

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

**"Diseño técnico de un cocinador continuo para una
línea de sardinas en conserva enlatada"**

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentado por:

CESAR ALBERTO RODRIGUEZ CEVALLOS

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

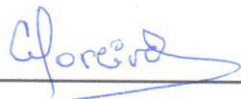
AGRADECIMIENTO

A DIOS.

DEDICATORIA

A MI MADRE.

TRIBUNAL EVALUADOR



PhD. César Moreira V.

Tribunal Evaluador



PhD. Fabiola Cornejo

Tribunal Evaluador

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”
(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

César Rodríguez Cevallos

RESUMEN

Este proyecto de diseño técnico se enfocó en la necesidad de una empresa productora de conservas de sardinas para aprovechar al 100% su capacidad de producción y disponibilidad de espacio con un nuevo cocinador de sardinas. El proceso debía ser continuo, cambiando el proceso anterior que era por paradas.

Este cambio en el proceso, significó la optimización en sus procesos para la empresa, y de esta manera se contribuyó a mejorar los costos de producción en mano de obra, costos variables, costos fijos y eficiencia energética. Permitted también estandarizar la calidad del producto final en todos sus aspectos reológicos y la eficiencia en espacio disponible.

El cambio, en el proceso no significó problemas en adaptación de los operarios ni cambios mayores en los parámetros de producción del producto.

La empresa se ha visto beneficiada con el mejoramiento en su competitividad y ventas. Sus clientes actualmente están altamente satisfechos con el producto distribuido a los diferentes destinos. Actualmente, se vende el 100% de la producción.

INDICE GENERAL

RESUMEN	ii
INDICE GENERAL	iii
ABREVIATURAS	v
SIMBOLOGÍA	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Planteamiento del Problema y Justificación	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Marco teórico	4
1.3.1. Introducción al Proceso	4
CAPÍTULO 2	12
2.1. Caracterización de la metodología	12
2.2. Resolución de problemas	13
2.2.1. Cálculo de la capacidad del cocinador	13
2.2.2. Área ocupada por el cocinador	13

2.2.3. Velocidad del cocinador para lograr tiempos de cocción adecuados	17
2.2.4. Demanda de vapor	19
CAPÍTULO 3.....	26
3. CONCLUSIONES	26
3.1. Conclusiones.....	26
3.2. Recomendaciones	27
BIBLIOGRAFÍA.....	29
APÉNDICE.....	30

ABREVIATURAS

Cp	Calor específico
ENLIT S.A.	Envases del Litoral Sociedad Anónima
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
Fo	Letalidad total
m	Masa
Q	Calor
T	Temperatura.
ΔT	Gradiente de temperatura
λ	Calor Latente (Lambda)

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Centígrados
Kg	Kilogramo
Lb	Libra
G	Gramos
M	Metro
cm	Centímetro
PSI	Pound Square Inch (Libras por pulgada cuadrada)
h	Hora
min	Minuto
s	Segundo
kcal	Kilocaloría
BTU	British Thermal Unit

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Proceso para la elaboración de sardina en conservas	6
Figura 2: Operación de rolado de ganchos.....	9
Figura 3: Planchada de ganchos.....	10
Figura 4: Zonas en cocinador continuo	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de calor sensible de metales	30
Tabla 2: Tabla de vapor saturado.....	32

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

La empresa de conservas enlatadas es una fábrica procesadora de alimentos que existe desde el año 1998 en el kilómetro 4,5 de la vía Manta - Rocafuerte, inicialmente dedicada a la elaboración de conservas de atún y carne de cangrejo (pionera en el Ecuador con este producto). El 100% de la producción de atún era exportada a mercados como Colombia, México, Panamá, Perú y Chile y el 100% de la producción de carne de cangrejo enlatada era comercializada localmente. Sin embargo en el año 2006 se vio en la necesidad de implementar una planta de sardinas en conservas puesto que se avizoró la oportunidad de negocio en esta área. Los mismos clientes que compraban atún demandaban sardinas como línea adjunta a su carpeta de productos.

La línea de sardinas empezó como una pequeña operación manejada con una maquina cerradora con capacidad de operación para 45 cajas de 48 unidades de formato oval de 425 gramos por hora, generando una producción diaria de 360 cajas de sardinas del formato mencionado en un turno de 8 horas, y muchas veces generando costos de sobre tiempos de mano de

obra por los requerimientos del producto necesario para cubrir pendientes; la línea de dosificado tenía 2,5 m de longitud y el cocinado se lo hacía en un cocinador por paradas en la línea de atún. Para cubrir la creciente demanda insatisfecha se adquirió una nueva máquina cerradora de latas con mayor capacidad en el mismo formato oval de 425 gramos. Este cambio significó elevar la producción diaria a 510 cajas de 48 unidades en un turno de 8 horas, eliminando los sobretiempos. Para el año 2009 se adquirió una segunda máquina cerradora de latas de las mismas características, aumentando la capacidad de producción a alrededor de 1020 cajas de 48 unidades por turno de 8 horas, duplicando de esta manera la capacidad de producción de la línea de sardinas. Para cubrir el incremento de la producción se incorporó a la línea otro dosificador, más autoclaves y más cocinadores por paradas. Las restricciones de espacio físico resultaron en la imposibilidad de incrementar más cocinadores. Esta restricción impedirá que la línea de producción opere a más del 80% de su capacidad máxima, es decir 820 cajas.

En el año 2013, empresa de conservas enlatadas adquiere un cocinador continuo para mejorar su volumen de producción, costos y calidad. Y así ser más competitivos en los mercados a los que exporta estas conservas, que son Colombia, México, República Dominicana, Chile, Honduras, Panamá, Uruguay y Costa Rica.

Se determinó que la capacidad del cocinador continuo depende de la velocidad de las máquinas cerradoras de latas.

1.1. Planteamiento del Problema y Justificación

La implementación del cocinador continuo era indispensable para aprovechar al 100% la capacidad de producción y mejorar el diseño de la línea de sardinas. Así mismo, este cambio iba a generar disponibilidad de más espacio para tránsito interno del personal, producto y seguridad ocupacional ya que ocuparía menos espacio del actual de una manera lineal y ordenada.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar técnicamente un cocinador continuo para sardinas en conservas, aprovechando eficientemente los recursos disponibles de espacio físico, capacidad instalada de producción y eficiencia energética, manteniendo la calidad del producto para satisfacción de los clientes.

1.2.2. Objetivos específicos

- a. Alcanzar el 100% de la capacidad de producción instalada por las máquinas cerradoras de latas.
- b. Cumplir la función de cocción tal como los cocinadores por paradas sin afectar la calidad del producto terminado.
- c. Optimizar espacio disponible.
- d. Lograr eficiencia energética del vapor para generar ahorro en combustible.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Introducción al Proceso

El proceso de conservas de sardinas es un proceso sencillo y estandarizado. El proceso se basa en contener los alimentos en envases metálicos sanitarios con cierre hermético de su tapa o boca y en condiciones de vacío para luego ser esterilizados comercialmente de manera que el alimento esté libre de carga microbiana que pueda poner en riesgo la vida útil del producto durante la distribución y exhibición en estanterías y sobre todo preservar la salud del consumidor final. (R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008)

El proceso de doble cierre de los envases metálicos es un punto crítico de control de permanente para el su correcto funcionamiento. Técnicamente el envase debe estar cerrado herméticamente. La importancia del esterilizado es pertinente para dar un buen cierre hermético al envase permitiendo conservar la vida útil en la estantería. Este proceso varía de acuerdo al tipo de alimento y al tamaño del envase a usarse. Entonces, para determinar los procesos de esterilización debe considerarse la correcta penetración de calor. Los resultados de estos estudios están en función del tiempo y temperatura para reducir la carga microbiana y de esta manera garantizar la inocuidad del producto. (R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008)

1.3.2. Proceso de elaboración de sardinas en conservas

El proceso para la elaboración de sardinas en conservas en envases metálicos es representa en la figura 1, a continuación su descripción:

Figura 1: Diagrama de Proceso para la elaboración de sardina en conservas



Fuente: Autor

1. Recepción: Es la primera etapa del proceso, se recibe el pescado fresco, este se encuentra con hielo y sal gruesa a una temperatura máxima de 4 °C, sin cabeza, ni cola y con la menor cantidad de vísceras y escamas. Se evalúa organolépticamente y bromatológicamente

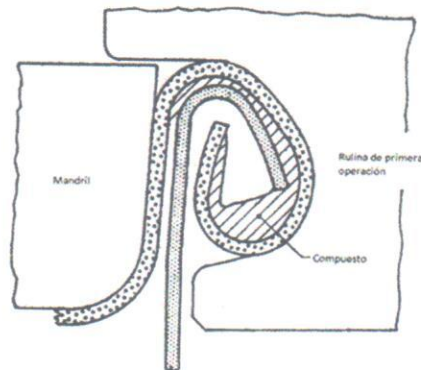
para autorizar su recepción por el departamento de control calidad y posteriormente se procede a su descarga.

2. Lavado: En esta etapa, el pescado se lava para remover restos de vísceras y escamas. Se separa el hielo y la sal gruesa sanguinolenta.
3. Escurrido y pesado: Se transporta el pescado usando una banda zaranda plástica, en esta etapa se remueven el agua superficial adherida y pasa a ser pesado, esta etapa es importante para mantener el control de los rendimientos.
4. Enhielado: El pescado es colocado en cubas de almacenamiento plásticas con hielo limpio de grado alimenticio y sal gruesa.
5. Almacenamiento en frío: Se conserva el pescado en cámaras de frío a temperatura de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su mantenimiento en condiciones adecuadas para su posterior proceso, se usa un sistema de almacenamiento FIFO (Fast In, First Out) para mantener rotación correcta de la pesca en términos de frescura y calidad.

6. Empacado: En la línea de empackado las unidades de pescados son colocados dentro de las latas de manera que se cumpla con el peso estándar requerido por la ficha técnica del producto.
7. Cocinado: Los envases llenos con pescados pasan al cocinador para su cocción, deben alcanzar una temperatura final de 95°C en el cocinador, el agua que libera el pescado al momento de su cocción la protege de ser quemado y de ser deshidratado por el contacto directo con el vapor saturado.
8. Escurrido: Los envases con pescado cocido que salen del cocinador pasan por el escurridor automático de latas de doble giro, allí son volteados para sacudir el líquido que es recolectado en un tanque de aguas caliente, y permanece aquí hasta pasar a la siguiente etapa, se conserva de manera segura, sin partirse o tener mala presentación.
9. Dosificado: Los envases con pescado escurrido pasan por la línea de dosificado, el dosificado se lo realiza a 80 °C, este puede ser: salsa de tomate, aceite vegetal o alguna salmuera o escabeche. Debido a alta temperatura a la que se realiza el dosificado se produce un vacío que ayudará en la conservación del producto.

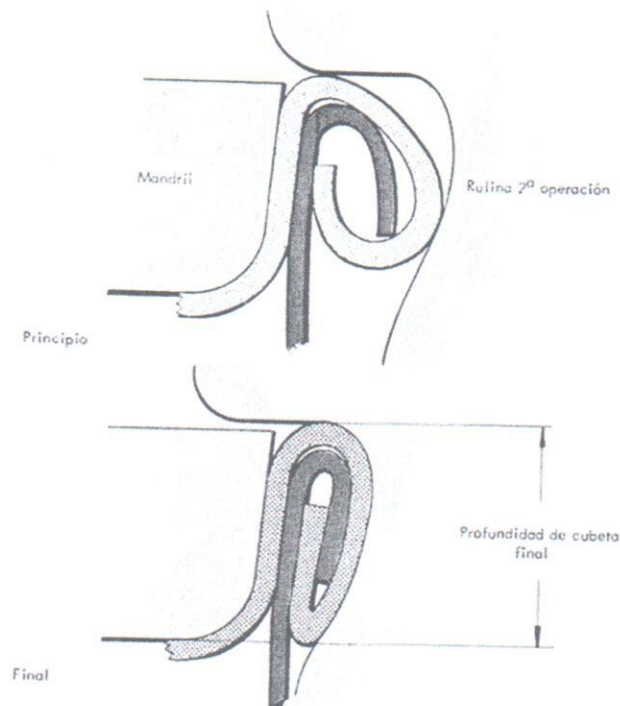
10. Cerrado: Se realiza el doble cierre hermético de los envases metálicos en las maquinas cerradoras, esta operación es rápida, imperceptible al ojo humano pero de alta precisión. Está compuesta de 2 operaciones complejas: la primera (Figura 2), se realiza el rolado de los ganchos de cuerpo y tapa, y la segunda (Figura 3), al quedar correctamente rolados se procede al “planchado” de los ganchos para completar el cierre hermético de los envases metálicos.

Figura 2: Operación de rolado de ganchos



Fuente: (R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008)

Figura 3: Planchada de ganchos



Fuente: (R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008)

11. Esterilizado: Los envases ya cerrados son esterilizados por 90 minutos a 116 °C a una presión de 12 PSI, estas condiciones establecidas por el estudio de penetración de calor acorde al formato del envase. El microorganismo de control es el *Clostridium Botulinum*, la esterilización debe ser efectivo para alcanzar la letalidad microbiana requerida, caso contrario el lote esterilizado se echará a perder.
12. Codificado: Todos los envases son codificados con tinta indeleble con los datos requeridos para su identificación y trazabilidad. Esta

información es completa, aunque parcialmente incomprensible para el consumidor, sin embargo la fecha de elaboración y vencimiento es muy importante en la industria alimentaria.

13. Paletizado: Los envases listos para su identificación con colocados en pallet para su manejo en volumen y almacenamiento.
14. Cuarentena: Los pallet con el producto son reservados en bodega por 15 días para su posterior liberación, cumpliendo con todos los requerimientos de calidad.
15. Etiquetado: El producto liberado es etiquetado y encartonado de acuerdo a los requerimientos del cliente, país de destino y certificados requeridos.
16. Despacho: Finalmente, el producto de acuerdo a las frecuencias disponibles se despacha a los respectivos clientes.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Caracterización de la metodología

El método aplicado para determinar los parámetros del diseño técnico de un cocinador continuo de sardinas enlatadas fueron:

- Determinar qué capacidad en unidades debería cocinar el equipo para atender la demanda continua de las maquinas cerradoras de latas al 100%.
- Determinar el área a ocupar el cocinador, optimizar espacio.
- Determinar la velocidad de la máquina para lograr el tiempo de cocción adecuado para las sardinas en conserva.
- Determinar la demanda energética a requerir, es decir la demanda de vapor. De manera que el calor latente del vapor cocine las sardinas

transfiriendo su calor (Q de vapor) al pescado crudo. La demanda dependerá de la masa de pesca que iba a mantener el cocinador continuo.

Todos estos cálculos son vitales para determinar el diseño final del cocinador continuo de sardinas.

2.2. Resolución de problemas

2.2.1. Cálculo de la capacidad del cocinador

Las máquinas cerradoras de latas, tienen una velocidad de cierre de 65 cajas x 48 unidades de envase oval de 425 gr/hora, es decir, la capacidad instalada es de 130 cajas x 48 unidades del formato mencionado por hora. Por tanto, el cocinador continuo debe de procesar 6240 latas llenas de sardinas cocinadas. De esta manera las 2 máquinas cerradoras de la línea trabajarán al 100% de su capacidad por hora.

2.2.2. Área ocupada por el cocinador

Una vez calculada la cantidad de latas a cocinar por hora, entonces se procede a resolver el segundo problema, para ello es necesario el plano

mecánico del envase a utilizar, este envase es entregado por la planta de ENLIT S.A. empresa proveedora de la empresa de conservas enlatadas.

De acuerdo al plano mecánico, las medidas del envase oval son:

$$\text{Altura} : 3,54 \text{ cm} = 0,0354 \text{ m}$$

$$\text{Largo} : 16 \text{ cm} = 0,16 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} : 10,5 \text{ cm} = 0,105 \text{ m}$$

Con las medidas del largo y ancho, se calcula el área necesaria para cocinar el producto requerido por las maquinas cerradoras, se estima cocinar 6240 latas/h, sin embargo el tiempo de cocción de las sardinas es de 30 minutos, por lo tanto:

$$\text{Capacidad del cocinador} = 6240/2 = 3120 \text{ latas.}$$

El resultado obtenido permite determinar la cantidad de latas para llenar el cocinado continuo, el tránsito de las latas es de 30 minutos, por lo tanto cada hora se completa las 6240 latas requeridas para las maquinas cerradoras.

Donde,

Arreglo rectangular de las latas = 30 unidades x 104 unidades = 3120 unidades (latas).

Con el cálculo de las 3120 latas, se completa un arreglo en forma de rectángulo alargado, permitiendo ganar el tiempo necesario para la cocción del pescado. Dicho arreglo de las latas con las medidas correspondientes permitirán determinar el área necesaria para que estos envases entren en el cocinador.

Además se calcula el ancho de la banda transportadora, donde:

Ancho de la banda transportadora justo = 30 unidades x 0,105 m = 3,15 m

El ancho de la banda transportadora calculada, no debe ser ajustado ya que se pueden producir estancamientos por roce con las paredes laterales del cocinador continuo, por lo tanto se determina una holgura para que las latas se muevan en un solo grupo sobre la banda, así:

Ancho de la banda transportadora holgado = 3,15 m + 10% = 3,47 m

Esta nueva medida del ancho de la banda transportadora holgado es 32 cm más grande que la anterior medida, la proporción del 10% extra se estimó

empíricamente para que la banda no se sature, y poder mantener el arreglo de 30 latas en la primera fila para evitar los roces.

Para el cálculo del largo de la banda transportadora para 104 unidades, se procede a realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Largo de la banda transportadora justo} = 104 \text{ unidades} \times 0,16 \text{ m} = 16,64 \text{ m}$$

Este cálculo es para colocar las latas justo al filo de la banda, y también se requiere una holgura para el largo de la misma:

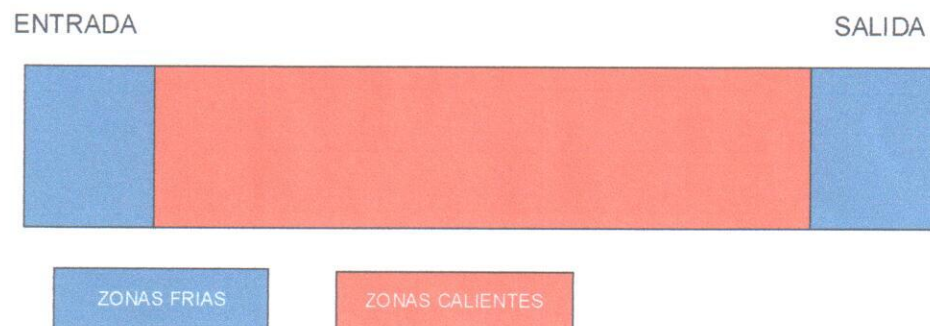
$$\text{Largo de la banda transportadora holgado} = 16,64 \text{ m} + 10\% = 18,30 \text{ m}$$

Resultando un largo de la banda transportadora holgado de 1,66 m mayor, esta holgura se divide en 2 partes, una de entrada y otra de salida, es decir:

$$\text{Zonas de entrada y de salida de los envases} = 1,66 \text{ m} / 2 = 0,83 \text{ m}$$

Las zonas de entrada y de salida, no influirán en el escape de vapor, son zonas frías, que permiten el acomodamiento de las latas antes de la entrada a la zona caliente y a la salida de la zona caliente hacia la siguiente etapa. (Figura 4).

Figura 4: Zonas en cocinador continuo



Fuente: Autor

Por lo tanto, el largo de la banda transportadora holgado es de 18,30 metros, y dentro de esa distancia tendremos 3 zonas definidas de la siguiente manera:

Zona de entrada = 0,83 m

Zona caliente = 16,64 m

Zona de salida = 0,83 m

2.2.3. Velocidad del cocinador para lograr tiempos de cocción adecuados

Para resolver el tercer problema, se usa solo la zona caliente de la banda que es la que va a exponer al pescado al vapor saturado, es decir el pescado tiene que recorrer 16,64 metros en 30 minutos, por lo tanto:

$$\text{Velocidad de la banda} = 16,64 \text{ m} / 30 \text{ min} = 0,554 \text{ m/min}$$

Sin embargo, la velocidad obtenida será constante a lo largo del recorrido de la banda, entonces:

$$\text{Tiempo total de recorrido de la banda} = 18,30 \text{ m} / 0,554 \text{ (m/min)} = 33,03 \text{ min}$$

Por lo tanto el producto recorre los 18,30 m en 33,03 minutos, sin embargo al ser este un proceso continuo y con la banda permanentemente saturada de producto con el arreglo dispuesto a la velocidad de 0,554 m/minuto cada 30 minutos, se tendría 3120 latas de pescado cocido en la presentación mencionada requerida para la línea.

En la práctica, los tiempos de cocción varían por el tamaño variable de los peces, normalmente los lotes de pescado recibidos son homogéneos en tamaño, entonces la producción se puede estandarizar con un tiempo de cocción para esos lotes; los tiempos reales van de 25 a 35 minutos, con un promedio de 30 minutos para el proceso, la misma se soluciona con un

variador electrónico de velocidad para solventar el inconveniente, de esta manera el arreglo de la producción pasa por lotes de tamaño para ajustar los tiempos y no saturar la línea en caso de un menor tiempo de cocción o por falta de producto con un mayor tiempo de cocción.

2.2.4. Demanda de vapor

Para el efecto debe entenderse los conceptos calor latente y calor sensible. El calor latente es el calor que el vapor saturado en su estado gaseoso va a transmitir al pescado, envases y al ambiente, este calor lo transmite con un cambio de estado, producto del cual tenemos la condensación del vapor. (Yunus A. Cengel, 2007). Inicialmente se calienta todo el sistema, de manera que el cocinador debe arrancar antes de iniciar los procesos de cocción, sin embargo cuando este sistema llegue a su estado estacionario, se cuenta solamente con energía de las pérdidas de calor al ambiente. El orden de cálculo de estos factores es el siguiente:

1. Demanda de calor del pescado.
2. Demanda de calor del envase.
3. Pérdidas de calor del sistema al ambiente.

4. Sumatoria de los calores calculados que van a dar la demanda de calor de vapor saturado del sistema.
5. Cálculo de la demanda de vapor del sistema por igualación de calores.

Se procede entonces con el primer cálculo, la demanda de calor del pescado. El pescado como tal no cambia de estado, ni el agua dentro del mismo, por lo tanto este es un calor sensible, y se aplica la siguiente formula:

$$Q = m \times Cp \times (\Delta T)$$

Donde:

Q = Calor

m = Masa del producto.

Cp = Calor especifico.

ΔT = temperatura inicial menos temperatura final.

El cálculo de la mp (p por pescado), masa de pescado a tener dentro del cocinador:

mp = número de latas x peso en cada lata

mp = 3120 latas x 340 g/lata = 1060800 g = 1060,8 kg

El Cp, calor específico del pescado es constante:

$C_{pp} = 0,719 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ (R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008, p. 777)

Y el gradiente de temperatura será:

$$\Delta T_p = \text{Temp final} - \text{Temp inicial} = 95^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 85^{\circ}\text{C}$$

Entonces:

$$Q_p = m_p \times C_{pp} \times \Delta T_p$$

$$Q_p = 1060,80 \text{ kg} \times 0,719 \text{ kcal}/(\text{kg}^{\circ}\text{C}) \times 85^{\circ}\text{C}$$

$$Q_p = 64830,8 \text{ kcal}$$

Ese valor de Q_p (calor de pescado) es para un tiempo de 30 minutos, por lo tanto:

$$Q_p = 64830,8 \text{ kcal} \times 2 = 129661,6 \text{ kcal/h.}$$

Por lo tanto, se necesita 1 hora para cocinar el pescado en todo el proceso.

Para los envases tenemos:

$$me = \text{número de latas} \times \text{peso en cada lata}$$

$$me = 3120 \text{ latas} \times 38 \text{ g/lata} = 118560 \text{ g} = 118,56 \text{ kg}$$

El Cp del envase oval no se lo pudo obtener ya que el fabricante del envase no tenía disponible esa información hasta el momento de desarrollar esta investigación, sin embargo para fines prácticos se consultó el Cp tanto cuerpo y tapa de la hojalata que es al material que forma el envase:

$$Cpe = 0,054 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \text{ (R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008, pp. 777-778) (Tabla 1 en Apéndice)}$$

Y la gradiente de temperatura será:

$$\Delta Te = \text{Temp final} - \text{Temp inicial} = 95^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 85^\circ\text{C}$$

Por lo tanto:

$$Qe = me \times Cpe \times \Delta Te$$

$$Q_e = 118,56 \text{ kg} \times 0,054 \text{ kcal}/(\text{kg } ^\circ\text{C}) \times 85^\circ\text{C}$$

$$Q_e = 544,19 \text{ kcal}$$

El Q_e (calor de pescado) es para 30 minutos, por lo tanto:

$$Q_e = 544,19 \text{ kcal} \times 2 = 1088,38 \text{ kcal/h}$$

En base a información encontrada en internet se escogió un 5% (SCRIBD, n.d.) como valor correcto para pérdidas de calor al ambiente, se tiene:

$$Q_{\text{perdido}} = (Q_p + Q_e) \times 5\%$$

$$Q_{\text{perdido}} = (129661,6 \text{ kcal/h} + 1088,38 \text{ kcal/h}) \times 5\% = 6537,5 \text{ kcal/h}$$

Por lo tanto la demanda de calor total del sistema en estado estacionario (Q_t) sería:

$$Q_t = Q_p + Q_e + Q_{\text{perdido}}$$

$$Q_t = 129661,6 \text{ kcal/h} + 1088,38 \text{ kcal/h} + 6537,5 \text{ kcal/h} = 137287,48 \text{ kcal/h}$$

Esta energía es la que el sistema demandaría por 1 hora de funcionamiento en estado estacionario, una vez alcanzada su temperatura de operación de 100 °C.

Además, el concepto del calor total demandado por el sistema en estado estacionario lo tiene que proveer el vapor saturado y lo va a ceder de su calor latente y lo liberará por su cambio de estado parcial de vapor a líquido, entonces:

$$Q_t = Q_v$$

Donde Q_v = calor latente del vapor, así:

$$Q_t = 137287,48 \text{ kcal/h} = Q_v$$

El calor a ceder de vapor va a ser del calor latente:

$$Q_v = mv * \lambda$$

Donde:

$$mv = \text{masa de vapor.}$$

$\lambda = \text{Lambda} = \text{Calor latente del vapor saturado.}$

El valor Lambda se obtiene de vapor saturado (Tabla 2 en Apéndice) (R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008, pp. 79-794) para una temperatura del cocinador de 100°C, y se obtiene:

$$\lambda = \text{Lambda} = 1150 \text{ BTU/lb} \times 0,252 \text{ kcal/BTU} \times 2,2 \text{ lb/kg} = 638 \text{ kcal/kg}$$

Entonces:

$$Q_v = m_v \times \lambda$$

Como debemos obtener la masa de vapor (m_v), tenemos:

$$m_v = Q_v / \lambda$$

$$m_v = 137287,48 \text{ (kcal/h)} / 638 \text{ kcal/kg}$$

$$m_v = 215,18 \text{ kg de vapor saturado.}$$

Por lo tanto se necesitaría 215,18 kg de vapor saturado para cocinar el pescado, calentar las latas y mantener el estado estacionario del sistema del cocinador continuo.

CAPÍTULO 3

3. CONCLUSIONES

3.1. Conclusiones

En base a los cálculos realizados se concluye que:

- El cocinador continuo de sardinas debe tener una capacidad de 3120 latas de sardinas envase oval cada 30 minutos para satisfacer la demanda de envases de las máquinas cerradoras de latas.
- Las medidas de la banda transportadora deben ser, 18,3 m de largo y 3,47 m de ancho y su velocidad de 0,554 m/min y la cantidad de vapor que este equipo va a consumir por hora es de 215,18 kg de vapor.
- El concepto original se basó en el diseño de otros cocinadores de fabricación nacional o importada por otras empresas. Para el efecto se adaptó este diseño establecido en el mercado de sardinas en conservas a las necesidades de la empresa de conservas enlatadas, y con

ello se logró optimizar espacio y recursos en general para cumplir con los objetivos planteados en este proyecto.

- El diseño técnico fue implementado de manera satisfactoria según lo recomendado en este proyecto. Fue elaborado con materiales sanitarios de fácil acceso y limpieza. Tanto la empresa como los clientes están complacidos con los resultados.

3.2. Recomendaciones

Se recomendó para la construcción del equipo el uso de materiales sanitarios tales como el acero inoxidable y cadenas plásticas de grado alimenticio y alta resistencia térmica. Esto contribuye obtener durabilidad, facilidad de limpieza y mantenimiento independiente de los aspectos técnicos expuestos en este proyecto.

En el caso que la línea cambie su capacidad máxima de producción con más cerradoras de latas, el equipo permitirá con el uso de láminas plásticas termo resistentes formar un segundo piso de latas. Estas laminas plásticas termo resistentes deben ser perforadas para permitir la circulación de vapor dentro de las latas para la cocción del pescado, esto permite al equipo duplicar su capacidad de latas. Sin embargo, requeriría volver a calcular el flujo de vapor

necesario para poder cocinar el pescado de acuerdo a la cantidad de latas adicionales que vayan a ingresar al cocinador continuo para abastecer la nueva demanda de producto.

Finalmente, usar de manera constante del variador electrónico de velocidad y de acuerdo a las tallas de los peces se regule sus tiempos de cocción para mantener de manera adecuada una calidad homogénea en todos los productos.

BIBLIOGRAFIA

- R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman. (2008). *Introduction to Food Engineering* (, Fourth Edition ed.). (I. S. Food Science and Technology, Ed.) Lincoln, Nebraska, USA: Academic Press. doi:ISBN-9780080919621
- SCRIBD. (n.d.). <http://es.scribd.com>. Retrieved November 21, 2015, from <http://es.scribd.com/doc/134328833/Planta-Calculo-Equipos-1#scribd>
- Yunus A. Cengel. (2007). *Transferencia de calor y masa* (Tercera Edición ed.). México: Mc Graw - Hill. doi:ISBN: 978-970-10-6173-2

APÉNDICE

Tabla 1: Tabla de calor sensible de metales

Table A.3.1 Physical Properties of Metals				
Metal	Properties at 20°C			
	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg °C)	k (W/m °C)	α ($\times 10^{-5}$ m ² /s)
Aluminum				
Pure	2707	0.896	204	8.418
Al-Cu (Duralumin, 94–96% Al, 3–5% Cu, trace Mg)	2787	0.883	164	6.676
Al-Si (Silumin, copper-bearing, 86.5% Al, 1% Cu)	2659	0.867	137	5.933
Al-Si (Alusil, 78–80% Al, 20–22% Si)	2627	0.854	161	7.172
Al-Mg-Si, 97% Al, 1% Mg, 1% Si, 1% Mn	2707	0.892	177	7.311
Lead	11,373	0.130	35	2.343
Iron				
Pure	7897	0.452	73	2.034
Steel				
(C max = 1.5%):				
Carbon steel				
C – 0.5%	7833	0.465	54	1.474
1.00%	7801	0.473	43	1.712
1.50%	7753	0.486	36	0.970
Nickel steel				
Ni – 0%	7897	0.452	73	2.026
20%	7933	0.46	19	0.526
40%	8169	0.46	10	0.279
80%	8618	0.46	35	0.872
Invar 36% Ni	8137	0.46	10.7	0.286
Chrome steel				
Cr – 0%	7897	0.452	73	2.026
1%	7865	0.46	61	1.665
5%	7833	0.46	40	1.110
20%	7689	0.46	22	0.635
Cr-Ni (chrome-nickel)				
15% Cr, 10% Ni	7865	0.46	19	0.526
18% Cr, 8% Ni (V2A)	7817	0.46	16.3	0.444
20% Cr, 15% Ni	7833	0.46	15.1	0.415
25% Cr, 20% Ni	7865	0.46	12.8	0.361
Tungsten steel				
W – 0%	7897	0.452	73	2.026
W – 1%	7913	0.448	66	1.858
W – 5%	8073	0.435	54	1.525
W – 10%	8314	0.419	48	1.391
Copper				
Pure	8954	0.3831	386	11.234
Aluminum bronze (95% Cu, 5% Al)	8666	0.410	83	2.330
Bronze (75%, 25% Sn)	8666	0.343	26	0.859

(Continued)

Table A.3.1 (Continued)

Metal	Properties at 20°C			
	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg °C)	k (W/m °C)	α ($\times 10^{-5}$ m ² /s)
Red brass (85% Cu, 9% Sn, 6% Zn)	8714	0.385	61	1.804
Brass (70% Cu, 30% Zn)	8522	0.385	111	3.412
German silver (62% Cu, 15% Ni, 22% Zn)	8618	0.394	24.9	0.733
Constantan (60% Cu, 40% Ni)	8922	0.410	22.7	0.612
Magnesium				
Pure	1746	1.013	171	9.708
Mg-Al (electrolytic), 6–8% Al, 1–2% Zn	1810	1.00	66	3.605
Molybdenum	10,220	0.251	123	4.790
Nickel				
Pure (99.9%)	8906	0.4459	90	2.266
Ni-Cr (90% Ni, 10% Cr)	8666	0.444	17	0.444
80% Ni, 20% Cr	8314	0.444	12.6	0.343
Silver				
Purest	10,524	0.2340	419	17.004
Pure (99.9%)	10,524	0.2340	407	16.563
Tin, pure	7304	0.2265	64	3.884
Tungsten	19,350	0.1344	163	6.271
Zinc, pure	7144	0.3843	112.2	4.106

Source: Adapted from Holman (2002). Reproduced with permission from the publisher.

(R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008, pp. 777-778)

Tabla 2: Tabla de vapor saturado

Table A.4.2 Properties of Saturated Steam

Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/[kg °C])	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _f)	Saturated vapor (H _g)	Liquid	Saturated vapor
0.01	0.6113	0.0010002	206.136	0.00	2501.4	0.0000	9.1562
3	0.7577	0.0010001	168.132	12.57	2506.9	0.0457	9.0773
6	0.9349	0.0010001	137.734	25.20	2512.4	0.0912	9.0003
9	1.1477	0.0010003	113.386	37.80	2517.9	0.1362	8.9253
12	1.4022	0.0010005	93.784	50.41	2523.4	0.1806	8.8524
15	1.7051	0.0010009	77.926	62.99	2528.9	0.2245	8.7814
18	2.0640	0.0010014	65.038	75.58	2534.4	0.2679	8.7123
21	2.487	0.0010020	54.514	88.14	2539.9	0.3109	8.6450
24	2.985	0.0010027	45.883	100.70	2545.4	0.3534	8.5794
27	3.567	0.0010035	38.774	113.25	2550.8	0.3954	8.5156
30	4.246	0.0010043	32.894	125.79	2556.3	0.4369	8.4533
33	5.034	0.0010053	28.011	138.33	2561.7	0.4781	8.3927
36	5.947	0.0010063	23.940	150.86	2567.1	0.5188	8.3336
40	7.384	0.0010078	19.523	167.57	2574.3	0.5725	8.2570
45	9.593	0.0010099	15.258	188.45	2583.2	0.6387	8.1648
50	12.349	0.0010121	12.032	209.33	2592.1	0.7038	8.0763

(Continued)

Table A.4.2 (Continued)

Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/[kg °C])	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _f)	Saturated vapor (H _g)	Liquid	Saturated vapor
55	15.758	0.0010146	9.568	230.23	2600.9	0.7679	7.9913
60	19.940	0.0010172	7.671	251.13	2609.6	0.8312	7.9096
65	25.03	0.0010199	6.197	272.06	2618.3	0.8935	7.8310
70	31.19	0.0010228	5.042	292.98	2626.8	0.9549	7.7553
75	38.58	0.0010259	4.131	313.93	2635.3	1.0155	7.6824
80	47.39	0.0010291	3.407	334.91	2643.7	1.0753	7.6122
85	57.83	0.0010325	2.828	355.90	2651.9	1.1343	7.5445
90	70.14	0.0010360	2.361	376.92	2660.1	1.1925	7.4791
95	84.55	0.0010397	1.9819	397.96	2668.1	1.2500	7.4159
100	101.35	0.0010435	1.6729	419.04	2676.1	1.3069	7.3549
105	120.82	0.0010475	1.4194	440.15	2683.8	1.3630	7.2958
110	143.27	0.0010516	1.2102	461.30	2691.5	1.4185	7.2387
115	169.06	0.0010559	1.0366	482.48	2699.0	1.4734	7.1833
120	198.53	0.0010603	0.8919	503.71	2706.3	1.5276	7.1296
125	232.1	0.0010649	0.7706	524.99	2713.5	1.5813	7.0775
130	270.1	0.0010697	0.6685	546.31	2720.5	1.6344	7.0269
135	313.0	0.0010746	0.5822	567.69	2727.3	1.6870	6.9777
140	361.3	0.0010797	0.5089	589.13	2733.9	1.7391	6.9299
145	415.4	0.0010850	0.4463	610.63	2740.3	1.7907	6.8833
150	475.8	0.0010905	0.3928	632.20	2746.5	1.8418	6.8379
155	543.1	0.0010961	0.3468	653.84	2752.4	1.8925	6.7935
160	617.8	0.0011020	0.3071	675.55	2758.1	1.9427	6.7502
165	700.5	0.0011080	0.2727	697.34	2763.5	1.9925	6.7078
170	791.7	0.0011143	0.2428	719.21	2768.7	2.0419	6.6663
175	892.0	0.0011207	0.2168	741.17	2773.6	2.0909	6.6256
180	1002.1	0.0011274	0.19405	763.22	2778.2	2.1396	6.5857
190	1254.4	0.0011414	0.15654	807.62	2786.4	2.2359	6.5079
200	1553.8	0.0011565	0.12736	852.45	2793.2	2.3309	6.4323
225	2548	0.0011992	0.07849	966.78	2803.3	2.5639	6.2503
250	3973	0.0012512	0.05013	1085.36	2801.5	2.7927	6.0730
275	5942	0.0013168	0.03279	1210.07	2785.0	3.0208	5.8938
300	8581	0.0010436	0.02167	1344.0	2749.0	3.2534	5.7045

Source: Abridged from Keenan et al. (1969). Copyright © 1969 by John Wiley and Sons. Reprinted by permission of John Wiley and Sons, Inc.

(R Paul Singh, R. Paul Singh, Dennis R. Heldman, 2008, pp. 793-794)

