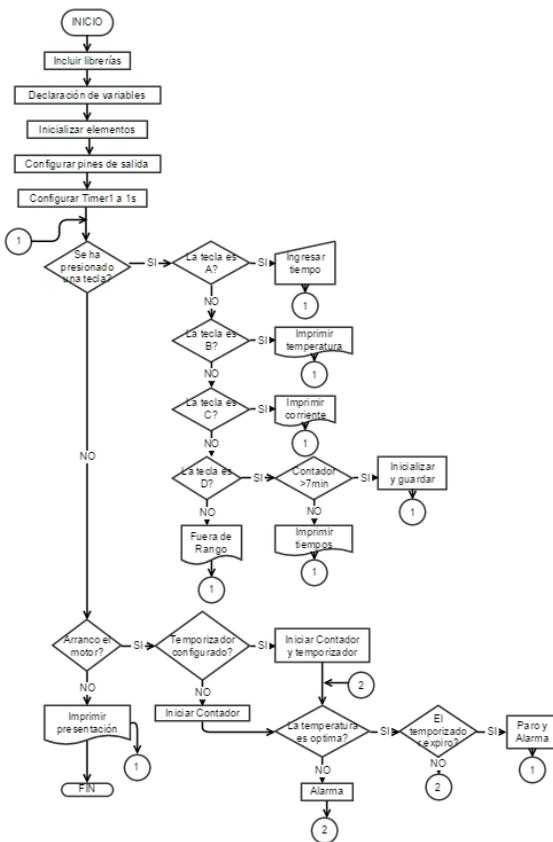


Figura 9 Flujograma del programa del sistema de batido y congelado

4 Conclusiones

- Al implementar el sistema semiautomático de batido y congelado de helados artesanales logramos contribuir al desarrollo microindustrial, reduciendo el tiempo de proceso de batido y congelado en un 80% o más.

- La calidad del producto mejora considerablemente debido a la reducción del tamaño de los cristales de hielo que forman el helado esto se traduce a una textura más suave.

- Con la hermeticidad con la que se diseñó el sistema y al reducir el tiempo de exposición del producto se reduce el riesgo por contaminaciones cruzadas lo que promueve la obtención de un producto inocuo en relación con métodos comunes encontrados actualmente.

- Luego de analizar el fundamento teórico utilizado en el diseño del sistema se pudo obtener diferentes alternativas que contribuyeron a seleccionar la más adecuada para nuestro sistema.

- El diseño de las piezas que componen el sistema están construidas de manera que facilitan su limpieza y con materiales que resisten a la corrosión y repetidas operaciones de limpieza y desinfección.

- Con el sistema implementado se disminuye el esfuerzo durante el proceso de batido y congelado, esto implica un mejor desempeño por parte del trabajador en otras tareas o un mayor número de tareas que puede realizar el trabajador.

- El sensor de corriente en el sistema estaba pensado para medir indirectamente la consistencia de la mezcla para saber si el tiempo de batido y congelado había culminado, sin embargo tras observar el procedimiento de batido y congelado se descubrió que existe un extenso número de variables que se involucran para predecir el tiempo de este proceso de manera acertada, por tal motivo en nuestro sistema se optó por un contador y temporizador que son los encargados de contribuir al automatismo del sistema y el sensor de corriente tan solo nos indicara el momento en que el motor este en marcha.

- El costo del sistema se redujo un 62,5% comparado con otros equipos existentes para el proceso de batido y congelado lo que lo hace asequible para el sector microindustrial.

5 Recomendaciones

- Como primer paso se recomienda antes de usar el sistema leer el manual del usuario y el manual técnico para evitar posibles daños en el sistema.



- El mercado nacional está limitado en comparación con elementos que existen a nivel internacional por lo cual es importante conocer de la existencia de estos elementos en el mercado nacional antes de considerarlos.
- Se debe invertir una notable cantidad de tiempo en el campo o ambiente donde trabajará el sistema para considerar variables que posiblemente no se tenía en cuenta.
- El desarrollo tecnológico en la industria se da continuamente así que es fundamental para el diseño estar al tanto de esos avances y de ser posible implementarlos.
- Se recomienda tener especial cuidado en áreas críticas al momento de diseñar los elementos que componen el sistema para evitar contaminaciones cruzadas.

6 Referencias Bibliográficas.

Ashrae. (1972). *Handbook of Fundamentals*. New York.

Basurto Álvarez, M. (Abril de 2013). *Aplicación de Fundentes Líquidos. Salmueras*.

Beer, F. P., Johnston Russell, E. J., Mazurek, D. F., & Eisenberg, E. R. (2010). *Mecánica Vectorial para Ingenieros Estática*. México: McGraw-Hill.

Chapman, S. J. (2000). *Máquinas eléctricas*. Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill.

Creative Commons. (08 de Mayo de 2015). *es.wikipedia.org*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Helado>

De la Torre Zermeño, F. J., & Flores Escobar, A. (2003). *Mundo de la Física 2*. México: Progreso S.A.

Farrow, J., & Lewis, S. (2000). *La gran enciclopedia de los helados y postes helados*. Barcelona: EDIPRESSE.

Geankoplis, C. J. (1998). *Proceso de transporte y operaciones unitarias*. México: CECSA.

Heize, J., & Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Educación.

Holman, J. P. (1999). *Transferencia de calor*. Madrid: McGraw-Hill.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (14 de 01 de 2005). *Helados. Requisitos. NTE INEN 706:2005*. Quito, Pichincha, Ecuador: INEN.

International Organization for Standardization. (01 de 09 de 2005). *ISO 22000. Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos - Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Suiza: International Organization for Standardization.

Mantello, S. (22 de Mayo de 2007). *mundohelado.com*. Obtenido de <http://www.mundohelado.com/helados/cambios-helado-02.htm>

Martinez, I. (1992). *Termodinámica básica y aplicada*. Madrid: Dossat SA.

Meléndez Reyes, M. (10 de Junio de 2015). *Punto Flotante S.A*. Obtenido de <http://www.puntoflotante.net/>

Ministerio de Salud. (04 de 11 de 2002). *Reglamento de buenas prácticas para alimentos procesados. Decreto 3253*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Moreno Bungacho, D. P., & Ortega Andrade, J. A. (2012). *Diseño de una máquina para elaborar helados de paila con capacidad de carga de 60l/h para la micro empresa Rikkos helados*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Mexico: Pearson Educación.

Núñez Lopez, F. V., & Proaño Cárdenas, J. C. (2008). *Diseñar y construir un batidor-congelador para la elaboración de helados*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Palmer, C. I., Fletcher, S., Jarvis, J. A., & Mrachek, A. (2003). *Matemáticas Practicas*. Sevilla: Reverté S.A.

Ruiz Torres, M. J. (9 de Septiembre de 2010). *cocinagaditanadeldoce.blogspot.com*.
Obtenido de
<http://cocinagaditanadeldoce.blogspot.com/2010/09/helados-y-sorbetes-durante-el-asedio-1.html>

Santamaría, G., & Castejón, A. (2009). *Electrotecnia*. Madrid: Editex.

Villarreal, J. V. (2015). **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL MOLDEADO DE CARNE MOLIDA PARA LA PREPARACIÓN DE HAMBURGUESAS**. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Yañez, G. (03 de Mayo de 2015). *www.gildardoyanez.com*. Obtenido de
<http://www.gildardoyanez.com/tips/ciclo-de-refrigeracion/>

Biografía del autor

Héctor Hugo Benavides Chapi, Autor



Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte

Nace en Antonio Ante/Atuntaqui perteneciente a Ecuador, el 20 de Julio de 1987.

Realizó sus estudios primarios en la escuela "Modelo". Sus estudios secundarios los curso en la Unidad Educativa Experimental Teodoro Gómez de la Torre en la especialidad de Físico Matemático. Actualmente es egresado de la Universidad Técnica del Norte de Ibarra-Imbabura en la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Área de interés: diseño mecánico, automatización de procesos y control, electrónica, electricidad y mantenimiento industrial.