



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE HELADOS DE PAILA PARA LA HELADERÍA LOS PINOS”

Elaborado por:
Freddy Vladimir Lizano Ortiz
Angelo Damian Carvajal Ibarra
Marzo del 2016



Objetivo General:

- Diseñar e implementar una máquina de helados de paila para reducir el tiempo de producción.

Objetivos Específicos:

- Fundamentar información de procesos para elaborar helados de paila.
- Diseñar el sistema mecánico, térmico y eléctrico para la máquina automática.
- Implementar la máquina automática.



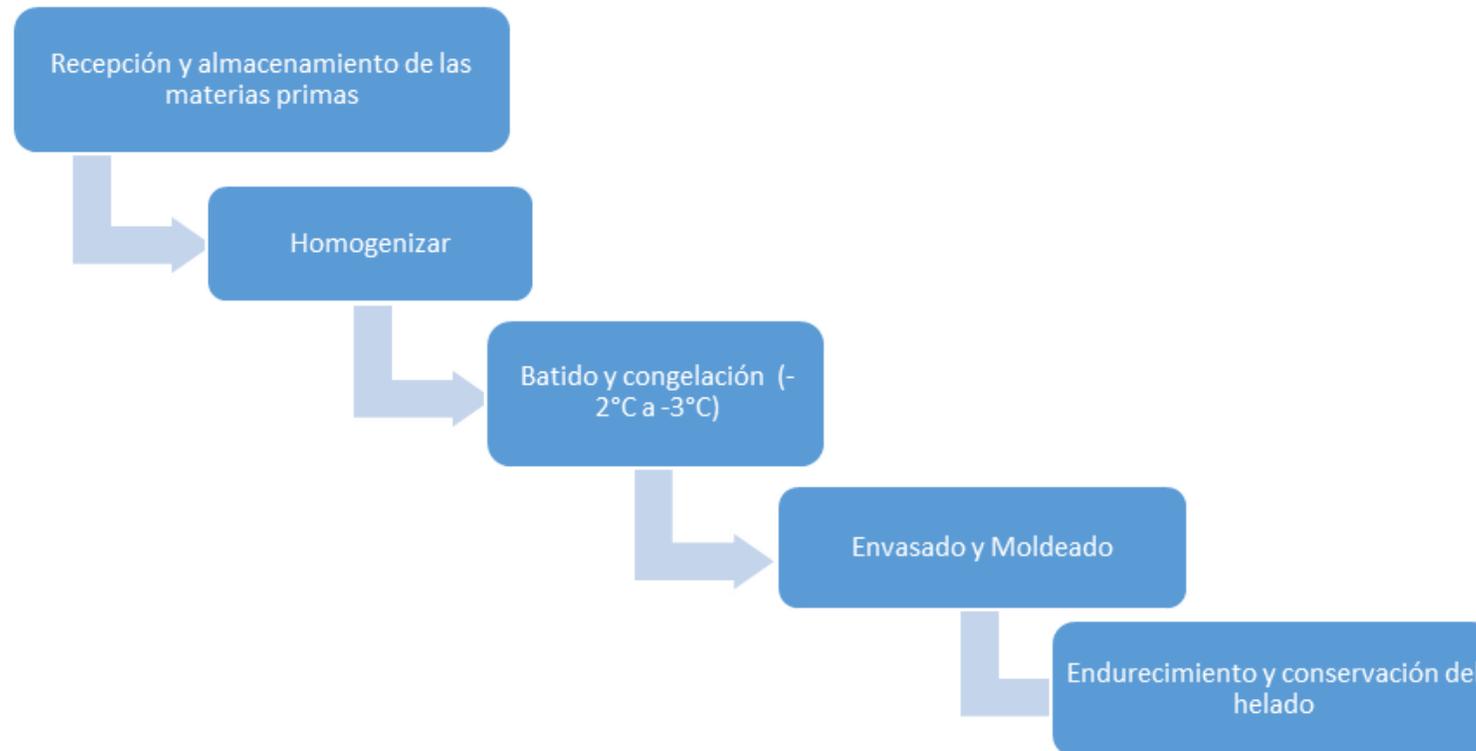
- Disminuir los tiempos de producción de los helados de paila.
- Mejorar la calidad, higiene y evitar el contacto con el producto final.
- Adquirir un sistema automático eficaz, con el cual mejore su producción.
- Presentar y enseñar el funcionamiento de la máquina automática de helados de paila con todos sus planos mecánicos, térmicos y eléctricos, durante el intervalo de tiempo establecido.



Historia de los helados de paila

- Se cree fueron elaborados por la señora Rosalía Suárez, alrededor de 1897 a sus 17 años, el experimento con jugos tropicales y claras de huevos inició esta tradición ibarreña que hoy forma parte de su cultura.

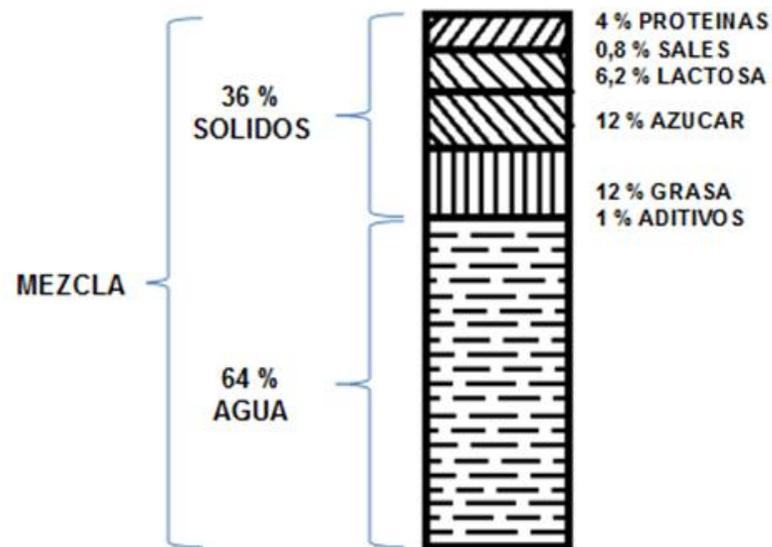
Esquematización de los procesos para la elaboración de helado



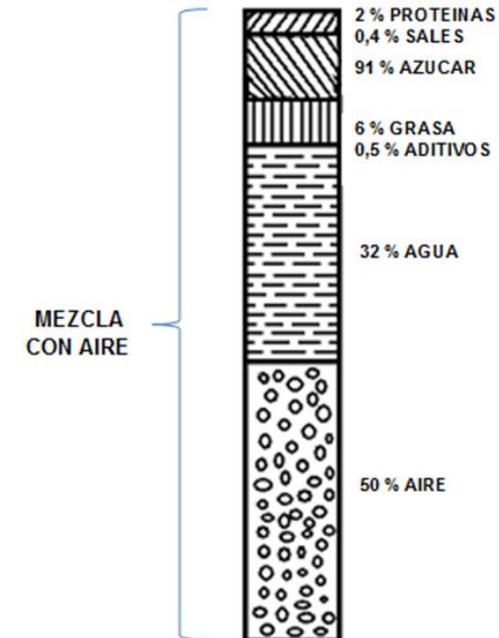
Mezclas bases para helados

- La mezcla para helados es el resultado de la incorporación en agua o leche de las distintas materias primas a las que una vez disueltas y tratadas se les incorpora aire, a través de batido y congelamiento

Composición de una mezcla



Mezcla con incorporación de aire

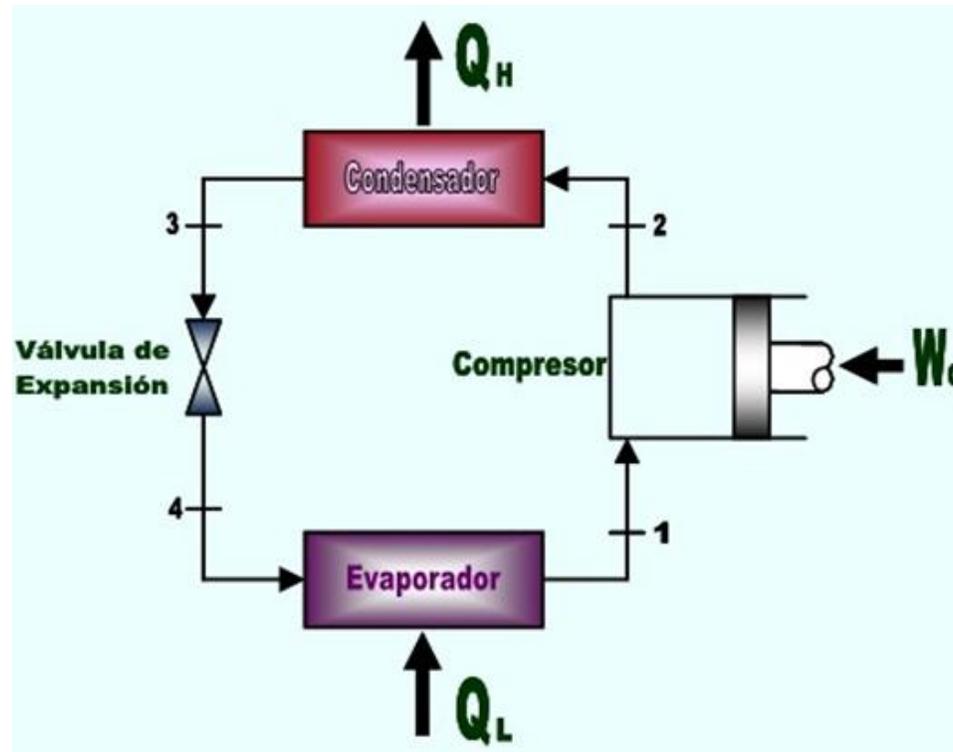


Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

- El ciclo de refrigeración es un ciclo cerrado, en el cual el fluido refrigerante regresa a su estado inicial al final del mismo para su posterior recirculación

Esquematización de los procesos para la elaboración de helado

- Expansión.
- Vaporización.
- Compresión.
- Condensación.

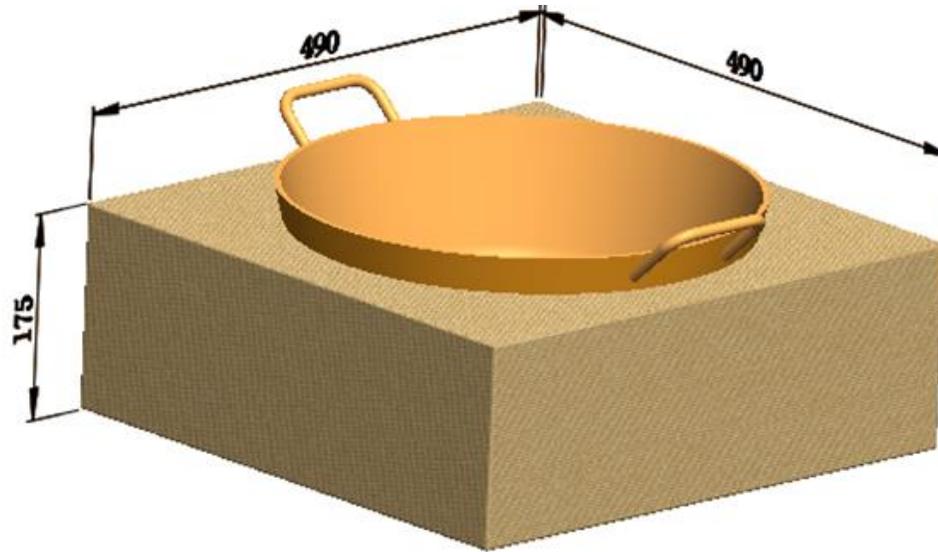


DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

Dimensionamiento de la cámara de enfriamiento

En el interior de la cámara de enfriamiento se produce la suficiente disminución de la temperatura ambiente con el fin del transmitir dicho frío a la paila de bronce y permitir la elaboración de los helados de paila.

- **Material aislante:** Para las paredes de la cámara fría se empleo poliuretano de alta densidad.
- **Revestimiento:** Como material para el recubrimiento se utilizo chapa metálica de acero de 1,0 mm de espesor, con el fin de proteger el material aislante.



DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

Diseño térmico de la máquina

Mediante los resultados obtenidos en el diseño y selección del sistema de refrigeración, se dedujo que la potencia total térmica requerida de la unidad condensadora a utilizar en la máquina es de 0,5 Hp. A continuación tabla de resultados.

POTENCIA NECESARIA PARA ENFRIAR LOS HELADOS	
La densidad del helado a -6,5 °C	$\rho_{hel} = 1085,73 \text{ kg/m}^3$
El calor específico del helado	$c_{p_{hel}} = 2,505 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ K$
El flujo másico de helado a enfriar	$\dot{m}_{hel} = 0,00242 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$
La potencia requerida para enfriar la mezcla de helado	$Q_{enf} = 0,1303 \text{ kW} = 130,3 \text{ W}$
CALCULO DE LA POTENCIA TÉRMICA TOTAL REQUERIDA	
La energía térmica total	$Q_T = 301,05 \text{ W}$
La potencia total requerida en la unidad condensadora	$P_T = 376,1 \text{ W} \rightarrow 0,5 \text{ HP}$

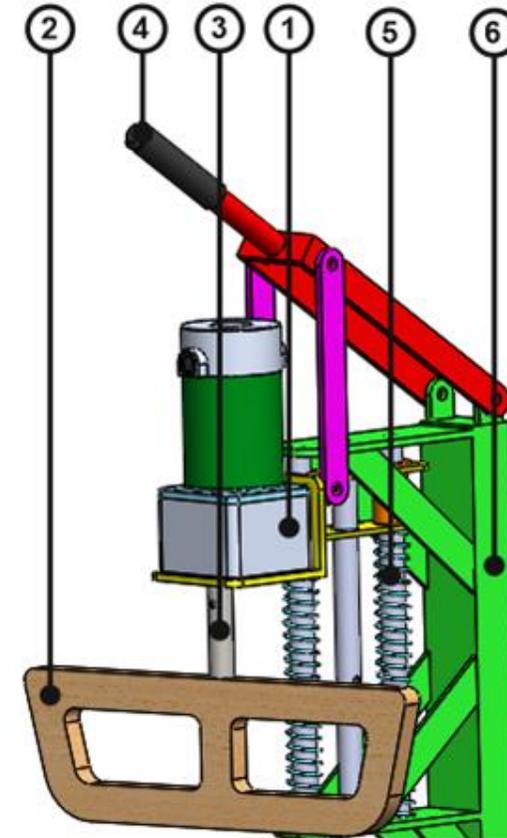


DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

Diseño mecánico de la máquina

Comprende el análisis de los esfuerzos y la selección de los principales componentes del sistema de agitación de la mezcla de helado.

1. Moto-reductor del sistema de agitación de la mezcla
2. Paleta tipo ancla del agitador
3. Eje del sistema de agitación de la mezcla
4. Palanca para elevación y descenso del sistema de agitación
5. Resortes para elevación del sistema de agitación
6. Estructura soporte de la máquina para helados



DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

Mediante los resultados obtenidos en el diseño mecánico de la máquina se obtuvo los siguientes resultados:

SELECCIÓN DEL MOTO-REDUCTOR DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

Número de Reynolds	$N_{Re} = 569,48$
Diámetro medio de la paleta del agitador	$D_a = 0,365 \text{ m}$
La potencia requerida en el agitador	$P_A = 197,82 \text{ W} \approx 200 \text{ W}$

DISEÑO DEL EJE AGITADOR

El momento máximo	$M_A = 9,77 \text{ Nm}$
Diámetro mínimo requerido en el eje del agitador	$\phi_{eje} = 0,0122 \text{ m} = 12,20 \text{ mm}$

SELECCIÓN DEL RESORTE DE ELEVACIÓN

La fuerza que debe ejercer el resorte	$F_R = W_A = 65,6 \text{ N}$
El desplazamiento total del resorte	$\Delta y = 185 \text{ mm} = 0,185 \text{ m}$
Constante (k_R)	$k_R = 354,6 \text{ N/m} \approx 355 \text{ N/m}$

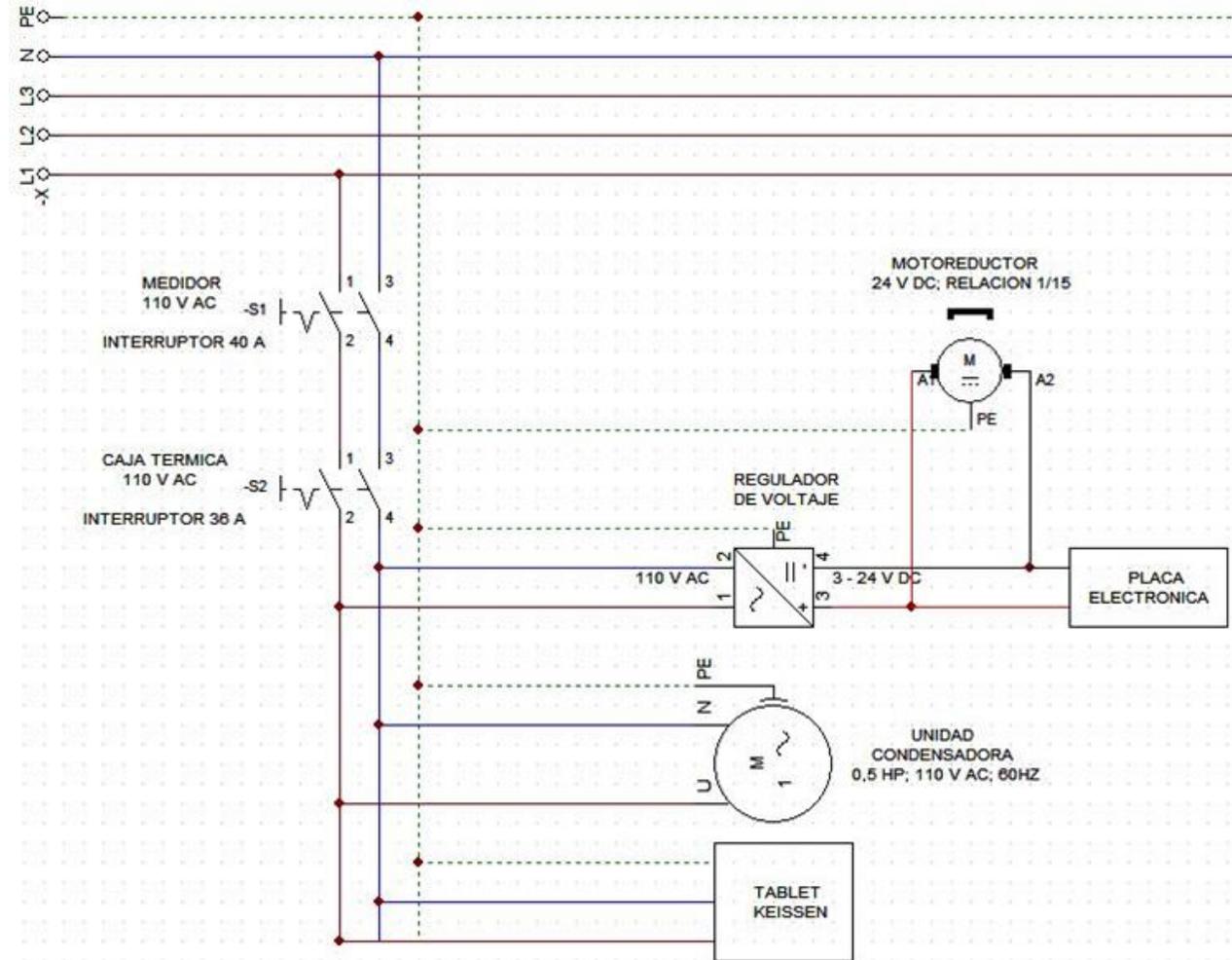
DISEÑO DE LA PALANCA DE ELEVACIÓN Y DESCENSO

La fuerza máxima que se debe aplicar en el extremo de la palanca	$F_D = 47,57 \text{ N}$
--	-------------------------



DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

Diagrama del sistema eléctrico de potencia



DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

Diseño del software

El software se divide en dos partes, la primera es el desarrollo del programa para el microcontrolador ATMEGA 328P, que se realizó en el IDE ARDUINO y el siguiente es el diseño del HMI que se realizó en el IDE ANDROID STUDIO y se ejecuta sobre una Tablet KAISSEN.

Variables que envía el microcontrolador a la Tablet

MICROCONTROLADOR	Descripción
T	Es el tiempo que se despliega en el HMI
C	Indica que el sistema de enfriamiento está prendido (verde)
c	Indica que el sistema de enfriamiento está apagado (rojo)
M	Indica que el motor está prendido (verde)
A	Indica que el motor está parado (amarillo)
m	Indica que el motor está apagado (rojo)



DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

Variables que envía la Tablet al microcontrolador

TABLET	Descripción
T	Coloca el tiempo de funcionamiento del sistema
C	Enciende el sistema de refrigeración
c	Apaga el sistema de refrigeración
S	Apaga la alarma de fin de proceso
v	Coloca en velocidad baja el motor
V	Coloca en velocidad media el motor
W	Coloca en velocidad alta el motor
M	Enciende el motor
A	Para el motor
m	Apaga el motor
I	Solicita el estado del sistema de refrigeración y el motor



DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

El HMI consta de 9 controles y 3 indicadores, que se describen a continuación:

Control	Descripción
INICIAR	Envía la orden para que inicie el proceso
BAJA	Coloca al motor en velocidad baja
MEDIA	Coloca al motor en velocidad media
ALTA	Coloca al motor en velocidad alta
PRENDER MOTOR	Enciende el motor
PARAR MOTOR	Para el motor
PRENDER BOMBA	Prepara el sistema de refrigeración
PARAR BOMBA	Para el sistema de refrigeración
PARA ALARMA	Para la alarma de fin de proceso

Indicador	Descripción
MOTOR	Indica el estado del motor: rojo - apagado, amarillo – parado y verde - encendido
BOMBA	Indica el estado del sistema de refrigeración: rojo – apagado, verde - encendido
Tiempo	Indica el tiempo restante en minutos y segundos



CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Montaje de la estructura metálica soporte



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Montaje del sistema de refrigeración.



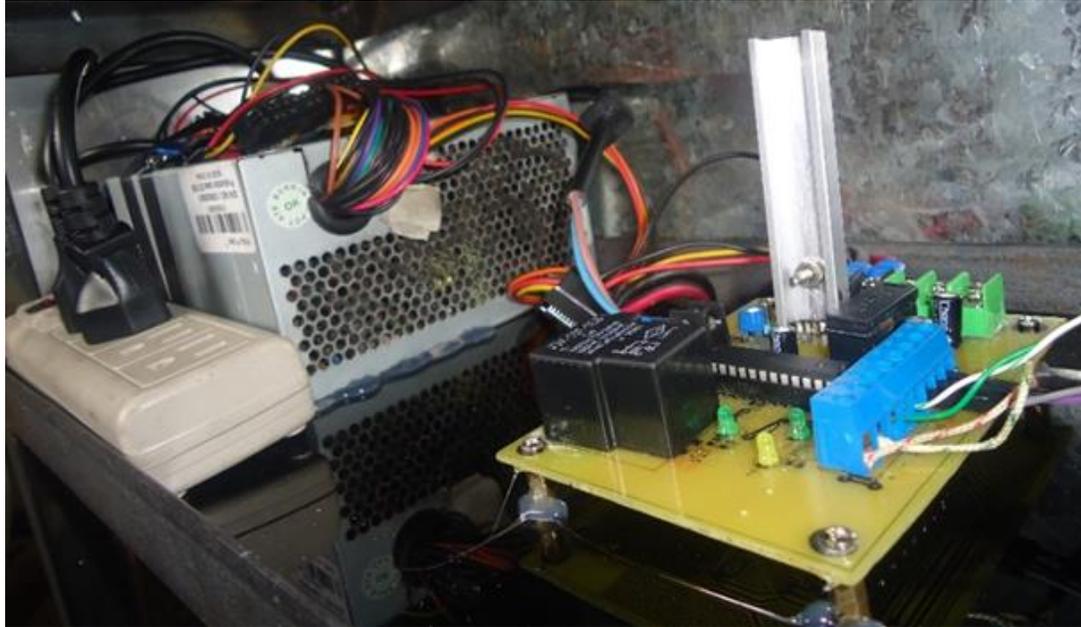
CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Montaje del sistema de transmisión de movimiento



CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Montaje del sistema eléctrico y electrónico



CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Montaje de la carcasa de la máquina



PRUEBAS Y RESULTADOS

Análisis de resultados de las encuestas realizadas a los clientes más frecuentes de la Heladería Los Pinos

Clientes o Población → N = 70 personas.

Nivel de confianza → 95% ; z = 1,96; p = 0,5; q = 0,5

Error del 5% → e = 0,05

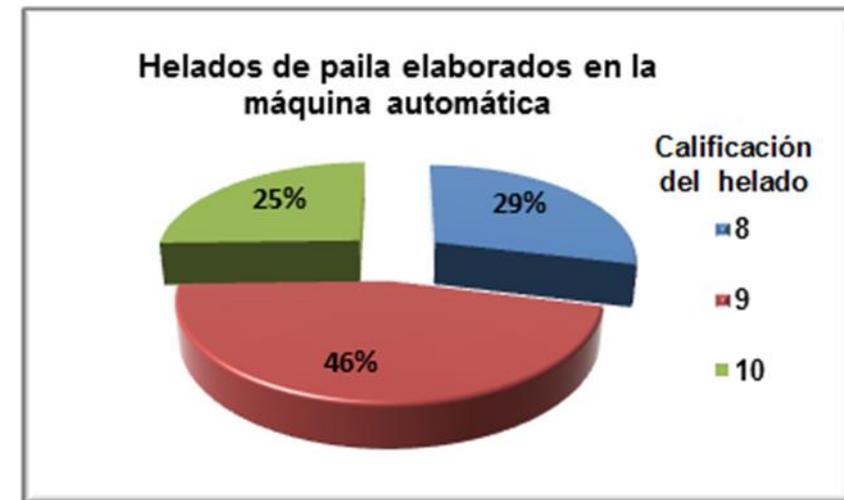
Calcular la muestra:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * N + z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 70}{0,05^2 * 70 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

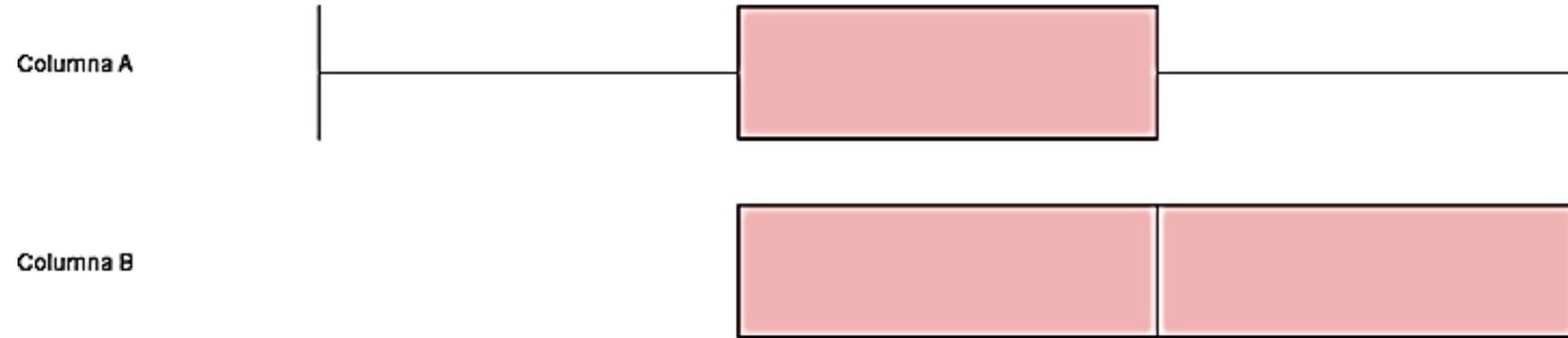
$$n = \frac{67,23}{1,13}$$

n = 59 → (personas encuestadas)



PRUEBAS Y RESULTADOS

Resultados obtenidos mediante el programa Geogebra



Estadísticas										
	n	Media	σ	s	Mín	Q1	Mediana	Q3	Máx	
Columna A	59	8.4407	0.787	0.7938	7	8	8	9	10	
Columna B	59	8.9661	0.7357	0.742	8	8	9	10	10	



PRUEBAS Y RESULTADOS

Prueba de hipótesis obtenida mediante el programa PSPP



NORMALIDAD Encuestas

P-Valor (Tipo A)= 0.7938 > $\alpha= 0.05$

P-Valor (Tipo B)= 0.742 > $\alpha= 0.05$

Conclusión: La variable "Puntuación" en ambos grupos se comporta normalmente.

IGUALDAD DE VARIANZA

P-valor = 0.145 > $\alpha=0.05$

Conclusión: Las varianzas son iguales.

PRUEBA T DE STUDENT

P-valor = 0.79 > $\alpha= 0.05$

Conclusión: NO EXISTE una diferencia significativa entre la calidad de los helados elaborados manualmente y elaborados a máquina.



PRUEBAS Y RESULTADOS

Análisis financiero

El análisis financiero es de mucha importancia para el desarrollo del proyecto, ya que la mayor parte de la inversión realizada debe ser totalmente recuperable a plazos fijados, o de ser el caso en el menor tiempo posible.

Inversión total

Detalle de costo	Detalle de producto	Costo en [USD]
Costos directos	Elementos mecánicos	262,40
	Materiales eléctricos y electrónicos	615,00
	Elementos de refrigeración	870,00
	Alquiler de herramientas	475,00
Costos indirectos	Materiales adicionales	82,50
Total		2304,90



PRUEBAS Y RESULTADOS

Calculo del VAN y el TIR

Se utiliza estos índices financieros para poder determinar la rentabilidad del proyecto de inversión.

- En relación a los cálculos, el resultado del VAN es mayor a cero, de acuerdo a este valor se verifica la recuperación la inversión inicial, quedando para la empresa una utilidad de \$683,24.
- De la misma manera se estima que la TIR es mayor al TREMA de acuerdo a esto se muestra que el proyecto es viable, es decir que la empresa recibiría una rentabilidad del 13% utilizando una inversión de \$2304,90.

Resultados de los indicadores financieros

INDICADOR	RESULTADO	OBSERVACIÓN
VAN[USD]	1580,57	Aceptable
TIR > TREMA [%]	22 > 10	Aceptable



PRUEBAS Y RESULTADOS

Calculo del VAN y el TIR en Excel

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
Helados elaborados manualmente			Flujo de helados elaborados manualmente			Flujo de helados elaborados en máquina			Flujo de efectivo neto			Formulación de datos			
Egresos (mensuales)			Meses	B		Meses	A		Meses	A-B					
Frutas	\$ 1.100	Enero	\$ 700	Enero	\$ 938	Enero	\$ 238	f1=	\$ 238						
Arriendo		Febrero	\$ 700	Febrero	\$ 938	Febrero	\$ 238	f2=	\$ 238						
Ayudantes		Marzo	\$ 700	Marzo	\$ 938	Marzo	\$ 238	f3=	\$ 238						
Hielo		Abril	\$ 700	Abril	\$ 938	Abril	\$ 238	f4=	\$ 238						
Sal		Mayo	\$ 700	Mayo	\$ 938	Mayo	\$ 238	f5=	\$ 238						
Paja		Junio	\$ 700	Junio	\$ 938	Junio	\$ 238	f6=	\$ 238						
Ingredientes (Leche, azu		Julio	\$ 700	Julio	\$ 938	Julio	\$ 238	f7=	\$ 238						
Ingresos (mensuales)		Agosto	\$ 700	Agosto	\$ 938	Agosto	\$ 238	f8=	\$ 238						
Ventas		\$ 1.800	Septiembre	\$ 700	Septiembre	\$ 938	Septiembre	\$ 238	f9=	\$ 238					
			Octubre	\$ 700	Octubre	\$ 938	Octubre	\$ 238	f10=	\$ 238					
			Noviembre	\$ 700	Noviembre	\$ 938	Noviembre	\$ 238	f11=	\$ 238					
Helados elaborados en máquina			Diciembre	\$ 700	Diciembre	\$ 938	Diciembre	\$ 238	f12=	\$ 238					
Egresos (mensuales)		TOTAL	8400	TOTAL	11256	TOTAL	2856	n=	12						
Frutas	\$ 863							i=	10% de la tasa de interés (0,10)						
Arriendo								i0=	2304,9						
Ayudantes								VAN=	(\$ 683,24)						
Ingredientes (Leche, azu								TIR=	13%						
Electricidad (25 KWH)															
Ingresos (mensuales)															
Ventas	\$ 1.800														



CONCLUSIONES

- Mediante los resultados satisfactorios obtenidos del diseño de la máquina para hacer helados de paila se logró disminuir el tiempo de producción.
- Al reducir los costos de mano de obra por medio de la implementación de la máquina para la heladería los Pinos, resulto ser de gran ayuda para las personas de la tercera edad.
- Al utilizar el serpentín helicoidal en el interior de la paila de bronce, se incrementa la eficiencia de la máquina, ya que aumenta el intercambio de calor entre la superficie del serpentín y la mezcla del helado en estado líquido.
- Al eliminar la manipulación directa del producto, permite mantener las condiciones sanitarias y apropiadas durante todo el proceso de batido del helado.



CONCLUSIONES

- Las pérdidas de calor a través de las paredes son menores a un 5% del total requerido por todos los componentes de la máquina. Por lo que se concluye que el espesor de aislamiento de poliuretano utilizado resultó ser el apropiado.
- Luego de haber realizado un correcto análisis de esfuerzos de la estructura soporte se concluye que los perfiles seleccionados son aceptables, ya que los resultados de la simulación, en el software SOLIDWORKS 2016, muestra que el esfuerzo máximo producido es inferior al límite de tolerancia.
- Para diseñar el batidor se encontraron parámetros como la velocidad que es un factor determinante en el crecimiento de los cristales del helado, para obtener una mejor consistencia.
- En el diseño de control se eligió trabajar con un micro controlador programado en arduino ya que este resulta sencillo y económico en comparación a un PLC.



RECOMENDACIONES

- Se debe tener cuidado en la alineación del eje y la paleta del batidor dentro de la paila de bronce para que no exista fricción.
- Todas las superficies que estén en contacto directo con el helado deberán ser hechas de material apropiado, resistente a la corrosión y de fácil limpieza.
- Se debe utilizar materiales con propiedades resistentes a la corrosión, para evitar la contaminación del producto final.



RECOMENDACIONES

- El avance de la tecnología nos a brindado mayores oportunidades de crecimiento, en la automatización de los procesos y a la vez logra reducir los tiempos y los costos de producción, por lo que es importante estar a la vanguardia de los cambios tecnológicos pero siempre tratando de mantener la forma tradicional para nuestras futuras generaciones.
- Es recomendable que la temperatura de congelación del helado se mantenga constante, con el fin de mantener las propiedades y calidad del helado.
- Una vez terminado el proceso es recomendable mantenerlo en las cámaras de refrigeración hasta el momento de su comercialización.



GRACIAS



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA