

TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECÁNICA
Ingeniería en Mantenimiento Industrial



PREMEZCLAS INDUSTRIALES PARA PANADERÍA S.A.

**“PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE
LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAN MECATHERM 3”**

**INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL TÍTULO INGENIERO EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, GRADO LICENCIATURA.**

DIEGO JOSÉ VERZOLA MENA

Cartago, junio 2015



engineerscanada

Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios por mostrarme el camino para lograr concluir mis estudios y brindarme la oportunidad de aprender y conocer más cada día.

A mis padres José y Jenny por ser un apoyo incondicional en todo momento y entregarme en las manos la oportunidad de estudiar y de superarme. A mi hermana y cuñado por ser esos amigos que también estuvieron en todo momento para empujarme a seguir adelante.

A María Fernanda por haberme apoyado en retomar mi camino y por estar en todo momento al lado mío durante este largo proceso. Sin ella esto hubiera sido en definitiva muchísimo más complicado y no tengo como agradecerle todas esas regañadas para que no aflojara en el cumplimiento de mis metas.

A todos mis amigos del TEC, en especial al negro y Fabián, los cuales hicimos junta para seguir adelante en tantas trasnochadas.

A Musmanni por abrirme las puertas tan cordialmente y permitirme desarrollarme profesionalmente en mi campo.

En general a todos aquellos que de una u otra manera facilitaron la conclusión de este proceso, es imposible mencionarlos a todos pero aun así muchísimas gracias por todo.

Información del estudiante y de la empresa

Nombre: Diego José Verzola Mena

Cédula o No. Pasaporte: 1-1281-0939

Carné ITCR: 200412840

Dirección de su residencia en época lectiva: San José, Curridabat

Dirección de su residencia en época no lectiva: San José, Curridabat

Teléfono en época lectiva: 2271-2854

Teléfono época no lectiva: 2271-2854

Email: diegoverzola@gmail.com

Fax: 2271-5653

Información del Proyecto:

Nombre del Proyecto: Propuesta para el mejoramiento de la disponibilidad de la línea de producción de pan Mecatherm 3

Profesor Asesor: Erick Solórzano Jiménez

Horario de trabajo del estudiante: 6:00 a.m. a 2:00 p.m

Información de la Empresa:

Nombre: Premezclas Industriales para Panadería S.A.

Zona: San José

Dirección: La Uruca. De la entrada de la Dirección General de Migración y Extranjería 100 metros este y 100 metros norte.

Teléfono: 2437-7700

Actividad Principal: Manufactura, producción e industrialización de productos de repostería y panadería.

Tabla de contenido

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
I CAPITULO: INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.2. ALCANCES DEL PROYECTO.....	9
II CAPITULO: MARCO DE REFERENCIA.....	10
2.1. REFRIGERACIÓN.....	10
2.1.1. CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR.....	11
2.1.2. COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	14
2.1.3 PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DEL AIRE.....	16
2.2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	20
2.2.1. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	21
III CAPITULO: CAMPO DE TRABAJO	24
3.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	24
3.1.1. MISIÓN.....	24
3.1.2. VISIÓN	25
3.2. PANORAMA GENERAL DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA.....	25
3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	26
3.3.1. AGRIFLEX:.....	26
3.3.2. MEZCLADORA:.....	27
3.3.3. DIVISORA:.....	27
3.3.4. BLOQUE:.....	28
3.3.5. TRANSPORTE:	28
3.3.6. IQF:.....	28
3.4. DIAGRAMA DE FLUJO MECATHERM 3.....	28
3.5. DISPONIBILIDAD MECATHERM 3.....	30
3.5.1. RESULTADOS BOLETAS DE MANTENIMIENTO 2014.....	30

3.5.2.	IQF	33
3.5.3.	MEZCLADORA	63
3.5.4.	AGRIFLEX	64
3.5.5.	DIVISORA.....	66
3.5.6.	BLOQUE	68
3.5.7.	TRANSPORTE.....	80
3.6.	IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	85
3.6.1.	ANÁLISIS DE LA CORRIDA DE PRUEBA.....	89
IV	CAPITULO: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	90
V	CAPITULO: ANALISIS DE RESULTADOS	94
VI	CAPÍTULO: CONCLUSIONES.....	97
	Como resultado del estudio, se llega a las siguientes conclusiones:	97
VII	CAPITULO: RECOMENDACIONES	98
VIII	CAPITULO: BIBLIOGRAFIA.....	99
IX	CAPITULO: ANEXOS	100
	ANEXO #1: EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	100
	ANEXO #2: FORMATO PARA INSPECCIÓN DE BANDAS	104
	ANEXO #3: TPM INSPECCIÓN DE BANDAS	105
	ANEXO #4: MANUAL DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	108
	ANEXO #5: HOJA DE INSPECCIÓN LLENA.....	123
	ANEXO #6: COTIZACIÓN DHD ELECTROMECAÁNICA.....	124
	ANEXO #7: COTIZACIÓN RONACA	129

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo meta para lograr disponibilidad del 95%.....	33
Tabla 2. Medición de humedad relativa y temperatura.....	39
Tabla 3. Cantidad de paros en 48 horas	47
Tabla 4. Diferenciales de temperatura para diferentes clases	57
Tabla 5. Cargas de transmisión de calor en paredes	58
Tabla 6. Carga en paredes antecámara de la entrada	58
Tabla 7. Carga en paredes antecámara de la salida.....	59
Tabla 8. Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32 °F debido a la apertura de puertas e infiltración.....	60
Tabla 9. Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento	60
Tabla 10. Carga por infiltración	61
Tabla 11. Calor equivalente de motores eléctricos.....	61
Tabla 12. Carga por motores.....	62
Tabla 13. Cálculo de carga térmica total por hora.....	63
Tabla 14. Costos de mantenimiento autónomo	90
Tabla 15. Costo energético de funcionamiento de antecámaras	91
Tabla 16. Costo total del proyecto.....	92
Tabla 17. Proyección de tiempos para lograr meta de disponibilidad y ganancias obtenidas.....	92

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de tiempo de producción real.....	48
Ecuación 2. Calculo volumen de agua en aire de infiltración	50

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Diagrama de ciclo de refrigeración.....	11
Figura. 2. Tipos de compresores.....	15
Figura. 3. Carta psicométrica	18
Figura. 4. Mecánica de flujo del intercambio de aire refrigerado.....	19
Figura. 5. Diagrama de flujo Mecatherm 3	29
Figura. 6. Disponibilidad Mecatherm 3.....	31
Figura. 7. Diagrama de Pareto Mecatherm 3	32
Figura. 8. Esquema del mecanismo del IQF	34
Figura. 9. Disponibilidad del IQF	35
Figura. 10. Diagrama de Pareto IQF	36
Figura. 11. Cadena de entrada congelada	37
Figura. 12. Guías con hielo acumulado.....	37
Figura. 13. Bandeja desmontada de las guías	38
Figura. 14. Higroscopio para medir humedad relativa.....	40
Figura. 15. Anemómetro en la salida de aire.....	42
Figura. 16. Anemómetro en la entrada de aire (infiltración)	42
Figura. 17. Plano de la abertura permanente de entrada y salida del IQF	43
Figura. 18. Carta psicométrica para cálculo de masa de agua por infiltración	45
Figura. 19. Porcentaje de paros en 48 horas	47
Figura. 20. Entrada del IQF	54
Figura. 21. Salida del IQF	54
Figura. 22. Plano de colocación de antecámaras.....	55
Figura. 23. Antecámara de entrada.....	55
Figura. 24. Antecámara de salida.....	56
Figura. 25. Disponibilidad de la mezcladora VMI	64
Figura. 26. Disponibilidad de Agriflex.....	65
Figura. 27. Disponibilidad de la divisora.....	67
Figura. 28. Diagrama de Pareto de la divisora	67
Figura. 29. Disponibilidad del Block	68
Figura. 30. Diagrama de Pareto del Block.....	69

Figura. 31. Banda de divisora desalineada	70
Figura. 32. Banda del Block desalineada	70
Figura. 33. Banda de Block rasgada	71
Figura. 34. Lagarto de banda dañado	72
Figura. 35. Masa acumulada en rodillos.....	74
Figura. 36. Liga sin tensión	77
Figura. 37. Desigualdad en longitud de ligas.....	77
Figura. 38. Medición de liga con longitud incorrecta	78
Figura. 39. Soldadura de lida deficiente	79
Figura. 40. Disponibilidad del transporte	80
Figura. 41. Diagrama de Pareto del transporte	81
Figura. 42. Distribución de los transportes	82

RESUMEN

El presente informe final de investigación, planteó como objetivo principal, el siguiente: Diseñar una propuesta de proyecto orientado a mejorar el tiempo disponible del equipo industrial existente en la empresa Premezclas industrial para panadería S.A., mediante la disminución de tiempos muertos. El estudio aplicó, la investigación cuantitativa, de carácter explicativo, con un acercamiento a la metodología no experimental.

A partir del propósito general citado en el párrafo anterior, los objetivos específicos que orientaron el estudio, fueron los siguientes: 1. Evaluar la gestión de mantenimiento de la línea de producción del equipo industrial utilizado, mediante el cálculo de disponibilidad. 2. Determinar las condiciones del equipo de producción, según el archivo histórico de fallas, disponible en el Departamento de Mantenimiento. 3. Identificar la causa de los paros no programados, aplicando el modelo de las 16 grandes pérdidas de mantenimiento. 4. Diseñar herramientas de mantenimiento autónomo que permitan disminuir los tiempos muertos en la línea de producción Mecatherm 3. 5. Seleccionar y justificar la adquisición de un sistema de refrigeración específico para estabilizar y regular la humedad relativa en la entrada y salida del IQF.

De acuerdo con dichos objetivos, la idea era igualar las condiciones recomendadas por el fabricante, respecto a la operación de equipos, justificando teóricamente, la importancia de utilizar recursos eficientes. Con esta finalidad se integró al personal de producción en labores básicas de mantenimiento, con la

intención de estimularlo para que asuma el compromiso requerido para el buen funcionamiento de la línea de producción. De esta manera, estabilizar la disponibilidad de los equipos en un 90% y mejorarla hasta en un 95% como meta.

Palabras claves: disponibilidad, mantenimiento, tiempos muertos, refrigeración.

ABSTRACT

This engineering proposal's main objective is the improvement of availability through reduced downtime through a quantitative research, based on an explanatory non-experimental approach.

The following objectives are specifically addressed to this goal: 1. Evaluate the maintenance management of the line by calculating availability. 2. Determine the critical line equipment according to the historical fault. 3. Define the root cause of unscheduled shutdowns through the model of the 16 large loss of maintenance. 4. Design tools that allow autonomous maintenance decrease downtime in the production line MECATHERM 3. 5. Choose and objectify the acquisition of a cooling system to stabilize and regulate the relative humidity in the inlet and outlet of IQF.

It is expected to justify theoretically the importance of the conditions recommended by the manufacturer regarding operation of equipment. It also seeks to integrate the production staff in basic maintenance to develop commitment with the proper functioning of the line. In this way it will stabilize the monthly availability by 90 % and improve the target up to 95 %.

Keywords: availability, maintenance, downtime, refrigeration.

I CAPITULO: INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo elaborar una propuesta ingenieril para la empresa Premezclas Industriales para Panadería S.A., con el fin de aumentar la disponibilidad de los equipos de la línea de producción de pan conocida como Mecatherm 3.

De acuerdo con dicha finalidad, seguidamente se describe la metodología aplicada durante el proceso de investigación:

En la primera etapa se realizó un diagnóstico de la empresa y del proceso productivo desarrollado con el fin de comprender la mecánica de trabajo y la función específica de cada una de las máquinas.

En la segunda etapa, se estudió la disponibilidad de la línea de producción para evaluar la gestión del mantenimiento en la empresa; los datos recopilados facilitaron el análisis de la información.

La tercera fase se concentró al análisis crítico de la información relacionada con cada uno de los equipos.

Se evidenció en la información obtenida, que la máquina IQF es la que genera mayor cantidad de tiempos muertos, sobre los demás componentes, llámense estos Agriflex, VMI, bloques y transportes.

Con el fin de determinar la disponibilidad del equipo, fue necesario realizar experimentos de campo. Los datos recabados en esta etapa, evidenciaron que al no ser acatadas las condiciones propuestas por el fabricante, los equipos no estaban operando de la manera más eficiente.

Como respuesta para solucionar las deficiencias en el funcionamiento del equipo, se detectaron algunas oportunidades de mejoras, mediante herramientas tanto de diseño como administrativas, aspectos que se abordarán seguidamente.

Apoyado en la teoría de refrigeración, se proyecta la posibilidad de controlar las condiciones de temperatura y humedad en el interior de la planta, como solución a este problema detectado en esa área.

Así mismo, en cuanto a la parte administrativa, se determinó que mediante herramientas propias de la filosofía del TPM, se pueden intervenir las fallas que afectan los bloques y los transportes.

Tomando en cuenta los problemas identificados y las posibles alternativas de solución, se diseñó un proyecto orientado a reunir los elementos necesarios para sensibilizar al recurso humano y demostrar la importancia de acatar las recomendaciones emitidas por el fabricante de los equipos para aprovecharlos al máximo. Se consideró relevante involucrar al personal operativo en los procesos de mantenimiento, para lograr un mayor control de la gestión y reducir así los tiempos muertos que tanto afectan el proceso.

JUSTIFICACIÓN

La empresa denominada Mecatherm 3, es una industria grande, que oferta diversos productos de panadería, entre ellos, expende bollos de pan congelados, listos para hornear, aparte de otros insumos de repostería. Se eligió esta entidad, porque según datos del Departamento de Producción, Mecatherm 3 industrializa aproximadamente el 68% de la producción total de lo que genera empresa. El dato

anterior, evidencia la importancia de esta línea de producción y su impacto sobre los ingresos del negocio.

En esta industria se fabrica un promedio de 4 250 melcochones (baguette) por hora, con un costo de ₡125 por unidad. La línea opera en promedio 128 horas por semana, lo cual significa un total de ₡68 000 000, monto significativo en comparación con las otras líneas de producción de la empresa.

Según datos del Departamento de Mantenimiento, al mes existe un promedio de 55 horas de tiempos muertos debido a fallos mecánicos o eléctricos; económicamente esta cantidad equivale a un total de ₡29 218 750; es decir, son pérdidas traducidas en horas de producción por un paro de la línea. Esto indica que un 10% del total de horas de producción se invierten en labores de mantenimiento por paradas no programadas.

Por consiguiente, para la industria, y más aún para la que se desarrolla con insumos perecederos, es de suma importancia disminuir los tiempos muertos en el proceso productivo. De esta manera, podría evitarse pérdidas de materia primas, altos costos de mantenimiento y por ende, incrementar la producción.

Es indudable que el buen estado de los equipos y una alta disponibilidad de los mismos son esenciales para asegurar el logro de los objetivos esperados.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que el operario debe conocer muy bien el equipo que maneja y además, se comprometa a velar por el buen estado y funcionamiento de las máquinas, tal responsabilidad permitirá que en cierta medida se empodere y perciba estos recursos como si fueran de su propiedad.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la empresa Premezclas Industriales para Panadería S.A., necesita reducir tiempos muertos en la línea de producción Mecatherm 3, con el fin de evitar los paros no programados, con el fin de aumentar la disponibilidad de la línea.

Tomando en cuenta dicha demanda, se desarrolló un proceso para efectos de conocer mejor a la empresa, con miras a plantear una propuesta orientada a brindar alternativas de solución a las necesidades identificadas como resultado de la investigación. Inicialmente se procedió a estudiar la línea de producción completa Mecatherm 3, con el propósito de entender su funcionamiento, requerimientos y mantenimiento necesario que le permita operar adecuadamente. Para ello, se cuenta con manuales de mantenimiento preventivo para otras líneas similares, de gran ayuda para efectos del estudio; sin dejar de lado, el aporte brindado por el personal responsable del Departamento de Mantenimiento.

Mediante un análisis de Pareto se logró determinar los equipos críticos de la línea Mecatherm 3, utilizando para esto el historial de fallas y tiempos muertos registrados en el departamento en cuestión. El resultado de este análisis permitió identificar las unidades prioritarias de atender para reducir las paradas no imprevistas.

Se calculará la eficiencia de los equipos mediante el índice de disponibilidad para evidenciar el estado actual del mantenimiento en la línea.

Seguidamente, de manera conjunta con el personal especializado de mantenimiento y con los operarios de la línea, se procedió a evaluar y determinar

la o las causas principales de los paros no programados; de esta manera, generar alternativas de solución que permitan resolver cada problemática de forma independiente, tomando en cuenta que cada máquina es parte de un conjunto, el cual se desea alcance una disponibilidad de entre 90% y 95% como meta, al mismo, lograr un ahorro importante en horas de producción para la empresa.

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una propuesta ingenieril para la empresa Premezclas Industriales para Panadería S.A., con el fin de lograr a futuro un aumento de la disponibilidad de los equipos de la línea de producción de pan, conocida como Mecatherm 3.

-

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la gestión de mantenimiento de la línea de producción Mecatherm 3, mediante el cálculo de disponibilidad.
- Identificar los equipos críticos de la línea de producción Mecatherm 3, según el histórico de fallas, disponible en el Departamento de Mantenimiento.
- Definir la causa principal de los paros no programados, en la línea Mecatherm 3, aplicando el modelo de las 16 grandes pérdidas de mantenimiento.

- Diseñar herramientas de Mantenimiento Autónomo que permitan disminuir los tiempos muertos en la línea de producción MECA 3.
- Proponer un sistema de refrigeración para estabilizar y regular la humedad relativa en la entrada y salida del IQF.

1.2. ALCANCES DEL PROYECTO

Este proyecto se realizó con la finalidad de brindar a la empresa Premezclas Industriales para Panadería S.A., algunas facilidades para que a corto plazo, logre implementar herramientas puntuales que respondan a la filosofía de TPM, en la línea de producción de pan Mecatherm 3; además, el proyecto diseña soluciones ingenieriles orientadas a disminuir tiempos muertos en la producción.

Debido a limitaciones de tiempo, el proyecto únicamente desarrolló el diseño de las herramientas, ya que en 16 semanas no era viable diseñarlas y ponerlas en práctica para obtener resultados favorables. Debido a esto, es necesario aclarar que el impacto económico del proyecto integra una proyección estimada, luego de analizar el histórico de fallas y su impacto en los tiempos de producción. Aun así, se logró realizar una corrida de prueba de alguna herramienta de TPM, con el fin de evaluar los resultados de su primera ejecución; igualmente, un estimado de la aplicación para las soluciones específicas encontradas.

II CAPITULO: MARCO DE REFERENCIA

Para abordar la temática relacionada con el mejoramiento de la disponibilidad de la línea de producción de este proyecto, es fundamental desarrollar los conceptos y elementos esenciales de refrigeración y TPM (Total Productive Maintenance). Esto por cuanto ambas teorías permiten explicar las bases de la problemática por tratar.

2.1. REFRIGERACIÓN

El concepto de refrigeración, según Whitman W. y Johnson W. (2002:3) “ es *el proceso por el cual se elimina el calor de un lugar donde no es deseado y se traslada a otro donde resulta indiferente*”. De la misma manera, Pita E. (2000:28) establece que “*el calor es la forma de energía que se transmite de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura*”. Esta transferencia se da naturalmente de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura.

Dicho lo anterior, se deduce que para que exista transferencia de calor es necesario como mínimo 2 cuerpos. En el caso de la refrigeración, estos componentes son el aire caliente de un recinto y el refrigerante con menor contenido de calor que circula por el sistema. Pita E. (2000:355) refuerza estos conceptos mencionando que “un sistema de control ambiental que comprenda enfriamiento y deshumidificación necesita un medio para eliminar el calor de los recintos acondicionados. Como el calor solo fluye de la temperatura mayor a la menor, se debe tener disponible un fluido con una menor temperatura que la de diseño del recinto. La refrigeración es la que produce este fluido de baja

temperatura”. El fluido mencionado anteriormente se conoce con el nombre de refrigerante, y tiene la característica de poseer un punto de ebullición muy bajo.

2.1.1. CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

En la actualidad, uno de los sistemas más comunes para refrigerar espacios es el de compresión de vapor. Respecto a esto, Pita E. (2000:356-357) describe el proceso cíclico que sufre el líquido refrigerante para extraer el calor del aire, en 4 pasos que se muestran a continuación:

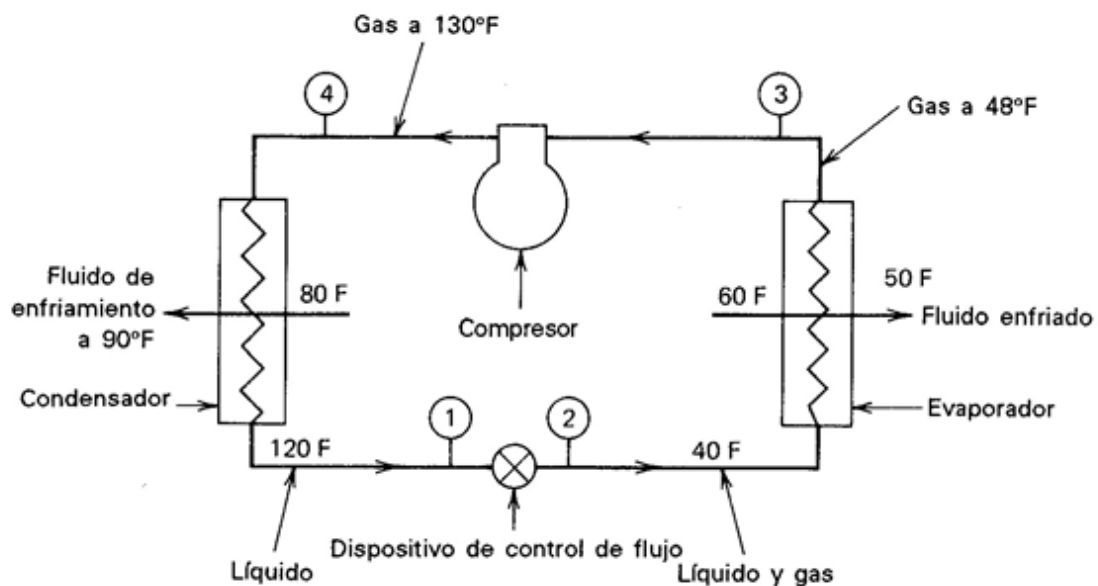


Figura. 1. Diagrama de ciclo de refrigeración

Fuente: tomado de Pita, E. (2000). "Acondicionamiento de aire. Principios y sistemas". Editorial CECSA. Cap. 13, pag. 357.

Proceso 1-2. En el punto (1), el refrigerante se encuentra en estado líquido a una presión y temperatura relativamente altas. Pasa a (2) a través de una restricción, denominada dispositivo de control de flujo, o también dispositivo de expansión. El refrigerante pierde temperatura al pasar por la restricción.

La presión en (2) es tan baja que se evapora una pequeña parte del refrigerante, el cual pasa al estado gaseoso. Sin embargo, para evaporarse debe ganar calor, que toma de la parte del refrigerante no evaporado, entonces, al enfriarse la mezcla, produce la baja temperatura en (2).

Proceso 2-3. El refrigerante pasa a través de un cambiador de calor llamado evaporador el cual tiene dos circuitos. El refrigerante circula por uno de ellos y el otro fluido por enfriar, generalmente es aire o agua. Dicho elemento está a una temperatura ligeramente mayor que la del refrigerante; por lo tanto, el calor se transfiere desde aquí hasta el refrigerante, luego se produce el efecto de enfriamiento deseado. El refrigerante hierve debido al calor que recibe en este lugar; luego, al salir de este depósito (4) completamente vaporizado.

Proceso 3-4. Al salir del evaporador, el refrigerante es un gas a baja temperatura y baja presión. Para poder volver a usarlo y obtener continuamente el efecto de evaporación, se debe regresar a las condiciones de (1): líquido a alta presión. El primer paso en este proceso es aumentar la presión del refrigerante gaseoso, mediante el empleo de un compresor. Al comprimir el gas también se tiene un aumento de su temperatura.

Proceso 4-1. El refrigerante sale del compresor en estado gaseoso a alta temperatura y presión. Para cambiar al estado líquido, se le debe eliminar calor. Esto se logra en un cambiador de calor que se llama condensador. El refrigerante fluye a través de uno de los circuitos del condensador. En el otro pasa un fluido de enfriamiento, aire o agua, a menor temperatura que el refrigerante. Por lo tanto, el

calor se transfiere del refrigerante al fluido de enfriamiento y, como resultado de ello, el refrigerante se condensa y pasa a la forma líquida (1).

El refrigerante ha vuelto a su estado inicial y está listo para repetir el ciclo. Desde luego, estos procesos en realidad son continuos al circular el refrigerante a través del sistema.

Del mismo modo, Alarcón J. (2000:8-9,35) sustenta los apartados mencionados anteriormente, mediante tres leyes de refrigeración:

1. Todos los líquidos al evaporarse absorben calor de cuanto les rodea.
2. La temperatura a que hierve o se evapora un líquido depende de la presión ejercida sobre dicho líquido.
3. Todo vapor puede volver a condensarse, convirtiéndose en líquido, si se comprime y enfría debidamente.

Es importante recalcar la ley número 2 mencionada por el autor, ya que estipula la posibilidad de regular por medio de presiones la temperatura de evaporación del refrigerante, lo cual a su vez, permite controlar la temperatura del cuarto frío dependiendo de la necesidad.

El mismo autor establece como los refrigerantes más conocidos al amoníaco (-33,3 °C), Freón-12 (-29,8 °C), Freón-22 (-40,1 °C) y Freón-502 (-45,6 °C). Los anteriores elementos, excepto el amoníaco, son refrigerantes clorofluorados CFC, los cuales causan deterioro a la capa de ozono al ser liberados a la atmósfera. Para sustentar esta problemática, el Protocolo de Montreal, en su reunión de Londres en 1990, decidió desaparecer los antes

mencionados CFC para dar paso a los refrigerantes actuales conocidos como HCFC y HFC. Este último no contiene cloro por lo cual no daña la capa de ozono.

Del mismo modo, el autor menciona la creación del refrigerante R-134a como sustituto del R-12, así como la fabricación del R-404a, el R-407a y el R-507 en sustitución del R-502. Es importante denotar que el aceite utilizado con los CFC debe ser derivado del éster (poliésteres), por no ser compatible con los de tipo mineral o sintético empleados con los CFC.

2.1.2. COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El ciclo de refrigeración requiere de equipo especializado para desarrollarse. Valverde J. (sf:1-4) establece como principales componentes del sistema los siguientes dispositivos:

- **Compresor:** el compresor se encarga de movilizar el refrigerante a través del sistema de refrigeración, provoca un aumento en la presión y temperatura del refrigerante en estado gaseoso, mediante la acción que ejerce, lo cual propicia su futura condensación.

Así mismo, Alarcón J. (2000:64, 87-96) agrega que existen 3 tipos principales de compresores, los abiertos, los semiherméticos y los herméticos. Los abiertos como su nombre lo indica, cuentan con el motor y el compresor separados, transmiten la potencia mediante fajas. Los herméticos incorporan todo el conjunto de motor y compresor en un depósito cerrado, por lo cual no utilizan prensaestopas, ni fajas de

transmisión; además, son más silenciosos que los abiertos. Los semiherméticos poseen las mismas ventajas que los anteriores, pero también permiten realizar mantenimientos internos haciendo accesible el depósito. Cabe resaltar que estos últimos dos son más sensibles a la presencia de humedad en el sistema ya que esta puede provocar más daños que en los compresores abiertos. Por otro lado, se debe mencionar que el funcionamiento de estos compresores se basa en el movimiento recíprocante de un pistón adentro de un cilindro, lo cual genera la acción de compresión deseada.

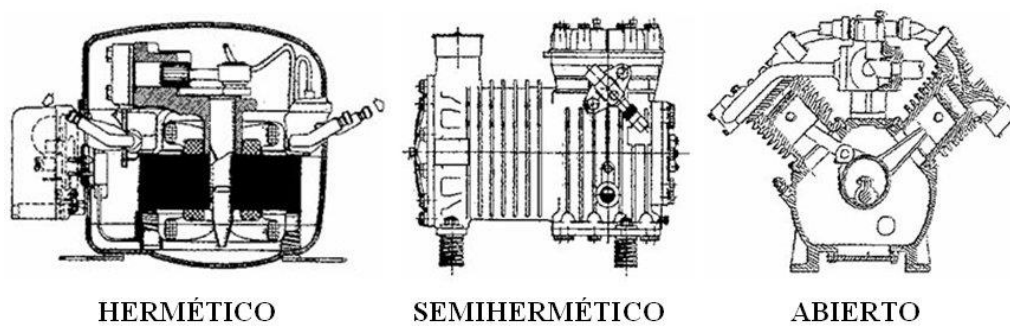


Figura. 2. Tipos de compresores

Fuente: tomado de: <http://compresoresymaquinaria.com/blog/?p=5>

- **Condensador:** el compresor es un dispositivo que le permite al gas caliente condensarse, mediante la transferencia de calor entre el mismo y el medio condensante, el cual puede ser agua o aire, según sea la necesidad.
- **Recibidor:** la función recibidor consiste en almacenar el refrigerante líquido antes del evaporador para asegurar que siempre existirá una reserva disponible para ingresar al mismo. Se debe indicar que se instala

solamente en sistemas que poseen un dispositivo de expansión automático como es la válvula de expansión termostática.

- **Dispositivo de expansión:** el dispositivo de expansión controla la cantidad de refrigerante que ingresará al evaporador; además, es el encargado de reducir drásticamente la presión y la temperatura del líquido para que este pueda evaporarse a baja temperatura.
- **Evaporador:** en el evaporador se da la transferencia de calor entre el refrigerante líquido y los productos a los cuales se les desea disminuir la temperatura. Aquí se da el cambio de estado del refrigerante de líquido a gas.
- **Controles de temperatura y presión:** los controles de temperatura y presión se encargan de mantener los valores respectivos de estos elementos, dentro del rango establecido, al controlar el apagado y encendido del compresor.

2.1.3 PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DEL AIRE

Al aplicar la refrigeración es posible controlar las propiedades del aire. Para comprender mejor el tema, es importante estudiar las características psicométricas del aire.

Al respecto, Dossat Roy (2002:79) establece que “el aire es una mezcla mecánica de gases y vapor de agua”. La cantidad de vapor de agua contenida en la mezcla depende de las condiciones atmosféricas locales, por lo que en lugares

con grandes masas de agua la humedad atmosférica es mayor que la de zonas áridas.

Por su parte, Pita E. (2000:177-178) menciona que “psicometría es el nombre que se le ha dado al estudio de las mezclas de aire y vapor de agua”. Además, describe las siete principales propiedades del aire, de la siguiente manera:

- **Temperatura de bulbo seco (BS):** se refiere a la temperatura que describe un termómetro expuesto al aire.
- **Temperatura de bulbo húmedo (BH):** es la temperatura que mide un termómetro que posee en su bulbo un algodón mojado con agua que es sometido a movimientos rápidos a través del aire.
- **Temperatura de punto de rocío (PR):** es la temperatura que le permite al vapor de aire condensarse si se enfría el aire a presión constante.
- **Relación de humedad (W):** es conocida también como humedad específica, representa el peso en libras del vapor de agua, por libra de aire seco.
- **Humedad relativa (HR):** consiste en la relación de la presión real de vapor de agua en el aire, con respecto a la presión de vapor de agua, si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco. Esta se expresa en porcentaje.
- **Volumen específico (v):** es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco.

- **Entalpía específica (h):** es el contenido de calor del aire por unidad de peso.

El siguiente gráfico es denominado la carta psicrométrica, contiene las propiedades del aire mencionadas anteriormente. Es importante recalcar que conociendo dos de estas, es posible determinar las otras cinco, según se requiera para efecto de estudios específicos.

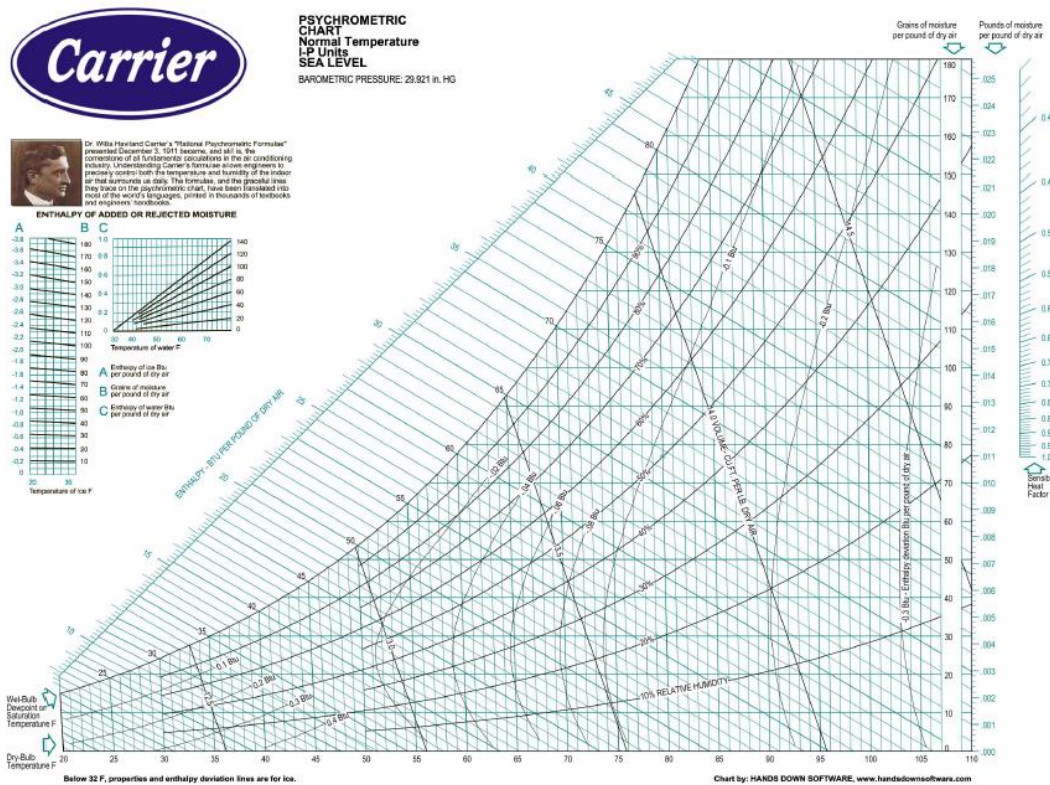


Figura. 3. Carta psicrométrica

Fuente: tomado de Carrier Air Conditioning Company (sf). "Handbook of Air Conditioning System Design". McGraw-Hill Book Company. New York, EEUU

Por otro lado, conociendo las propiedades descritas anteriormente, es posible estudiar concretamente un volumen de aire definido que ingrese en recintos, mediante infiltración. En este sentido Whitman W. y Johnson W. (2002:24) explican mediante la siguiente imagen 4, un fenómeno importante para el estudio de la infiltración por aberturas, el cual indica que al abrir una nevera, el aire frío sale y desciende porque es más pesado, a su vez, es remplazado por el aire caliente que entra en la cámara. Con esto se puede deducir que el intercambio se da en proporciones iguales.

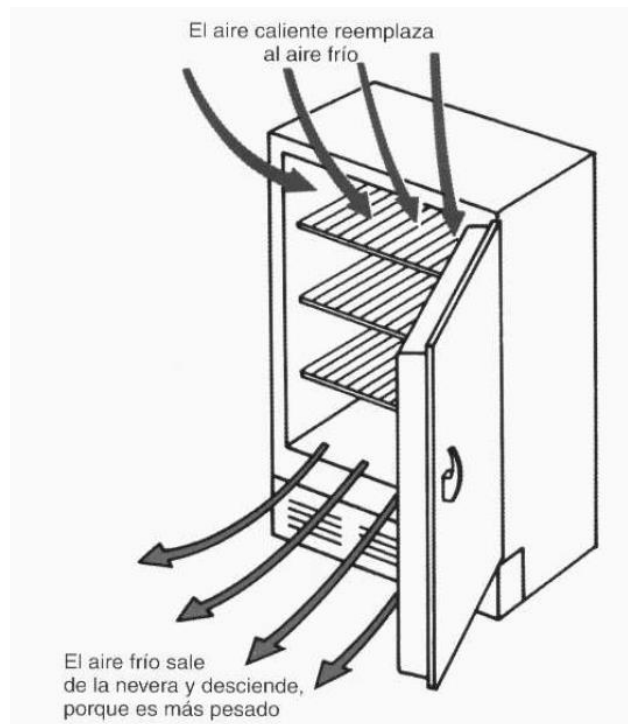


Figura. 4. Mecánica de flujo del intercambio de aire refrigerado

Fuente: tomado de Withman, W. (2002). "Tecnología de refrigeración y aire acondicionado". Editorial

Paraninfo. Pág. 24

Como se estableció en apartados anteriores, no solo la refrigeración servirá para solventar las necesidades encontradas al formular la presente investigación,

también es necesario definir ciertos términos y técnicas referentes al TPM para lograr una comprensión adecuada del estudio.

2.2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Con el fin de conocer la constitución del TPM en la actualidad, fue necesaria la evolución de diferentes tipos de mantenimiento a lo largo de la historia. Antes de los años 50, básicamente se realizaba mantenimiento correctivo a las máquinas, es decir, debían fallar para ser intervenidas. Esto ocasionaba la detención del proceso productivo a fin de repararlas. Sin embargo, dicha idea paulatinamente fue cambiando hasta concebir el mantenimiento preventivo como una opción viable. Consiste en intervenir los equipos a lo largo de su vida útil, antes de que fallen y en consecuencia, detengan la producción.

Luego de los años 70 evoluciona el mantenimiento productivo total, el cual engloba los anteriores; pero además, incorpora la figura del mantenimiento autónomo. Este último incorpora a los operarios en labores básicas de mantenimiento.

Al respecto, Cuatrecasas, L. (2010:32-33) establece que “el TPM o Mantenimiento Productivo Total, supone un nuevo concepto de gestión de mantenimiento, procura que sea responsabilidad de todos los empleados y en todos los niveles, mediante actividades en pequeños grupos”, lo cual incluye los siguientes objetivos:

- Participación de todo el personal

- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficiencia en el sistema de producción y gestión de equipos.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas de manera que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que ocurran.
- Implantación de mantenimiento preventivo apoyado en el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión a todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

El TPM cuenta con una serie de elementos como lo son las 5S, el control visual, las 16 grandes pérdidas de mantenimiento y el mantenimiento planificado; sin embargo, para el proyecto específico que se propone, únicamente será pertinente desarrollar el concepto de mantenimiento autónomo, aspecto por desarrollar en el siguiente segmento:

2.2.1. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento autónomo pretende incorporar a los operarios de las máquinas en labores básicas de mantenimiento; según Carvajal J. (2014:61-62), “se empezará a conocer la máquina, sus señales de deterioro y las posibilidades que tiene de detectar tempranamente el desarrollo de una avería. También se conocerá la importancia de la inspección y sus repercusiones”.

Del mismo modo, el mantenimiento autónomo busca crear un sentimiento de pertenencia por parte de los operarios y de los técnicos, de esta manera,

trabajar en equipo y realizar acciones que permitan trabajar con mayor eficiencia al evitar las fallas y paros no programados.

El mismo autor enumera los siguientes beneficios al implementar mantenimiento autónomo:

- Limpieza con inspección constante de la maquinaria y equipo.
- Detección oportuna y reportes inmediatos sobre la variación en parámetros de operación.
- Participación del operario de la máquina en las inspecciones de mantenimiento.
- Armonía en las relaciones con los técnicos de mantenimiento.
- Seguimiento disciplinado de los procedimientos de encendido, operación y apagado de la maquinaria.
- Entendimiento de la labor que lleva a cabo el departamento de mantenimiento en los equipos.
- Aportes al momento de reportar una falla.
- Revisión de la calidad y disponibilidad de los materiales que van a ser procesados por la maquinaria.
- Incremento en el control de calidad del producto que sale de la máquina.
- Conciencia y compromiso a la hora de medir el trabajo de mantenimiento y reportar las horas que estuvo parada la maquinaria.

Observando todos los beneficios que el mantenimiento autónomo proporciona, es evidente el aporte que brinda al TPM, ya que al incorporar a todo

el personal en el buen funcionamiento de los equipos, la palabra “total” adquiere sentido, debido a que todo el personal deberá trabajar en conjunto para lograr las metas globales de la empresa.

III CAPITULO: CAMPO DE TRABAJO

3.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

En el año 1929, la familia Musmanni inició su negocio de pan al construir su primer edificio en la avenida central de San José. Fue evolucionando con el tiempo, hasta que en 1985 inicia el concepto de Franquicias, el cual consiste en que se le otorga el nombre de Musmanni a panaderías particulares que sigan con las normas de calidad exigidas por la empresa.

Posteriormente, en 1988, nace Premezclas Industriales para Panaderías S.A., la cual incorpora la venta de pan preparado para que las panaderías puedan vender el producto fresco. Luego, en 1995 inicia el sistema de venta de pan congelado, actualmente constituido en el fuerte del negocio.

La empresa Musmanni es líder en el área de la producción de pan, y según sus indicadores continúa creciendo; es una industria preocupada por innovar mediante alternativas limpias y viables para el medio ambiente, y siempre tomando en cuenta a sus clientes como los más importantes del negocio.

3.1.1. MISIÓN

“Ser reconocidos por nuestros socios comerciales como un proveedor de confianza que ofrece productos panificados de excelente calidad y valor”

3.1.2. VISIÓN

“Ser el mejor socio comercial para nuestros clientes mayoristas, ofreciendo productos alimenticios de calidad e inocuos, mediante procesos innovadores, seguros, amigables con el ambiente y de alta tecnología; que sean beneficiosos para los empleados, la comunidad y los accionistas.”

3.2. PANORAMA GENERAL DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA

La planta cuenta con el Departamento de Mantenimiento, el cual a lo largo de aproximadamente 20 años ha ido creciendo, según las necesidades de la empresa. El citado departamento está conformado aproximadamente por 17 personas, divididas en grupos para cubrir los diferentes turnos de trabajo a lo largo del día.

Mediante el uso de boletas de aviso a mantenimiento, se registran todas las fallas reportadas en las diferentes líneas de producción. Indican el tipo de falla, quién la atendió y el tiempo invertido en la reparación. Con esto es posible determinar los tiempos muertos de cada una de las máquinas a lo largo de cada mes.

También es importante mencionar que la planta cuenta con un software de mantenimiento, el cual permite realizar un plan preventivo de fallas. Este generalmente se realiza en los periodos de deshielo del IQF aprovechando el paro programado de la producción.

Actualmente se está incursionando en el campo del mantenimiento predictivo, mediante el análisis de vibraciones, de aceites y termografía. Tal decisión refleja la importancia que brinda la empresa al mantenimiento de los equipos, por ser estos esenciales para desarrollar el proceso productivo.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Como se indicó anteriormente, el presente estudio se concentró en la línea de producción Mecatherm 3, ante la necesidad de mejorar la disponibilidad del equipo, y por ende, la productividad.

Desde esta óptica, es importante recordar que la línea en cuestión, produce pan congelado de tipo melcochón. Además, es una línea con alto grado de automatización y posee variedad de equipos como lo es agriflex, mezcladoras, divisoras, bloques, transportes y el IQF, los cuales se describen seguidamente para entender su funcionalidad.

3.3.1. AGRIFLEX:

El equipo agriflex suministra de manera automática todos los ingredientes, según la receta por preparar. La programa el operario en un panel de control. Consta de bombas, sensores, gran cantidad de tuberías y equipo de control eléctrico con alto grado de complejidad. Mediante la orden ingresada en el panel, el equipo acciona las bombas y turbinas para dosificar la cantidad necesaria de materias primas en las cubas de mezclado.

3.3.2. MEZCLADORA:

La mezcladora homogeniza los ingredientes suministrados por Agriflex. El operario ingresa el tiempo requerido de mezclado. Es importante mencionar que según sean las características físicas de los ingredientes (harina, levadura, etc.), se pueden presentar variaciones en la consistencia final del producto, por lo cual el operario tiene la posibilidad de adicionar más agua para lograr la consistencia deseada en la masa. Esta condición agrega la probabilidad de ocurrencia de errores humanos en el proceso.

3.3.3. DIVISORA:

El área en estudio, cuenta con dos líneas paralelas iguales. La divisora se encarga de seccionar en porciones pequeñas la masa proveniente de las mezcladoras. Esta cae en una especie de embudo o tolva, que mediante la acción de aceite mineral de grado alimenticio (Drakeol) crea un sello. En la parte inferior del embudo, mediante la acción de un pistón neumático, se crea un vacío que succiona la masa a la cámara de dosificación. El pistón se encarga de comprimir el producto y el mismo mecanismo, expulsa la porción adecuada de masa. Mediante un juego de bandas, el producto es dirigido al bloque para continuar con su camino. Es importante mencionar que la lubricación de este equipo es sumamente importante para el correcto funcionamiento.

3.3.4. BLOQUE:

El bloque consta de una serie de bandas por las cuales la masa del melcochón se traslada dándole tiempo para que esta crezca y adquiera las propiedades óptimas de calidad. En la última banda se da el formado final del melcochón, culmina el recorrido por el bloque, mediante el paso por una serie de ligas que terminan de dar el acabado al producto.

3.3.5. TRANSPORTE:

El transporte es el encargado de trasladar las latas con producto (bandejas) a lo largo de todo el recorrido, recoge el melcochón en la salida del bloque, pasándolo por el IQF para luego llegar a la zona de desmolde y vuelve a repetir el ciclo.

3.3.6. IQF:

El IQF es el equipo o ultra congelador encargado de disminuir la temperatura del producto aproximadamente entre -25 y -30 °C, en el transcurso de media hora. Trabaja con amoníaco como refrigerante y consta de 6 abanicos de alta potencia que hacen circular el aire a un flujo muy alto.

3.4. DIAGRAMA DE FLUJO MECATHERM 3

En la siguiente figura se observa un diagrama de flujo de la línea.

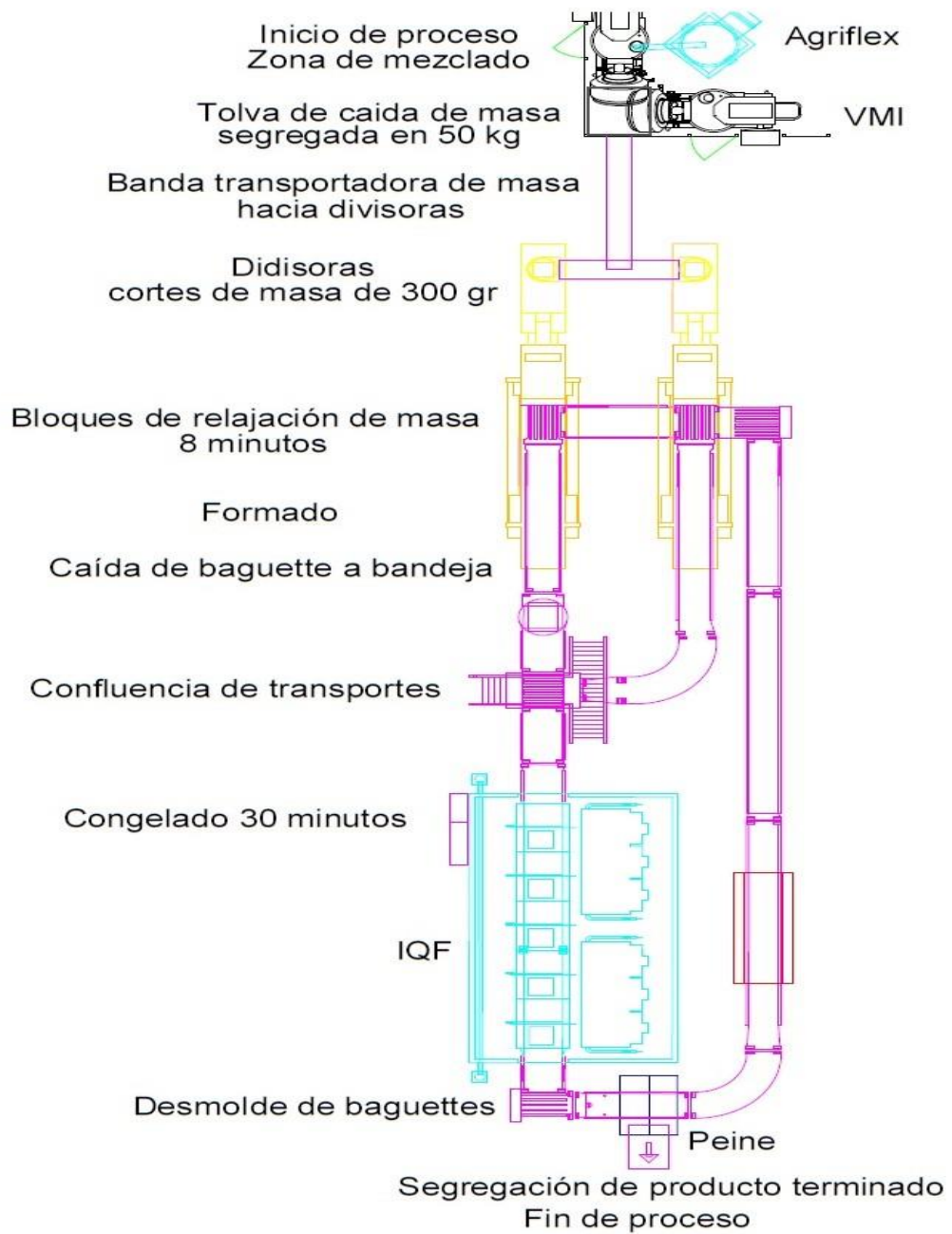


Figura. 5. Diagrama de flujo Mecatherm 3

Fuente:elaboración propia, AUTOCAD

3.5. DISPONIBILIDAD MECATHERM 3

Mediante boletas de aviso, el personal de planta reporta los paros no programados al Departamento de Mantenimiento. Estas boletas contienen información acerca de la máquina que presenta la falla, el tipo de desperfecto, el trabajo realizado y el tiempo muerto generado debido al incidente. Dicho tiempo se contabiliza desde el momento en que la divisora se detiene hasta que vuelve a retomar actividad luego de la reparación.

Este tipo de práctica se viene realizando desde hace aproximadamente 3 años. Sin embargo, para efectos de estudiar el índice de disponibilidad, se tomó como referencia únicamente las boletas generadas durante el año 2014.

3.5.1. RESULTADOS BOLETAS DE MANTENIMIENTO 2014

En el siguiente gráfico 6, se observa que a mediados del año 2014, hubo meses críticos en los cuales la disponibilidad de la línea descendió por debajo del 80%. Esto coincide, según el personal de mantenimiento, con una reducción en la planilla del departamento y con el cambio de ciertos equipos como la mezcladora y agriflex, los cuales tuvieron que pasar por un proceso de adaptación y ajustes, antes de funcionar adecuadamente con toda la línea.

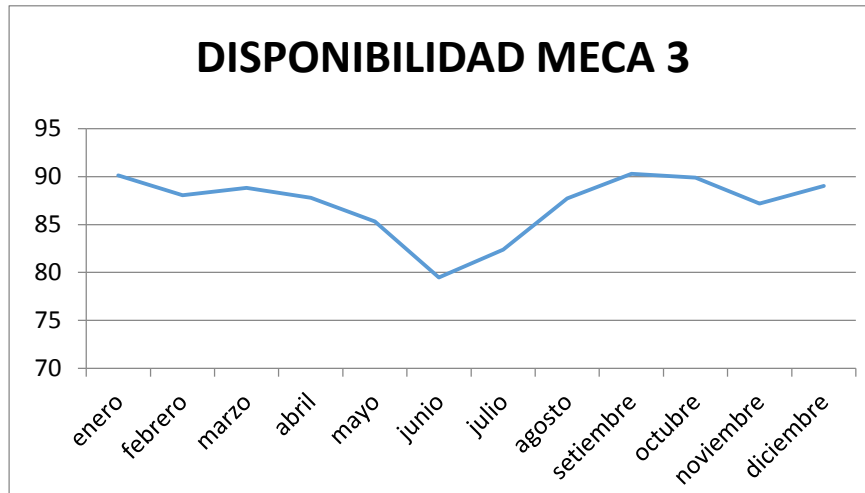


Figura. 6. Disponibilidad Mecatherm 3

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Por otro lado, mediante un análisis de Pareto se determinó el estado de funcionamiento en que se encuentran los diferentes equipos. Se determinó que prácticamente el 40% de los paros no programados ocurren en el IQF. Por tanto, este presenta las condiciones más críticas, y en el que se centrarán esfuerzos para disminuir los tiempos muertos de la línea.

Al integrar el funcionamiento de Agriflex y la mezcladora, se logró identificar que ambos representan el 35% de los tiempos muertos totales, dato considerablemente alto debido al proceso de cambio y renovación de los equipos mencionados. Según la experiencia del personal de mantenimiento, durante este proceso hubo muchos problemas de comunicación entre los equipos nuevos y los ya existentes; por tal motivo, los técnicos franceses y los propios de Musmanni, trabajaron en conjunto para integrar toda la línea. Esto explica el aumento en los fallos de dichas máquinas, por lo cual no se consideró relevante en el presente

estudio, aunque sí se analizó el comportamiento de la disponibilidad de cada uno de los equipos, por separado.

Por último, pero no menos importantes se encuentran la divisora, el block y el sistema de transporte, los cuales en conjunto, representan aproximadamente el restante 25% de los tiempos muertos.

Para visualizar mejor la información anterior, véase el siguiente gráfico 7, donde se observa el impacto de cada uno de los equipos, en relación con la totalidad de los tiempos muertos.

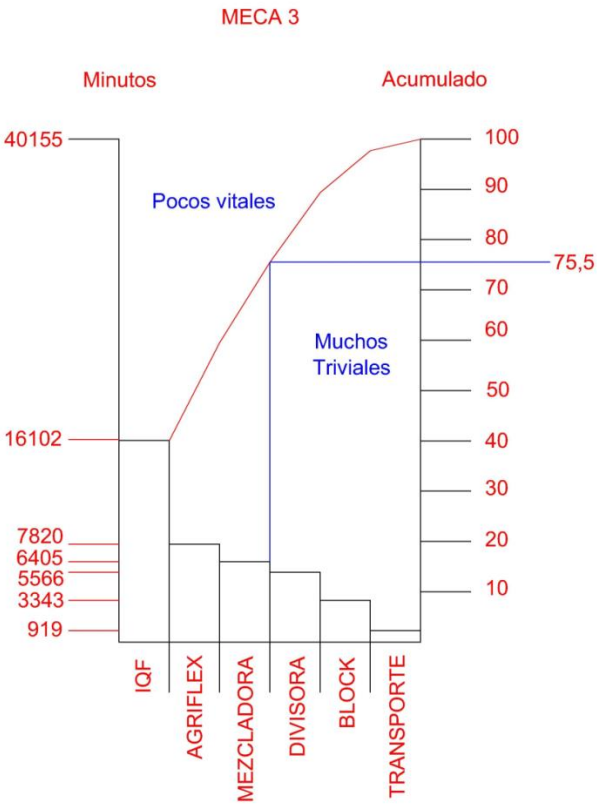


Figura. 7. Diagrama de Pareto Mecatherm 3

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

En el siguiente cuadro 1 se muestran los tiempos promedio mensuales en minutos de toda la línea Mecatherm 3. De acuerdo con los datos, se visualiza que para lograr la meta de un 95% de disponibilidad, es necesario tener un acumulado mensual de 1544 minutos entre todos los equipos, lo cual significa reducir en aproximadamente a la mitad, la cantidad de tiempo que les afecta por paros no programados.

Tabla 1. Tiempo meta para lograr disponibilidad del 95%

	DISPONIBILIDAD [min]	
	90%	95%
Tiempo de producción	30870	30870
T. Muertos Promedio	3346	3346
T. Muertos Meta	3087	1544
Reducción	259	1802

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Seguidamente se analiza cada equipo por separado para determinar su disponibilidad y además, identificar la causa principal e impacto de los fallos reportados.

3.5.2. IQF

El IQF cuenta con un sistema de transporte automatizado de bandejas o latas con producto mediante una serie de torres en las cuales el pan es expuesto a muy bajas temperaturas para lograr su congelamiento en aproximadamente media hora. La cadena de entrada E1-E2 se encarga de introducir las latas al congelador

por medio de un tope que la sostiene y empuja. La lata es montada en las guías, y con un sensor de posición se da la orden para que la cadena elevadora se active e inicie el ascenso y recorrido del producto por congelar. Al llegar al punto superior de la torre, un pistón cambia la posición de la lata a la siguiente torre para iniciar el descenso. Este proceso se realiza 3 veces para cumplir con todo el recorrido. Véase la siguiente figura 8.

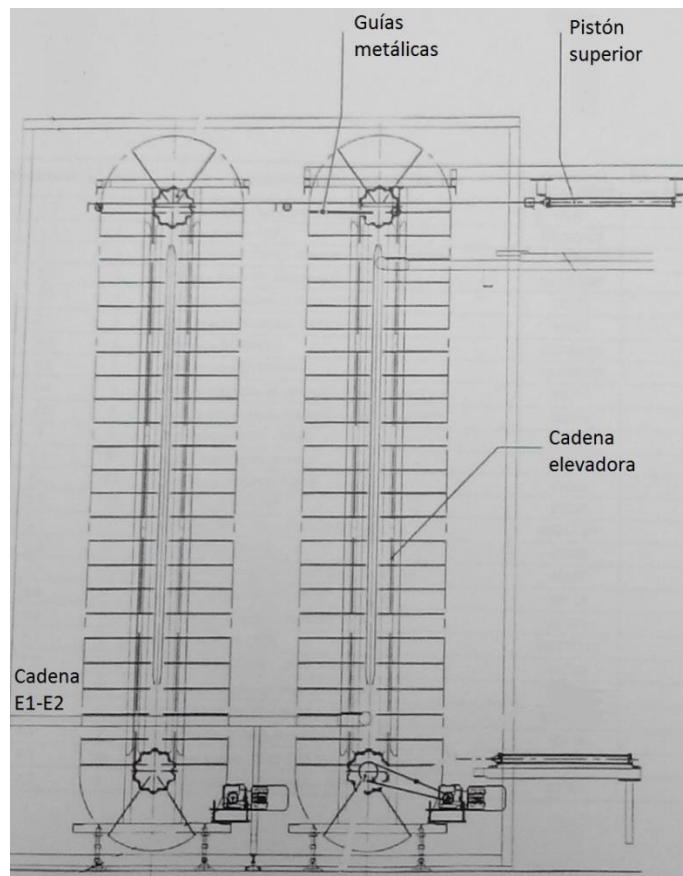


Figura. 8. Esquema del mecanismo del IQF

Fuente: tomado del manual del usuario Mecatherm 3

A continuación, se puede observar que en los primeros meses del año la disponibilidad fue muy alta, rondando el 98%, disminuye considerablemente a

partir de mayo. El promedio mensual total de minutos por causa de tiempos muertos, es de 1342. La siguiente figura 9, ilustra esta información.

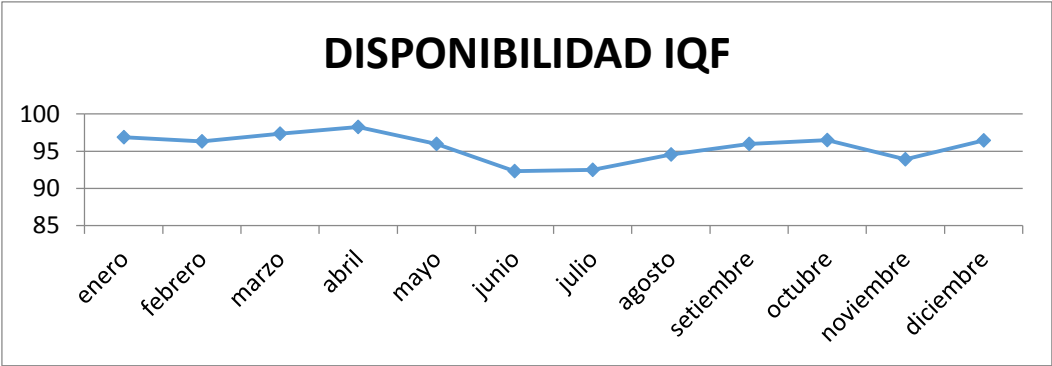


Figura. 9. Disponibilidad del IQF

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Según el registro de fallas, se observa en el siguiente gráfico 10, se determinó que las averías más comunes se reportan con la descripción de “pistón superior” y “cadena E1-E2”, representan prácticamente el 87% de los problemas detectados en el IQF. Estas, según el modelo de 16 grandes pérdidas ya mencionado en el marco teórico, se clasifican como pérdidas por paradas menores y esperas. Lo anterior, porque son relativamente cortas y no requieren cambio de repuestos. Su importancia radica en la frecuencia, aunque sean de un lapso muy corto, su repetición es muy alta, lo cual disminuye considerablemente la disponibilidad del equipo.

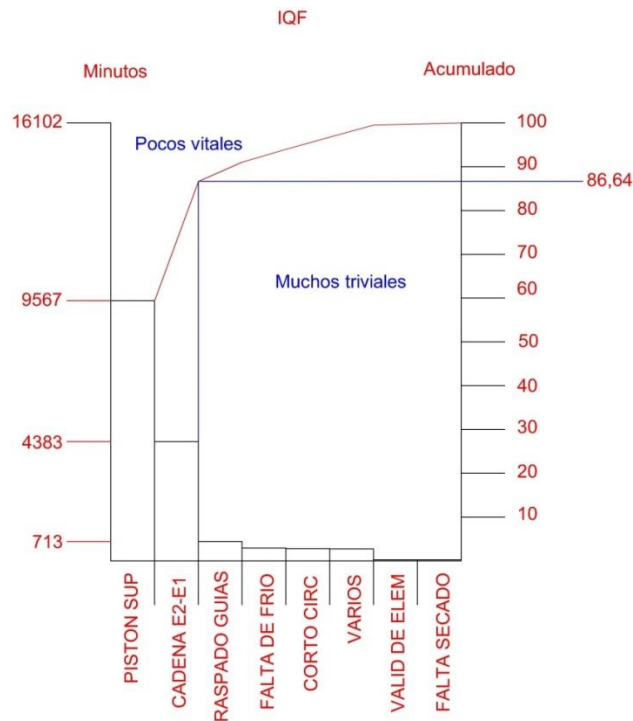


Figura. 10. Diagrama de Pareto IQF

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

Tomando en cuenta la experiencia del personal de mantenimiento y los mismos operarios, se establece como una posible causa de ambos fallos, la acumulación de hielo en las cadenas de entrada y en las guías metálicas. Esto ocasiona que la lata se deslice hacia abajo, fuera de las guías, y trabe el pistón o el mecanismo de ascenso por un mal posicionamiento de la lata; además, genera que las cadenas se congelen deteniendo los motores.

En las siguientes imágenes se logra observar que la acumulación de hielo en los sistemas mecánicos es evidente, más aún en la entrada y en la salida, lo cual se debe a que por la configuración de la línea de producción, es indispensable la existencia de una abertura permanente al aire del exterior, por la

cual ingresa y sale el producto al congelador. Esto se traduce en una infiltración constante de aire húmedo al IQF, donde se genera la condensación del agua en las superficies y debido a las bajas temperaturas, se congela prácticamente de inmediato. Este proceso se ilustra con las figuras 11, 12 y 13.

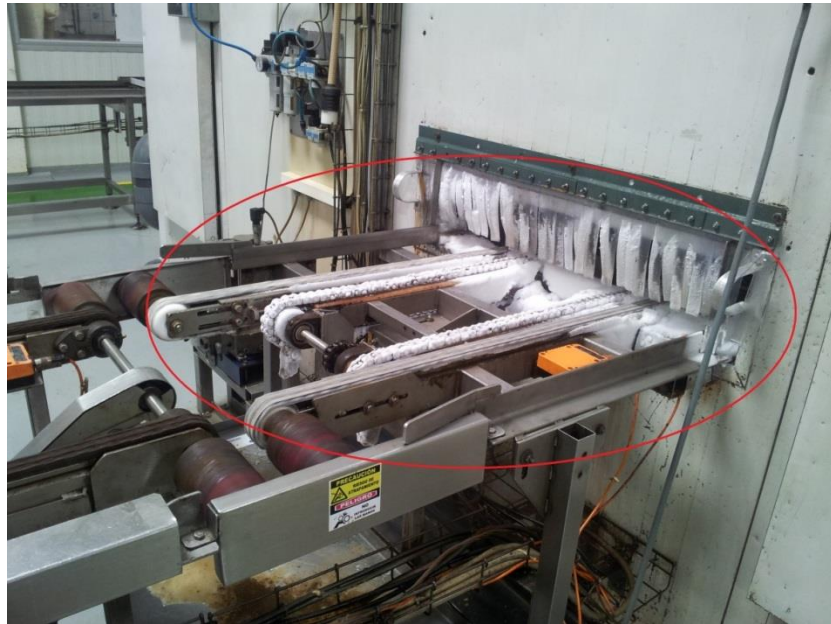


Figura. 11. Cadena de entrada congelada

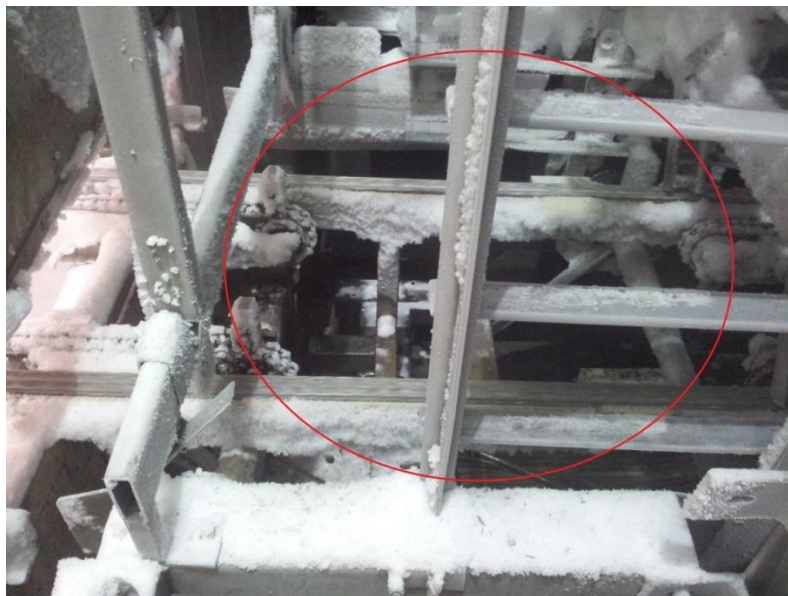


Figura. 12. Guías con hielo acumulado



Figura. 13. Bandeja desmontada de las guías

Según las recomendaciones de funcionamiento del IQF, descritas en el manual del usuario, el congelador debe estar instalado en locales climatizados entre 10 y 15 °C, además de evitar toda fuente de humedad cercana al congelador.

Posteriormente, se realizó un estudio de campo durante 48 horas, desde el inicio del periodo de funcionamiento hasta que se detuvo de manera programada para descarche. Lo anterior, para determinar las condiciones climáticas reales de un ciclo de funcionamiento aleatorio, en las cercanías de la entrada y la salida del congelador. Los resultados obtenidos se aprecian en la siguiente tabla 2:

Tabla 2. Medición de humedad relativa y temperatura

Fecha	Hora	HR	Temperatura [°C]
11/03/2015	10:00 a.m.	68	24,3
11/03/2015	03:00 p.m.	71,1	24
11/03/2015	05:50 p.m.	75,3	22,8
11/03/2015	10:30 p.m.	89,9	19
12/03/2015	01:00 a.m.	91,2	18,9
12/03/2015	06:30 a.m.	75,2	22,3
12/03/2015	02:00 p.m.	71,5	22,4
12/03/2015	08:00 p.m.	78,5	20
13/03/2015	03:30 a.m.	80,5	19
13/03/2015	10:00 a.m.	70,7	21,7
TOTAL		77,19	21,44

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Con la ayuda de un higrómetro (figura 14), se midió la humedad relativa y la temperatura ambiente, este análisis dio como resultado condiciones desfavorables e incongruentes con las recomendadas por el fabricante. Debe aclararse que dicha medición se realizó en verano, por lo cual en la época lluviosa es probable que las condiciones de humedad relativa aumenten y empeoren el panorama.



Figura. 14. Higroscopio para medir humedad relativa

Se comprobó que las condiciones climáticas de Costa Rica son muy variables en un periodo de 48 horas; además, observando el gráfico anterior de disponibilidad del IQF, se puede suponer que un factor muy influyente en la alta cantidad de tiempos muertos ocurridos a mediados del año 2014, pudo haber sido causado en la época lluviosa y debido al aumento en la humedad relativa del aire. Estos datos evidencian la importancia de estabilizar de alguna manera, las condiciones climáticas que afectan directamente al equipo.

Debido a la estructuración actual de la planta y al gran tamaño de la línea, es poco rentable pensar en la climatización total del recinto para igualar las condiciones recomendadas por el fabricante.; aparte de esto, en ese espacio también se encuentran otros equipos como hornos y motores de otras líneas de producción, esto se traduce en gran cantidad de cargas térmicas si se pensara en un diseño a gran escala.

Por otra parte, el alto tránsito de personas y mercancías también es un factor importante de tomar en cuenta, ya que la apertura y cierre de puertas es inevitable.

Por lo anterior, se considera importante estabilizar las condiciones del aire en la entrada y la salida del IQF, mediante 2 pre cámaras, siguiendo las recomendaciones del fabricante, con respecto a la temperatura y humedad relativa; de esta forma, se podría controlar y regular la cantidad de agua que ingresa al congelador por medio del aire caliente y húmedo del ambiente.

3.5.2.1. CALCULO DE VOLUMEN DE AGUA POR INFILTRACIÓN

Mediante el uso de un anemómetro HT-81 (figura 15), se comprobó que en la sección superior de la abertura, el aire ingresa al congelador, y por el contrario, sale en la parte inferior. Se observa claramente que en los diferentes puntos de medición la hélice del instrumento giró en sentidos opuestos. La velocidad aproximada del aire que entra y sale del IQF es de 3,28 pie/seg. (figura 16). Las mediciones se realizaron específicamente en los extremos de cada sección.



Figura. 15. Anemómetro en la salida de aire



Figura. 16. Anemómetro en la entrada de aire (infiltración)

Para determinar el área efectiva de entrada y salida de aire se tomó en cuenta únicamente el espacio que no está cubierto con cortinas Hawaianas, como resultado se obtuvo un total de 1,191 pies cuadrados. La figura 17 ilustra dichos datos

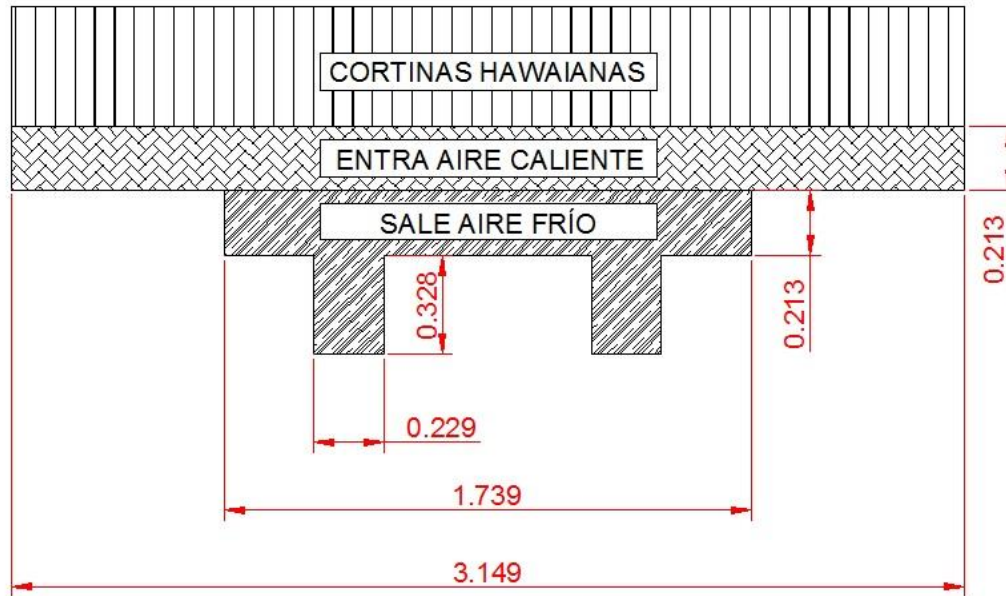


Figura. 17. Plano de la abertura permanente de entrada y salida del IQF

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

Tomando en cuenta que en aberturas de una cámara refrigerada el 50% del volumen de aire que se intercambia es caliente, y el otro 50% frío, y que se tienen 2 secciones de infiltración (entrada y salida), se toma como área total de entrada de aire los 1,191 pies cuadrados calculados anteriormente.

Luego se procedió a calcular el caudal estimado de aire caliente y húmedo que ingresa al IQF, multiplicando el área total de intercambio por la velocidad del viento, el dato resultante es 3,9 pies cúbicos por segundo. Debido a que el periodo de descarche es de 48 horas, se multiplica el caudal obtenido anteriormente por el equivalente en segundos, para obtener el volumen total de aire que entra, el cual es de 673920 pies cúbicos.

Se determinó la densidad aproximada del aire a las condiciones actuales de altitud, tomando como referencia los datos de la estación meteorológica de San

José, reportada a 1172 msnm (tomado de: <http://www.imn.ac.cr/especial/estacion.html>). Con este dato e Interpolando en la tabla A-11I del libro Mecánica de fluidos de Yunus A. Cengel (2012:951), se obtuvo un total de 0,06852 libras masa por pie cúbico, a 3845 pies sobre el nivel del mar.

Con la densidad y el volumen se calculó la masa de aire ingresa cuyo resultado fue de 47177 libras.

Ahora bien, tomando en cuenta los puntos descritos anteriormente, el panorama se deriva en 2 escenarios. El actual, en el cual no se cuenta con ningún mecanismo de control de humedad, y el propuesto, que pretende estabilizar las condiciones de entrada de aire al IQF. Seguidamente se describen ambas condiciones:

Caso 1. Condiciones actuales

Al ingresar a la carta psicométrica, tomada del manual de Carrier Air Conditioning Company (sf:1-116), con una temperatura de 72 °F y un 75% de humedad relativa, se obtiene el dato de 0,0125 libras de humedad por libras de aire seco. Véase línea amarilla del siguiente gráfico 18.



PSYCHROMETRIC CHART
Normal Temperature
I-P Units
SEA LEVEL
 BAROMETRIC PRESSURE: 29.921 in. HG



Dr. Willis Haviland Carrier's "Rational Psychrometric Formulae" presented December 3, 1911 became, and still is, the cornerstone of all fundamental calculations in the air conditioning industry. Understanding Carrier's formulae allows engineers to precisely control both the temperature and humidity of the indoor air that surrounds us daily. The formulae, and the graceful lines they trace on the psychrometric chart, have been translated into most of the world's languages, printed in thousands of textbooks and engineers' handbooks.

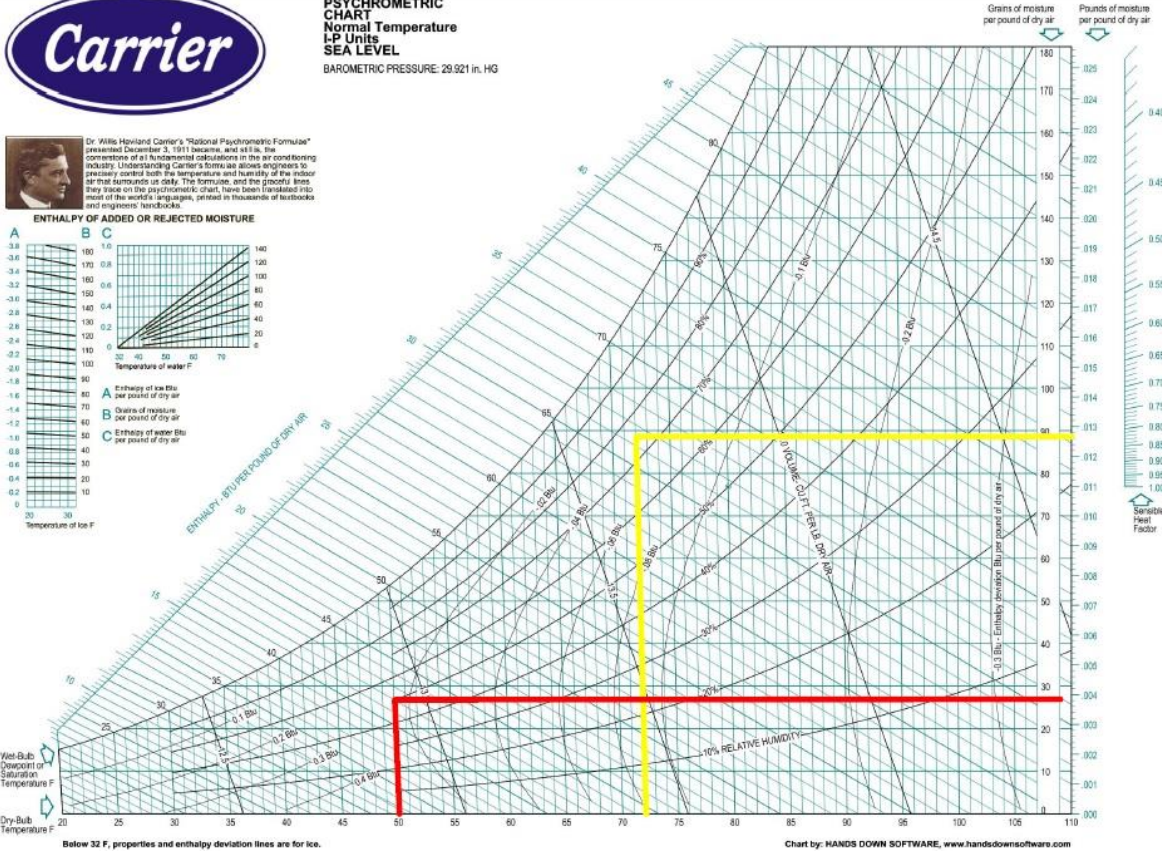
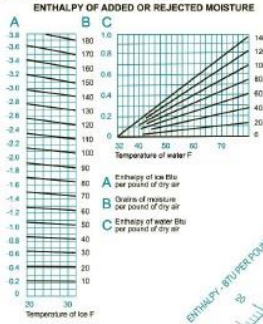


Figura. 18. Carta psicométrica para cálculo de masa de agua por infiltración

Fuente: Tomado de Carrier Air Conditioning Company (sf). "Handbook of Air Conditioning System Design".

McGraw-Hill Book Company. New York, EEUU

Al multiplicar la relación de humedad obtenida anteriormente, por las libras de aire ingresado, se obtiene el valor de 577 libras de agua y si se supone que 1 litro de este líquido es equivalente a 2,2 libras, se determina que en un periodo de 48 horas ingresarían aproximadamente 262 litros de agua por medio del aire húmedo, al entrar en contacto con las superficies heladas se congela y ocasiona los problemas descritos en párrafos anteriores.

Caso 2. Condiciones mejoradas

En el caso 2, representado con la línea roja en el gráfico 18 anterior, se ingresó a la carta psicrométrica en las condiciones recomendadas por el fabricante, las cuales son 50 °F y 50% de humedad relativa. La relación de humedad en tales condiciones es de 0,004 libras de agua por libras de aire seco. Al multiplicar este valor por la masa de aire que es la misma del caso 1, se obtiene un total de 185 libras de agua, equivalente a 84 litros de agua.

Se concluyó que en ambos casos, definitivamente, se deben mejorar y estabilizar las condiciones del aire en la entrada y en la salida; de esta manera, disminuye considerablemente la cantidad de agua que ingresa en el congelador, prácticamente 2/3 menos de la que ingresa actualmente, mediante infiltración de aire húmedo; por ende, disminuye la acumulación de hielo y se evitan los problemas que esto ocasiona.

Por otra parte, de manera aleatoria se eligieron 6 periodos de 48 horas, en diferentes meses para determinar en qué lapso son más frecuentes o se intensifican los paros con la descripción de pistón superior y cadena E1-E2. Es importante recalcar que el estudio se realizó observando la hora del paro reportado y tomando en cuenta solamente periodos que van desde las 6 a.m. de un lunes hasta 48 horas después, para asegurar en cierta manera, la exactitud de los datos, ya que en ocasiones los planes de producción pueden variar afectando horas de inicio y parada del proceso.

De acuerdo con el análisis de la siguiente tabla 3 y gráfico 19, se determina que las últimas 12 horas son las más críticas, debido a que el comportamiento de la curva crece exponencialmente. Esto se puede relacionar con la acumulación de hielo, dado que luego de un periodo de arranque en el cual hay una leve ocurrencia de paros por probables ajustes, luego de mantenimientos en el descarche, se observa una disminución considerable en el siguiente periodo de 12 horas. A partir de las 24 horas se incrementa notoriamente la cantidad de paros, acumulando prácticamente 100 de 132, lo que se refiere a un 75% del total de paradas.

Tabla 3. Cantidad de paros en 48 horas

Periodo [horas]	Paros	Porcentaje
0-12	22	16,67
12-24	11	8,33
24-36	28	21,21
36-48	71	53,79
Total	132	100,00

Elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

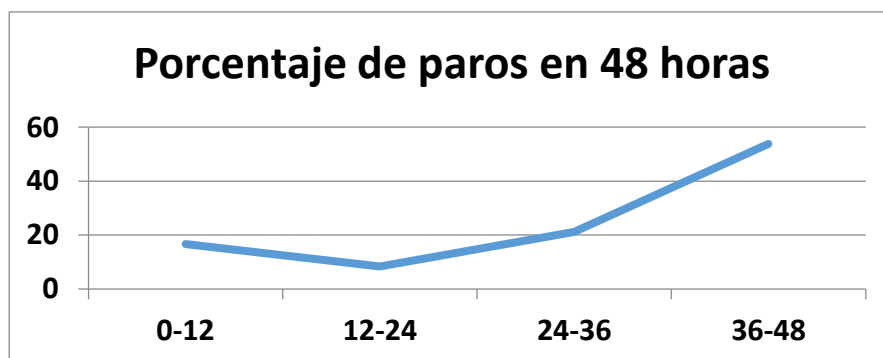


Figura. 19. Porcentaje de paros en 48 horas

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Con esta información se puede deducir que el IQF opera en condiciones normales las primeras 24 horas, desde su arranque, lo cual genera dudas sobre si el intervalo entre cada descarche está bien calculado para las condiciones ambientales de Costa Rica.

En la actualidad se realizan 2 deshielos semanales de 6 horas cada uno en intervalos de 48 horas. Esto elimina aproximadamente 4 horas de preparación que incluyen periodos de puesta a punto de frío, cambios de receta, entre otros, quedan 128 horas para producción por semana. Se puede pensar entonces, en la posibilidad de disminuir los intervalos a 24 horas con 4 descarches de 6 horas por semana, para no operar en la franja crítica de tiempo.

Durante el año 2014 se tuvo un promedio mensual de 1342 minutos de paradas en el IQF lo cual es un aproximado de 5,5 horas por semana. Si se eliminara el 75% de los tiempos muertos, esto significaría una ganancia de 4 horas por semana en tiempo de producción.

La siguiente ecuación 1, permite determinar el tiempo de producción real de la línea.

Ecuación 1. Cálculo de tiempo de producción real

$$TPR = TLP - TD \times N - TP - TM \quad (1)$$

Donde:

TPR = Tiempo de producción real semanal en horas

TLP = Tiempo laboral de producción semanal en horas

TD = Tiempo de descarche en horas

N = Número de descarches por semana

TP = Tiempo de preparativos y puesta a punto en horas

TM = Tiempo muerto semanal en horas

Analizando el panorama anterior de 4 descarches se tiene que:

$$TPR = 144 - 6 \times 4 - 8 - 1,5$$

$$TPR = 110,5$$

Tomando en cuenta la situación actual con el 100% de paros no programados, se tienen 12 horas menos de tiempo real de producción, lo cual significa un total de $\$6\,375\,000$ que dejan de entrar en las arcas de la empresa por semana. Este escenario no es alentador además de que el proceso productivo perdería continuidad a costas de mejorar el tiempo disponible.

En otro caso hipotético en el cual se mantengan 4 descarches para minimizar tiempos muertos, de 3 horas cada uno, se tiene que:

$$TPR = 144 - 3 \times 4 - 8 - 1,5$$

$$TPR = 122,5$$

Se logra observar en la ecuación anterior, que el tiempo productivo real se iguala al actual, por lo cual no se genera ningún beneficio. Efectivamente, se

disminuyen los tiempos muertos, pero también se genera discontinuidad en la producción y un aumento en los tiempos de puesta a punto. Además, es necesario tomar en cuenta las consecuencias de disminuir el tiempo de los deshielos.

En el momento de realizar un descarche, es necesario esperar al menos 2 horas para que el hielo se desprenda de evaporadores y mecanismos, lo cual deja el congelador muy mojado y no apto para su debido mantenimiento. Solamente se estaría asignando 1 hora para trabajos de correctivo y preventivo, tal situación podría acarrear otro tipo de consecuencias graves de disponibilidad. Por otro lado, un problema asociado sería el poco tiempo de secado que tendría el IQF, ya que toda el agua generada permanecería en el interior del equipo en el momento del arranque, esto se convertiría en una fuente de humedad importante.

Ahora bien, toma de nuevo fuerza la idea de estabilizar las condiciones del aire en los alrededores de la entrada y la salida. Los datos anteriores dirigen el estudio a determinar la cantidad de agua ingresada en un periodo de 24 horas en las condiciones actuales, con el fin de obtener el valor óptimo de operación de la máquina, sin las consecuencias provocadas por la acumulación de hielo.

Dicha cantidad se determinó de la misma manera, como en los casos anteriores, mediante la siguiente ecuación 2:

Ecuación 2. Calculo volumen de agua en aire de infiltración

$$l = \frac{Q \times T \times \rho \times w}{2,2} \quad (2)$$

Donde:

l = litros de agua

Q = Caudal de aire en pie^3/seg

T = Periodo de tiempo en segundos

ρ = Densidad del aire en lb/pie^3

w = Relación de humedad en $\frac{\text{libras de humedad}}{\text{libras de aire seco}}$

Entonces se tiene que:

$$l = \frac{3,9 \times 86400 \times 0,06852 \times 0,0125}{2,2}$$

$$l \approx 131$$

Al calcular el mismo valor en condiciones del fabricante, se obtuvieron los siguientes datos:

$$l = \frac{3,9 \times 86400 \times 0,06852 \times 0,004}{2,2}$$

$$l \approx 42$$

Los datos calculados anteriormente establecen la probabilidad de operar el congelador por un periodo de 72 horas eliminando el 75% de los tiempos muertos con solo un descarche por semana. Bajo esta premisa se procedió a calcular el

tiempo real de producción con un solo descarche de 8 horas y tomando en cuenta la reducción de los tiempos muertos en un 75%.

$$TPR = 144 - 8 \times 1 - 2 - 1,5$$

$$TPR = 132,5$$

Según se determinó en párrafos anteriores, actualmente el tiempo de producción ronda las 122,5 horas. Al estabilizar las condiciones del aire, disminuye la cantidad de deshielos y minimiza los tiempos muertos, permite que este ascienda a 132,5 horas, lo que se traduce en un aumento de 10 horas por semana para un total equivalente en dinero de ₡ 5 312 500. Al respecto, es importante tomar en cuenta que el tiempo de descarche se aumentó a 8 horas, lo que favorece el secado del congelador y permite que este sea intervenido por los mecánicos por más tiempo; de esta manera, podrían mejorarse las condiciones de mantenimiento al equipo.

Asimismo, es importante observar que un 25% de los tiempos muertos del IQF significa un total aproximado de 335 minutos al mes, lo cual es una reducción considerable. Recuérdese que la meta de tiempos muertos para lograr el 95% de disponibilidad son 1544, queda un total de 1209 minutos para asignar a los otros equipos, sin afectar la meta esperada.

3.5.2.2. ANTECÁMARAS CLIMATIZADAS

Como se logró determinar mediante los cálculos anteriores, es indispensable climatizar el aire que ingresa al IQF por la abertura permanente de entrada y salida. Para esto se propone la construcción de 2 antecámaras con

equipo de refrigeración que estabilicen las condiciones del aire respecto a humedad relativa y temperatura.

El tamaño de estas antecámaras se analizó desde 2 perspectivas de tamaño; Las pequeñas que cubrirían solo la boca del IQF y el transporte, y las grandes que además de lo anterior, abarcarían la puerta del IQF y permitirían el ingreso de personas a la misma. Si bien es cierto, que a menor tamaño de las estructuras, menor será la inversión monetaria, en este caso no es viable aplicarlo, debido a que una antecámara pequeña significa disminuir la facilidad para realizar mantenimientos al equipo. Además, si por alguna razón ocurriera un desperfecto mecánico que ocasione el atoramiento de una lata en los mecanismos, la zona sería de difícil acceso, posiblemente provocaría paros más largos y situaciones complicadas.

Por otro lado, las antecámaras de mayor tamaño a pesar de tener un costo más elevado, generan los siguientes beneficios:

- Fácil acceso al equipo de refrigeración para su mantenimiento.
- Mayor área de trabajo para realizar mantenimientos al transporte.
- En caso de incidentes (bandejas pegadas en el transporte de entrada o salida) se resolvería el problema de manera ágil y cómoda.
- Al proteger la puerta principal del IQF se evita la infiltración excesiva en caso de aperturas.

Las siguientes imágenes 20,21 y 22 muestran las zonas en las cuales se colocarán las antecámaras para proteger el IQF de infiltraciones.

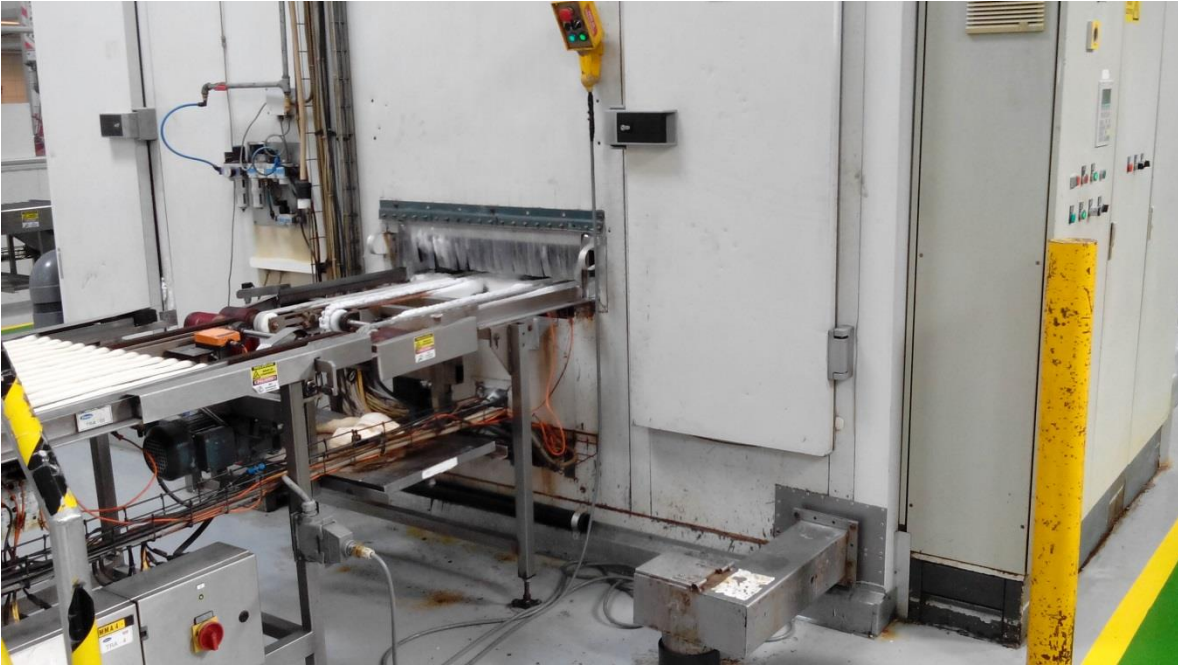


Figura. 20. Entrada del IQF



Figura. 21. Salida del IQF

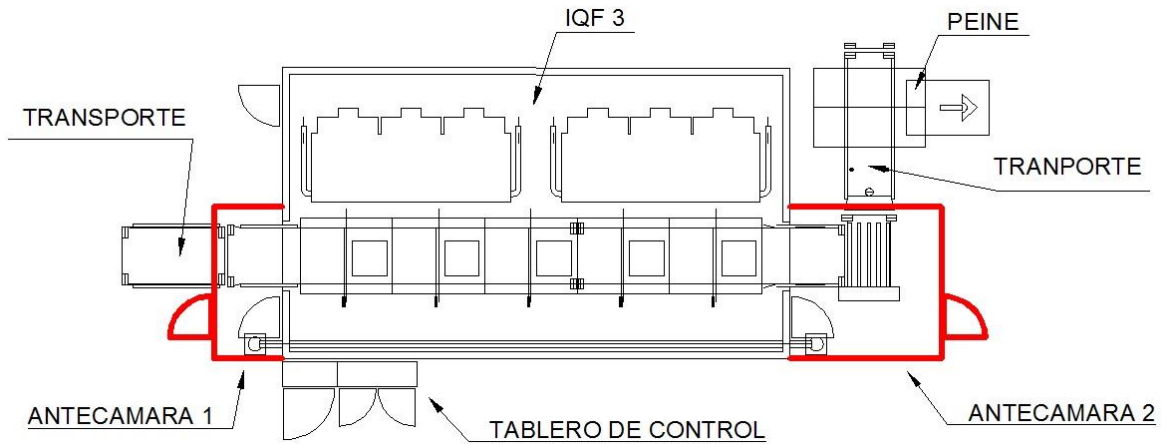


Figura. 22. Plano de colocación de antecámaras

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

Seguidamente se determinó el tamaño de las estructuras según las dimensiones del espacio físico de la planta y además, tomando en cuenta la problemática por solucionar. En las siguientes figuras 23 y 24 se muestra el escenario propuesto (dimensiones en mm).

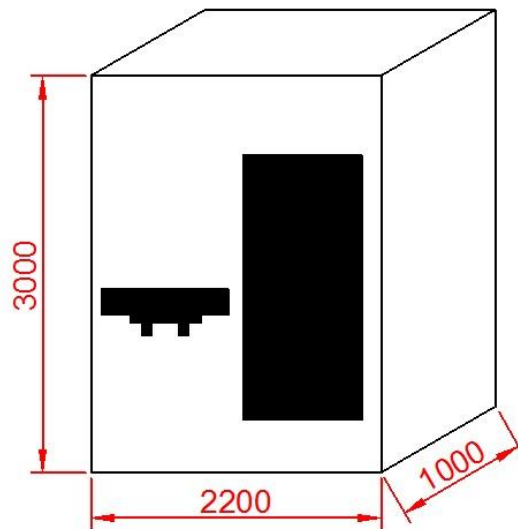


Figura. 23. Antecámara de entrada

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

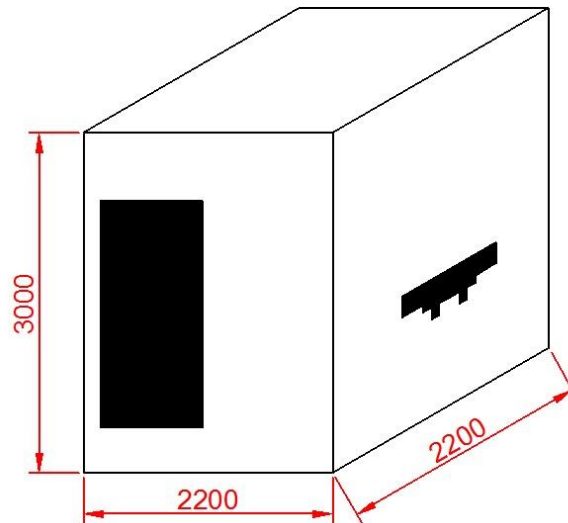


Figura. 24. Antecámara de salida

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

3.5.2.3. CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

Para realizar el cálculo de la carga térmica, necesaria para climatizar las antecámaras, se consultó el Manual de Ingeniería Bohn, específicamente las tablas 1, 4, 6 y 11. Para efectos del estudio, se utilizó el panel térmico de poliuretano de 2,5" de espesor, y las temperaturas de diseño fueron 22 °C (72 °F) en el exterior y 10 °C (50 °F) en el interior. Es importante mencionar que como indica la siguiente tabla extraída del mismo manual, se pretendía estabilizar la humedad relativa con un diferencial de temperatura entre la succión y el interior de la cámara de 20 °F. Para mayor información, consúltese la siguiente tabla 4

Tabla 4. Diferenciales de temperatura para diferentes clases

CLASE	DT	H.R. APROX.	DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES DE LOS PRODUCTOS
1	7° - 9°F	90%	Resulta una cantidad mínima de evaporación de la humedad durante el almacenamiento, incluye vegetales, productos agrícolas, flores, hielo sin empaque y cuartos para enfriar.
2	10° - 12°F	80-85%	Incluye almacenamiento en general y refrigeradores de tiendas de conveniencia, comida y vegetales empacados, frutas y productos similares. Productos que requieren ligeramente menores niveles de humedad relativa que aquellos de la Clase 1.
3	12° - 16°F	65-80%	Incluye cerveza, vino, farmacéuticos, papas y cebollas, frutas de cáscara dura como son melones y en término corto productos empacados. Estos productos requieren sólo humedades relativas moderadas.
4	17° - 22°F	50-65%	Incluye cámaras de preparación y corte, almacenes de cerveza, dulce o almacenaje de películas y diques de carga. Estas aplicaciones necesitan sólo bajas humedades relativas o aquellas que no son afectadas por la humedad.

Fuente: tomado de Frigus Bohn S.A. (2005). "Manual de Ingeniería". Consultado el 15 de abril del 2015. En: <http://www.bohn.com.mx/archivospdf/bct-025-h-eng-1apm-manual-ingenieria.pdf>

3.5.2.4. CARGAS DE CALOR EN PARED

Conociendo las condiciones de diseño, fue necesario interpolar en la siguiente tabla 5, con el fin de obtener los valores exactos del factor de carga de calor aplicable a cada pared.

Tabla 5. Cargas de transmisión de calor en paredes

Tabla 1
Cargas de Transmisión de Calor en Paredes

Aislamiento (Pulg.)					Carga de Trasmisión de Calor (BTU por 24 Hrs. por 1 pie ² de Superficie Exterior)																					
Corcho o Lana Mineral	Fibra de Vidrio o Poliestireno	Uretano Espreado	Uretano Aplicado en el lugar	R	Reducción de temperatura en °F (Temperatura exterior del aire menos Temperatura del cuarto)																					
					K=0.30	K=0.26	K=0.16	K=0.12	1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
					1	2	3	4	5,10	204	230	255	281	306	332	357	383	408	434	459	485	510	536	561	587	612
2	3	4	5	3,40	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408	408	408	408	408	
4	3	2	2	12,6	1,80	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216	216	216	216	
5	4	2	2	16,4	1,44	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	173	173	173	173	
6	5	3	3	19,6	1,20	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	144	144	144	
8	6	4	3	25	0,90	36	41	45	50	54	59	63	68	72	77	81	86	90	95	99	104	108	108	108	108	
10	8	4	4	33	0,72	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86	86	86	86	
10	6	6	6	38,7	0,60	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	72	72	72	
				50	0,48	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	46	48	51	53	55	58	58	58	58	
Ventana de vidrio sencilla				9	27,00	1080	1220	1350	1490	1620	1760	1890	2030	2160	2290	2440	2560	2700	2840	2970	3100	3240	3240	3240	3240	
Ventana de vidrio doble				2,2	11,00	440	500	550	610	660	715	770	825	880	936	990	1050	1100	1160	1210	1270	1320	1320	1320	1320	1320
Ventana de vidrio triple				3,4	7,00	280	320	350	390	420	454	490	525	560	595	630	665	700	740	770	810	840	840	840	840	840
Piso de concreto de 6"				4,8	5,00	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	600	600	600	600

Nota: Los factores "K" de aislamiento arriba indicados [Conductividad Térmica, BTU por (hora) (pie²) (°F por pulg. de espesor)] y factores de ganancias de calor para el corcho y ventanas de vidrio son extraídos y reimpresos con permiso de ASHRAE.

Fuente: tomado de Frigus Bohn S.A. (2005). "Manual de Ingeniería"

Las siguientes tablas 6 y 7 muestran el cálculo total de carga térmica en las paredes de las antecámaras antes mencionadas.

Tabla 6. Carga en paredes antecámara de la entrada

Carga en paredes antecámara de la entrada					
Pared	Largo [pies]	Ancho [pies]	Área [pie ²]	Factor	Total [BTU/24h]
Lateral 1	3,28	9,84	32,2752	31,31	1010,54
Lateral 2	3,28	9,84	32,2752	31,31	1010,54
Fontal	7,22	9,84	71,0448	31,31	2224,41
Techo	3,28	7,22	23,6816	31,31	741,47
Piso	7,22	3,28	23,6816	133	3149,65
Pared IQF	7,22	9,84	71,0448	-57	-4049,55
Total					4087,06

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Tabla 7. Carga en paredes antecámara de la salida

Carga en paredes antecámara de la salida					
Pared	Largo [pies]	Ancho [pies]	Área [pie^2]	Factor	Total [BTU/24h]
Lateral 1	7,22	9,84	71,0448	31,31	2224,41
Lateral 2	7,22	9,84	71,0448	31,31	2224,41
Fontal	7,22	9,84	71,0448	31,31	2224,41
Techo	7,22	7,22	52,1284	31,31	1632,14
Piso	7,22	7,22	52,1284	133	6933,08
Pared IQF	7,22	9,84	71,0448	-57	-4049,55
Total					11188,90

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

Es importante denotar que los valores de carga de la pared del IQF se expresan en términos negativos. Lo anterior, debido a que la temperatura interna del congelador es aproximadamente $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo cual significa que en esta pared, el intercambio de calor disminuirá la temperatura de las antecámaras, en lugar de constituir una carga adicional para el equipo que se desea adquirir.

3.5.2.5. CARGAS POR INFILTRACIÓN

El volumen de las antecámaras se interpola en la tabla 4 del manual de ingeniería Bohn. Además, de la tabla 6, se elige el factor de calor removido más cercano a las condiciones actuales de diseño, según tabla 9.

Tabla 8. Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32 °F debido a la apertura de puertas e infiltración

Tabla 4
Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración

Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

Nota: Para uso pesado multiplicar los valores de arriba por 2.0

Fuente: tomado de Frigus Bohn S.A. (2005). "Manual de Ingeniería"

Tabla 9. Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento

Tabla 6
Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento (BTU por pie³)

Temperatura del cuarto de almacenamiento		Temperatura del aire exterior											
		40°F (4.4°C)		50°F (10°C)		85°F (29.4°C)		90°F (32.2°C)		95°F (35°C)		100°F (37.8°C)	
		Humedad Relativa del Aire Exterior, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	—	—	—	—	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	—	—	—	—	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	—	—	—	—	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	—	—	—	—	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.05
35	1.7	—	—	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

Fuente: tomado de Frigus Bohn S.A. (2005). "Manual de Ingeniería"

Tabla 10. Carga por infiltración

Carga por infiltración						
Antecámara	Volume [pie ³]	Cambios de aire	Calor removido [BTU/pie ³]	Uso pesado	FS	Total [BTU/24h]
Entrada	233	40,04	1,54	2	1,5	43101,46
Salida	513	25,61	1,54	2	1,5	60697,24

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Debido a que las antecámaras poseen una apertura constante al aire exterior por la cual ingresa el producto, se supuso que la aplicación es de uso pesado por lo cual los cambios de aire se multiplicaron por 2. Además, se utilizó un factor de seguridad del 50% para evitar posibles deficiencias en la capacidad del equipo elegido.

3.5.2.6. CARGAS POR MOTORES

En las siguientes tablas 11 y 12 se muestran los BTU por HP por hora de motores utilizados para circulación forzada de aire en evaporadores. Se supondrán evaporadores con 2 abanicos movidos por motores de 1 HP cada uno.

Tabla 11. Calor equivalente de motores eléctricos

Tabla 11
Calor Equivalente de Motores Eléctricos

Motor Hp	BTU por (HP) (HR)		
	Relacionado con la Carga dentro del Espacio Refrigerado ¹	Pérdida del Motor Fuera del Espacio Refrigerado ²	Relacionado con la Carga exterior del Espacio Refrigerado ³
1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
3 a 20	2,950	2,545	400

¹ Para uso cuando la carga y las pérdidas por motores son disipadas dentro del espacio refrigerado: motores que impulsan ventiladores para forzar la circulación de los evaporadores.

Fuente: tomado de Frigus Bohn S.A. (2005). "Manual de Ingeniería"

Tabla 12. Carga por motores

Carga por motores				
HP	# de motores	Calor [BTU por (HP) (H)]	Horas	Total [BTU/24h]
0,07	2	4250	24	6800

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

3.5.2.7. CARGAS POR PRODUCTO, LUMINARIAS Y OCUPACIÓN DE PERSONAS

Debido a que el producto simplemente pasará por las antecámaras a una velocidad relativamente alta, no se tomó en cuenta la carga térmica del mismo. Es importante recordar que la función de las estructuras es climatizar el aire próximo al IQF, no enfriar el producto. Del mismo modo, se despreciará la carga debido a luminarias y a ocupación de personas ya que el diseño y función no contempla que el personal permanezca en el interior del recinto. Por otro lado, se espera que este tipo de situaciones no ocurran con frecuencia, pero esto no exime la posibilidad de algún fallo mecánico que requiera ingresar al lugar.

3.5.2.8. CARGA TOTAL DE COMPRESORES

La siguiente tabla 13, muestra el cálculo de la carga térmica que debe solventar el equipo seleccionado, según los requerimientos antes citados.

Tabla 13. Cálculo de carga térmica total por hora

Cálculo de carga térmica total por hora					
Antecámara	Q paredes	Q infiltración	Q motores	Total [BTU/24h]	Q compresor [BTU/h]
Entrada	4087,06	43101,46	6800	53988,51	3712
Salida	11188,90	60697,24	6800	78686,14	5410

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Es importante recalcar que el presente proyecto no es completamente de diseño, pero aun así, es importante calcular y conocer ciertos datos técnicos para corroborar que las posibles soluciones ofrecidas por el mercado, efectivamente cumplan con los requerimientos actuales de la empresa. Por ello, a las 2 empresas consultadas para solicitar un presupuesto, se les suministró cierta información relacionada con el tamaño de las antecámaras, de esta manera, trabajar ambas partes con los mismos intereses y tratar de solventar la necesidad presentada.

3.5.3. MEZCLADORA

El siguiente gráfico 25 hace referencia a la mezcladora. En el mismo se observa que a partir del mes de mayo la disponibilidad viene decayendo, pero se recupera hasta en el mes de diciembre. Dicho comportamiento hace referencia a lo mencionado anteriormente acerca del cambio y renovación del equipo. A partir de junio se adquirieron 2 máquinas nuevas marca VMI, diseñadas y adaptadas a la distribución física actual de la planta y del proceso.

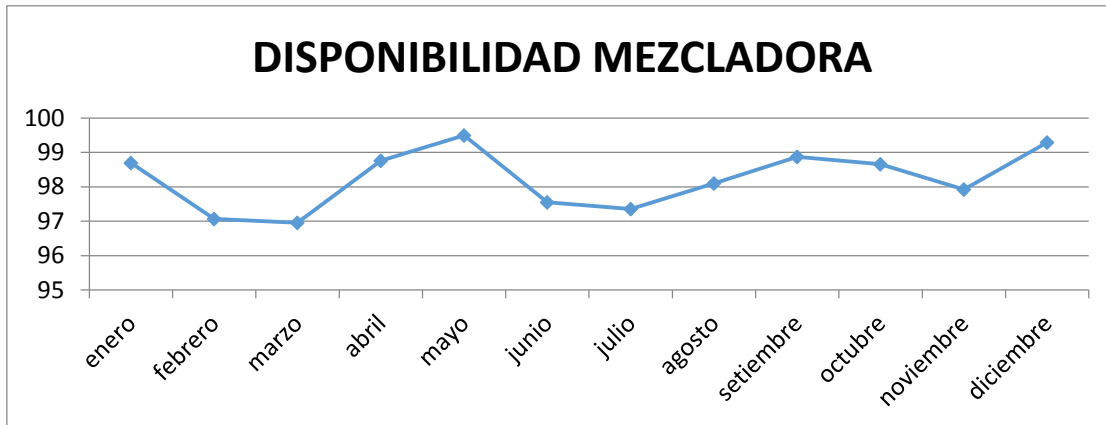


Figura. 25. Disponibilidad de la mezcladora VMI

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Observando las boletas de avisos a mantenimiento, se tiene que la mayoría de tiempos muertos se debieron a ajustes varios de sensores, motores, etc., así como problemas de comunicación entre equipos, defectos en el PLC y cambios de pistón. Estos últimos 3 paros fueron muy prolongados e inesperados por defectos propios del equipo, lo cual definitivamente afectó la disponibilidad del mismo. La mejoría se observa en el mes de diciembre, se espera que el periodo de adaptación concluya para el correcto funcionamiento del equipo, asimismo, estabilizar la disponibilidad de las mezcladoras VMI y por ende, incrementar la producción.

3.5.4. AGRIFLEX

El siguiente gráfico 26 muestra cómo el comportamiento de la disponibilidad de Agriflex es similar al de las mezcladoras VMI, con tendencia a la baja a mediados de año.

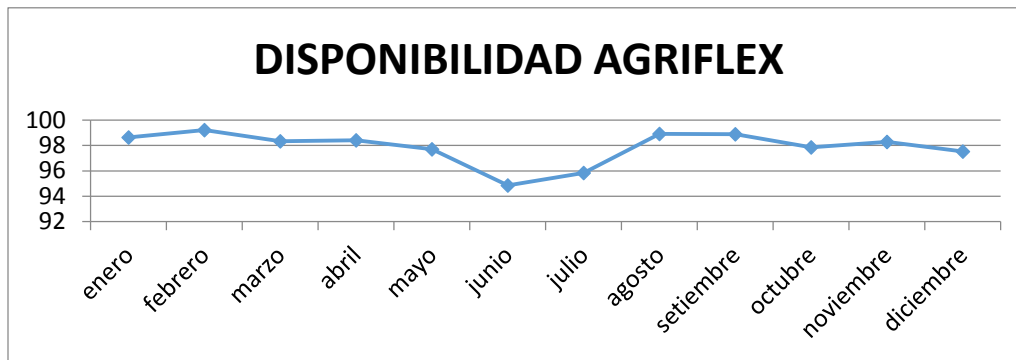


Figura. 26. Disponibilidad de Agriflex

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Las fallas más comunes en agriflex hacen referencia a atascamientos de harina, problemas en dosificación y comunicación entre equipos. Estos problemas están sujetos a muchas variables y la recurrencia de los mismos no es constante en diferentes meses como en otros equipos. Esto hace pensar que son causados por defectos propios de la máquina y de igual manera al caso anterior, debido al proceso de ajustes y adaptación al nuevo entorno de trabajo. Por ello, tanto estas averías como las de VMI, se clasifican como pérdidas por situaciones esporádicas, ya que su ocurrencia no fue periódica y ocasionó el paro total de la línea por defectos propios de las máquinas.

A pesar de que los 2 casos anteriores representan prácticamente el 35% de los tiempos muertos totales del año 2014, no serán objeto de estudio para lograr los objetivos del presente trabajo ya que por la naturaleza, frecuencia y tipo de fallo, estos ya fueron resueltos o dependen de factores externos ajenos al control.

Por otro lado, calculando la cantidad de minutos de tiempos muertos, pero sin tomar en cuenta los picos inferiores de los cuales se ha hablado, se asignó a

cada mes crítico, el promedio en minutos de los demás meses, para determinar así, el impacto de las fallas comunes en la disponibilidad de la línea. Se obtuvo como resultado que Agriflex aporta 471 minutos y la mezcladora 318 mensuales, los cuales sumados al tiempo que podría generar el IQF, si se implementara la solución propuesta, arroja un total de 1144 minutos.

3.5.5. DIVISORA

En las siguientes gráficas 27 y 28, se observa que la disponibilidad es constante, muestra una baja en el mes de abril por causa de ejes quebrados, posiblemente por efecto de desgastes importantes de los mismos, no detectados a tiempo en mantenimientos preventivos.

Por otro lado, al estudiar este equipo se observa la complejidad de sus fallas. La mayoría se deben a problemas relacionados con la lubricación deficiente, lo cual ocasiona que los pistones se traben y al no deslizarse libremente, se genera la variación de peso que tanto afecta la calidad del producto.

Al respecto, se consultó al personal de mantenimiento acerca de las posibles causas de la deficiente lubricación, se encontró que ante la falta de repuestos se trabaja con mangueras inadecuadas para lubricar a alta presión. Además, los bloques de distribución de lubricante son muy antiguos, por lo cual es evidente el desgaste interno de los émbolos y cámaras internas. Asimismo, es importante mencionar que los repuestos de este equipo para lograr una renovación ya están por llegar al país, por lo cual este equipo tampoco se tomará

en cuenta para las mejoras propuestas en el presente trabajo. Esta situación muestra la dificultad que genera la dependencia de compañías extranjeras para conseguir repuestos, ya que generalmente esto implica largos periodos de espera para poner el equipo a funcionar en condiciones óptimas. Por tanto, es necesario mejorar la planificación de compra de este tipo de repuestos.

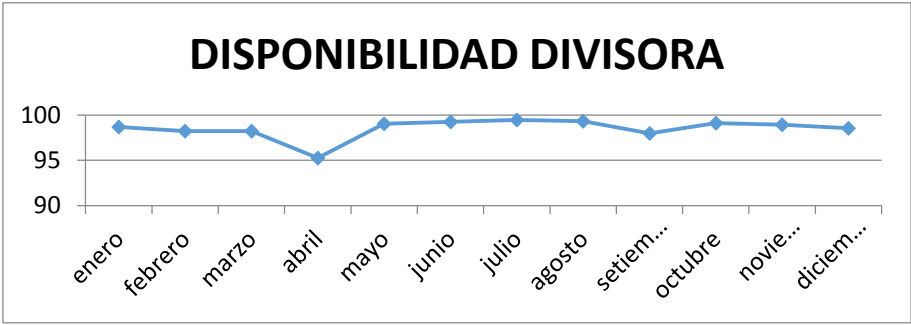


Figura. 27. Disponibilidad de la divisora

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

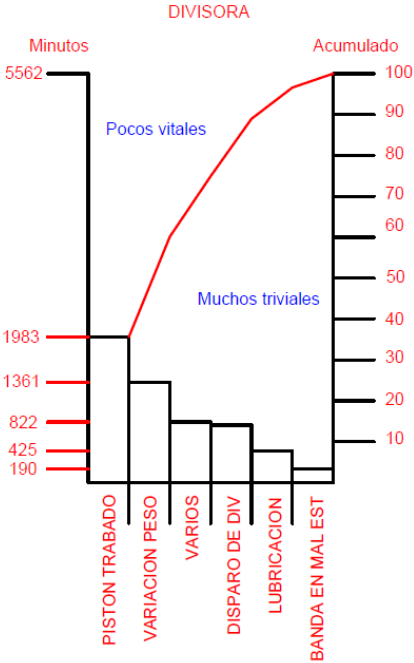


Figura. 28. Diagrama de Pareto de la divisora

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

3.5.6. BLOQUE

Las fallas reportadas en el bloque representan aproximadamente el 9% del total de tiempos muertos de la línea. El comportamiento de la disponibilidad es muy similar a los demás equipos, en los cuales el pico inferior se dio a mediados del año 2014, posiblemente a que tenía la planilla incompleta para esa fecha, esto afectó la calidad de los trabajos de reparación y los tiempos de respuesta del personal. Véase figura 29.

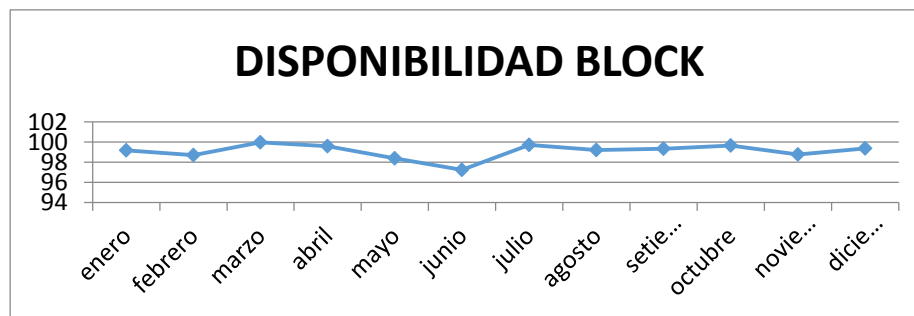


Figura. 29. Disponibilidad del Blockl

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

Como se observa en el gráfico 30 de Pareto, a continuación, las fallas más comunes son los cambios y ajustes de bandas y las ligas de formado reventadas. Estos representan aproximadamente el 72% de los fallos en el bloque, por lo cual es evidente la importancia de analizar e intervenir estos problemas por separado.

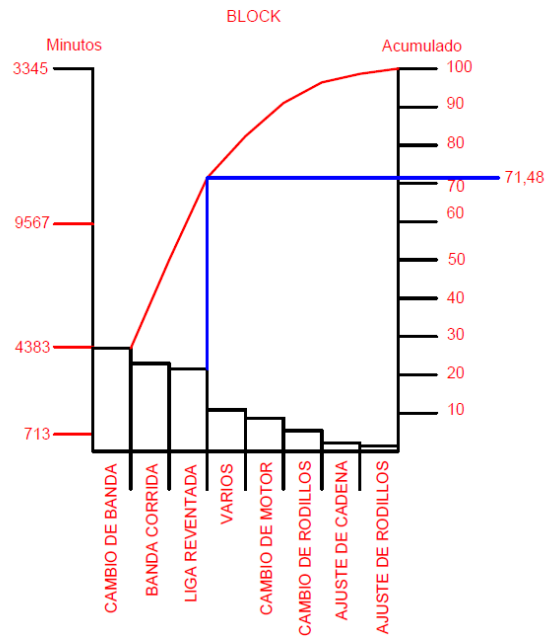


Figura. 30. Diagrama de Pareto del Block

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

3.5.6.1. AJUSTE Y CAMBIO DE BANDAS

Como se mencionó anteriormente, el bloque está compuesto por una serie de bandas, tanto de ascenso y recorrido, como de formado final. El alineamiento de las mismas es vital para lograr la forma correcta de los bollos de pan, ya que estos deben ingresar lo más centrado posible a la banda de formado final para evitar desperfectos de calidad y apariencia. Este panorama lo ilustran las siguientes imágenes 31 y 32 que muestran bandas alineadas y desalineadas.

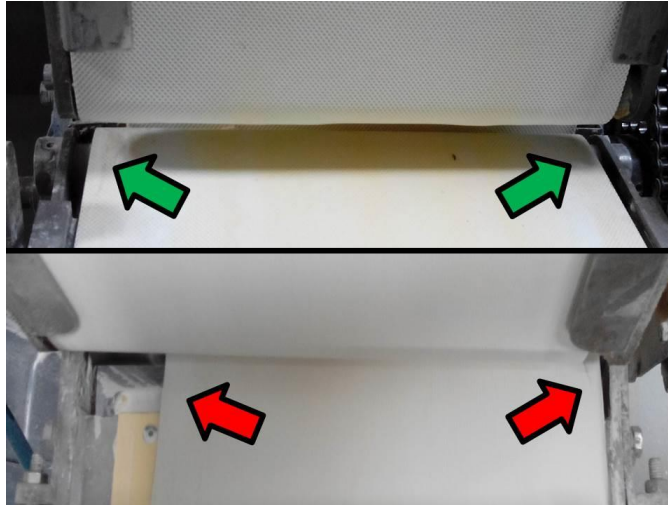


Figura. 31. Banda de divisora desalineada

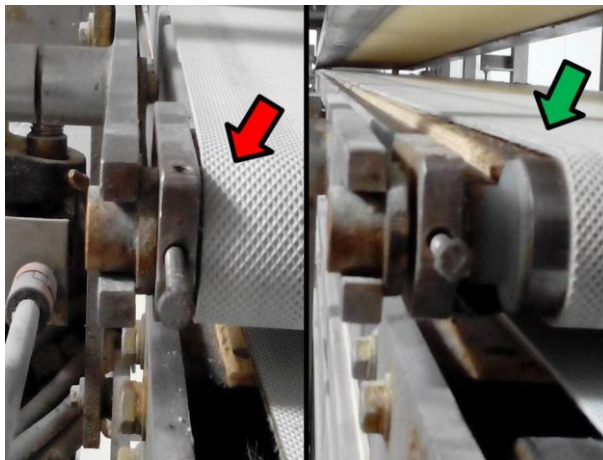


Figura. 32. Banda del Block desalineada

El no alineamiento de las bandas, aparte de ocasionar desperfectos en la forma de los baguettes, causa su deterioro prematuro. Estas chocan con los soportes de los rodillos o las muñoneras lo cual causa que se deshilachen como se observa en la siguiente imagen 33.



Figura. 33. Banda de Block rasgada

Lo más grave sucede cuando el lagarto que cierra la banda se engancha en los lugares ya mencionados; genera la ruptura o falla de la banda en ese lugar, el cual es el punto más débil. La siguiente imagen 34 muestra el procedimiento realizado por el personal de mantenimiento para detener el avance de la ruptura y alargar de cierta manera, la vida útil de la banda.

Este procedimiento debería hacerse de emergencia ya que de esta manera, la banda pierde su estructura y tensión original en los bordes, lo cual la hace propensa a que pierda su alineación o presente complicaciones en el momento de alinearla, además de aumentar las probabilidades de que se reviente durante la producción; en consecuencia, se produce un paro de aproximadamente 1 hora el cual se traduce en ¢ 531 250 menos de producto durante la reparación. Según el

modelo de las 16 grandes pérdidas, estas se consideran averías esporádicas. Véase figura 34.



Figura. 34. Lagarto de banda dañado

Es importante que cada vez que se realice este procedimiento, quede registrado y se le dé seguimiento al estado de la banda, de esta manera, se planearía anticipadamente el cambio de la misma en algún periodo de descarche sin afectar la producción.

De igual manera, es fundamental evitar que las bandas se corran y ocasionen los daños antes expuestos. Con esta intención, se pretende integrar a los operarios en inspecciones rutinarias, permitiéndoles comunicar oportunamente al personal de mantenimiento, el cual deberá acudir de inmediato, a inspeccionar la situación evaluar el caso y decidir el procedimiento por seguir. Dicha inspección se desarrollará a fondo, en un manual de mantenimiento autónomo para Mecatherm 3.

Por otro lado, es importante mencionar que mediante observación se pudo determinar que una de las causas de que las bandas pierdan su alineación es la acumulación de masa en los rodillos. Esto puede ocurrir por varios motivos, desde que se deje pasar masa suave y aguada por el bloque, hasta que se detecte de manera tardía una mala alineación de bandas.

Lo anterior genera que la masa se ubique en las orillas de la banda, por lo que al llegar a los rodillos, cierta cantidad de la misma se acumula entre el rodillo y la banda; en consecuencia, aumenta el diámetro en un solo lado. Esto talla la banda de la misma manera como si se estuviera alineando en un proceso normal, solamente que al no controlarse el ajuste, se desalinea y desencadenan los problemas antes expuestos. Véase figura 35 para ilustrar lo dicho.

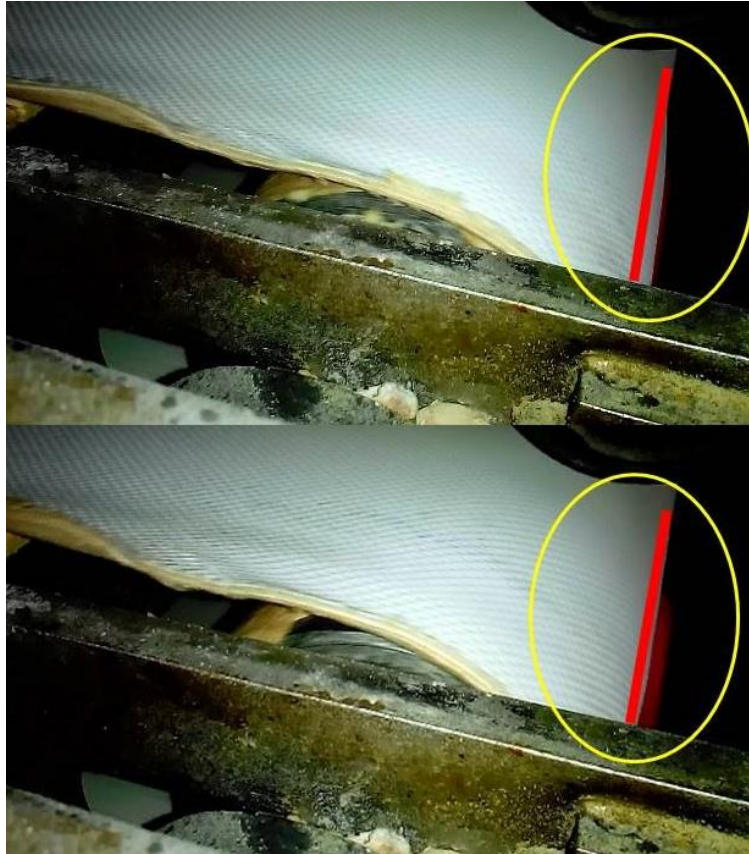


Figura. 35. Masa acumulada en rodillos

En este caso descrito, la participación activa de los operarios en el proceso es fundamental. Permite generar concienciación acerca de las consecuencias catastróficas que puede causar la falta de observación y cuidados al respecto. Se puede aspirar un mayor compromiso en cada turno de trabajo, y de esta forma, integrar un equipo entre producción y mantenimiento, así podría eliminarse prácticamente un 50% de los tiempos muertos del bloque.

Según el manual de usuario del equipo, parte del mantenimiento diario del bloque consiste en:

- Vigilar constantemente si un pedazo de masa cae accidentalmente en una cinta transportadora, ya que debe ser retirado inmediatamente.
- Controlar y rectificar la tensión y la alineación de todas las cintas transportadoras. Si alguna está desviada, produce un deterioro rápido.
- Limpiar y retirar los residuos de masa en la cinta del elevador, en las de reposo y en la de moldeado.

El mantenimiento diario mencionado anteriormente, podría delegarse especialmente a los operarios. Estas labores e inspecciones forman parte del plan de mantenimiento autónomo que se desea incorporar en la empresa. Mediante una hoja de control, el operario será capaz de ubicar las bandas en el espacio físico del equipo, y llenando una simple matriz, podrá llevar registro del alineamiento, estado y limpieza de todas las bandas inspeccionadas, de este modo, dar aviso oportuno al Departamento de Mantenimiento y proceder a intervenir el problema.

La labor de inspección y llenado de la matriz será realizado por cualquiera de los 2 encargados de la mezcla en cada turno. Ambos serán capacitados respecto a las consecuencias que genera un mal funcionamiento del bloque, lo cual afecta directamente la producción y por ende, el índice de kilogramos por hora, rubro importante en la calificación de desempeño realizada a finales de año. Por otro lado, se preparará material visual para explicar a cada grupo el estado correcto e incorrecto de las bandas y se hará hincapié en la importancia de no

pasar por el bloque masas muy suaves ya que el resultado es perjudicial para la producción en general.

La matriz antes mencionada será completada una por cada turno de trabajo y deberá llenarse siempre durante las primeras horas de cada turno; de esta manera, determinar efectivamente en qué momento del día existe mayor vulnerabilidad en este tipo de detalles. Además, es preciso recalcar que durante todo el turno de trabajo, el operario debe estar atento a cualquier problema generado, y es su deber reportarlo y documentarlo oportunamente en los espacios destinados para este fin, en el documento de inspección.

Por otro lado, con la implementación de las inspecciones periódicas diarias, se espera eliminar por completo la posibilidad de que una banda se reviente durante la producción, lo cual significa una reducción aproximada de 139 minutos por mes de paros no programados, por defectos en bandas y alineamientos.

3.5.6.2. LIGA REVENTADA

Las ligas reventadas constituyen el 22% de los paros no programados en el bloque. Estas deben tener un largo uniforme para evitar diferencias de tensión entre una y otra, esto provoca desperfecto en la forma del baguette. Además, si la liga es muy corta, puede ocasionar que esta se reviente prematuramente al ceder la unión soldada.

Mediante un estudio de campo se determinó que existe gran variación entre los tamaños de diferentes ligas, muchas veces de hasta 5 centímetros. Consultando en el manual del usuario y tomando en cuenta la experiencia del

personal, se establece como medida estándar 2020 mm de longitud. Véase figuras 36, 37 y 38. En un pasado se fabricó un tubo para cortar las correas con un mismo largo, al parecer fue utilizado erróneamente lo cual evidenció diferencias considerables. Las siguientes imágenes ilustran lo mencionado tanto en ligas ya instaladas como en nuevas.



Figura. 36. Liga sin tensión

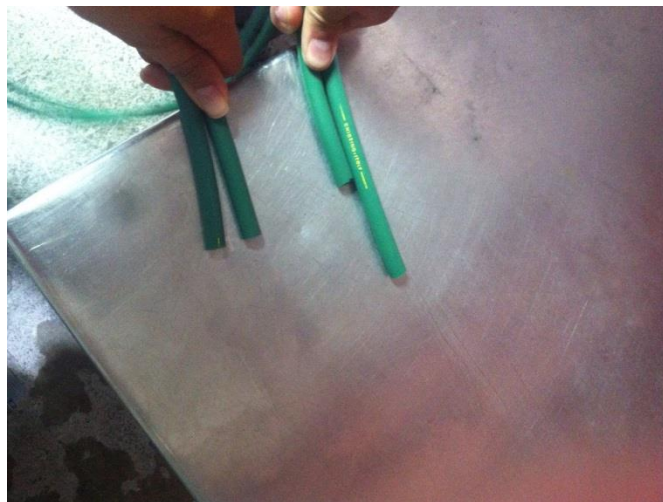


Figura. 37. Desigualdad en longitud de ligas



Figura. 38. Medición de liga con longitud incorrecta

Asimismo, se logró observar la existencia de soldaduras con defectos similares a los mostrados en la siguiente imagen 39, probablemente hechas apresuradamente bajo la presión de que el proceso productivo no puede detenerse por mucho tiempo al repararla, o también porque fueron realizadas por personal con poca experiencia en dicho campo.

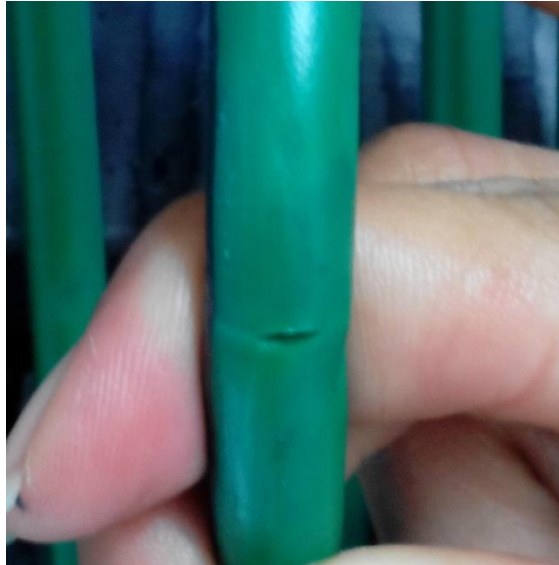


Figura. 39. Soldadura de lida deficiente

Es poco probable que logre determinarse con exactitud la causa raíz de las ligas reventadas durante, el periodo de estudio del presente trabajo, pero puede asegurarse que una tensión excesiva y una deficiente soldadura contribuyen en gran medida al rompimiento de la misma. Por otro lado, es importante mencionar que una liga reventada se ajusta bien al tipo de averías crónicas, ya que generalmente no se le da importancia a estos paros y nada más se espera a que ocurran sin preguntarse el porqué del mismo.

Con el fin de evitar las diferencias de tamaños y los defectos en las uniones, se capacitará al personal de la línea, en la instalación correcta y detallada de las ligas, mediante el diseño de un manual con el procedimiento estándar por seguir. Dicho manual se encuentra en los apéndices del presente trabajo.

De este modo, los operarios se convertirán en expertos en el cambio de ligas, en procura reducir los tiempos de sustitución y mejorando la calidad de los

trabajos. Además, es importante mencionar que durante el año 2014 se invirtió aproximadamente 1 hora al mes en reparaciones de estos defectos por parte del personal de mantenimiento. Con esta herramienta se espera que los mecánicos se enfoquen en labores más complejas que requieran de cierto conocimiento técnico, y a su vez, que los operarios se adueñen de la máquina que manejan creando un sentimiento de pertenencia, esto sin duda ayudará a que se preocupen por su correcto funcionamiento, sin que lo vean como una carga adicional de trabajo.

Si bien es cierto, el cambio de ligas no representa un peso importante en los tiempos muertos de la línea, su intervención permitirá disminuirlos, ya que pretende contribuir a generar un cambio cultural dentro de la empresa, mediante la implementación de labores propias del TPM.

3.5.7. TRANSPORTE

Como se observa en la siguiente figura 40, la disponibilidad del transporte del producto, durante el año 2014 fue relativamente alta, con un total aproximado de 77 minutos por mes en tiempos muertos.

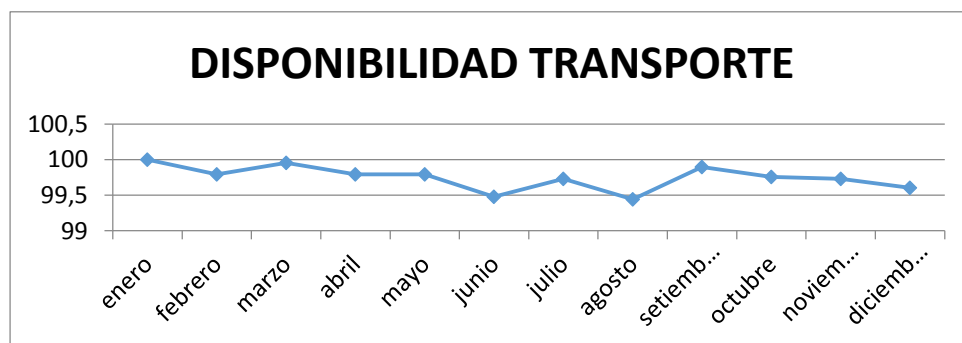


Figura. 40. Disponibilidad del transporte

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

El siguiente gráfico de Pareto 41, establece como las principales causas de paros no programados las latas pegadas en el peine y los ajustes de cadenas, los cuales a su vez consumen aproximadamente 1 hora mensual en tiempo de producción.

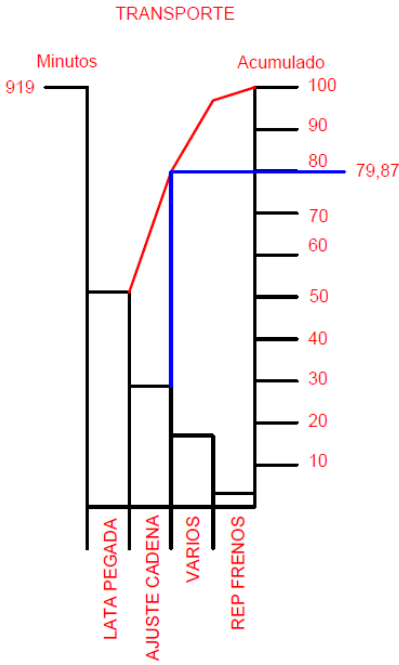


Figura. 41. Diagrama de Pareto del transporte

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

Generalmente, la causa de que el peine no barra bien la bandeja con pan es resultado de la deformación excesiva de la misma, esto provoca que el molde no se deslice libremente por el canal, en consecuencia, se traba la máquina.

Por otro lado, las cadenas sin tensión en los transportes provocan que las latas se desmonten o no se deslicen adecuadamente. Este problema genera atrasos o pegas en el largo recorrido que deben hacer. Ambos fallos se

consideran pérdidas por paradas menores y esperas, igual que en el IQF, son de lapso relativamente pequeño y requieren de una simple acción para solucionar el problema, según sea el caso.

Actualmente, actividades como el ajuste de cadenas y la reparación de latas ya están contempladas en el plan de mantenimiento preventivo actual de la línea Mecatherm 3. Lo realizan mensualmente los mecánicos del departamento.

La siguiente figura 42 muestra la distribución de los diferentes transportes dentro de la línea. En total son 19, los cuales se encuentran debidamente rotulados con la codificación “TRA #” dependiendo de su ubicación.

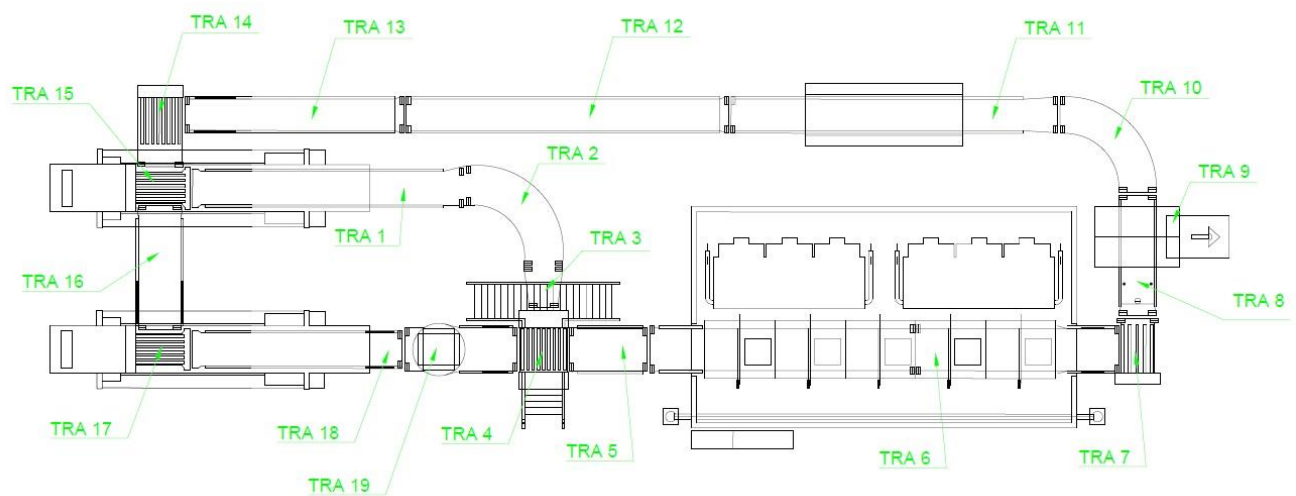


Figura. 42. Distribución de los transportes

Fuente: elaboración propia, AUTOCAD

Según su complejidad y función, cuentan con distintos elementos, entre estos, los siguientes: muñoneras, motores, cadenas y sensores, los cuales requieren mantenimiento constante para operar adecuadamente.

Como se mencionó en párrafos precedentes, el mantenimiento preventivo mensual de estos elementos ya está contemplado en las boletas, donde se establecen las siguientes instrucciones tomadas del manual del usuario y de la experiencia personal de los mecánicos:

- Limpie abanicos y estructuras de los motores.
- Lubrique muñoneras.
- Lubrique cadenas.
- Revise la tensión.
- Revise el buen funcionamiento del sensor.
- Revise el estado de cables y cajas de conexión.
- Revise estado de pistones y bujes.

De acuerdo con esta lista de funciones, se aprecia que las labores de mantenimiento son de poca complejidad, de ahí la importancia de aplicar también mantenimiento autónomo. Las primeras 4 son funciones propias del mismo; además, se estima que actualmente un mecánico invierte 30 minutos realizándolas. Tomando en cuenta que no todos los transportes son de fácil acceso, la sección de mantenimiento, se intervendrá mediante los siguientes parámetros: TRA1, TRA2, TRA3, TRA5, TRA8, TRA10, TRA11, TRA12, TRA13, TRA16 Y TRA18. De esta manera, los operarios realizarán labores de mantenimiento autónomo equivalentes a 5,5 horas mensuales, las cuales podrán ser utilizadas por este personal para realizar actividades más complejas.

Asimismo, es importante mencionar que al alargar los descarches a 8 horas con la implementación de las antecámaras, se estarían adicionando 2 horas más por deshielo, en comparación con el tiempo asignado actualmente, las cuales podrían ser utilizadas por los operarios para este tipo de procedimientos, tomando en cuenta un tiempo mínimo requerido de 5,5 horas mensuales para darle mantenimiento a la zona de transportes.

Por otro lado, como ya se mencionó anteriormente, la reparación de bandejas es realizada por el personal de mantenimiento una vez al mes de manera exhaustiva, dependiendo de los daños ocasionados durante la producción, ocasionada por latas pegadas en las guías del IQF, esta reparación se realiza también esporádicamente a menor escala y sin programación alguna, según los requerimientos en distintos días del mes.

Al implementar el mantenimiento autónomo se espera integrar al operario encargado de empacar el pan en las labores mensuales de enderezar las bandejas. Con esto se pretende desarrollar conciencia de la necesidad de vigilar el estado de las latas y si observara defectos que podrían ocasionar un paro, inmediatamente proceda a retirarla de la línea para ser reparada. Además, el recurso humano colaboraría controlando el buen estado de las bandejas a lo largo del mes, invirtiendo prácticamente 8 horas repartidas en 4 descarches, lo cual es representa el doble de tiempo de lo que actualmente se destina a esta labor.

3.6. IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

La línea Mecatherm 3 cuenta con 3 operarios por turno, de los cuales 2 son mezcladores y 1 es el encargado de empacar el pan congelado al final de la línea. Debido a esta distribución de labores, es conveniente asignar tareas de mantenimiento autónomo acorde con los procedimientos que cada operario realiza. De esta manera, se estaría atendiendo la necesidad de brindar inspección permanente las bandas y simultáneamente, proporcionar mantenimiento al transporte de los productos y a los mezcladores. Es decir, este personal debe estar atento durante todo el proceso de preparación de los melcochones. Dicho requerimiento se logra eficientemente en la medida en que todos conozcan muy bien el funcionamiento de la línea, y puedan ejercer la inspección y reparación de las bandejas.

Es importante recordar que los procedimientos de mantenimiento autónomo mencionados anteriormente son indispensables para el correcto funcionamiento diario de los transportes y los bloques. Además, con este proyecto se espera lograr un cambio cultural dentro de la empresa, con miras a aumentar la disponibilidad de los equipos de la línea, mediante la unión y trabajo en equipo entre el personal de producción y el de mantenimiento.

Como paso inicial para lograr el objetivo propuesto, se preparó una exposición llamada “Evolución del mantenimiento” (ANEXO 1), esta se presentó ante las diferentes gerencias: al de planta, de producción, comercial y al de calidad. Lo anterior con el fin de informar a los altos jefes acerca de las

ventajas empresariales al implementar el proyecto propuesto cuya finalidad es aumentar la disponibilidad del equipo industrial, mediante la aplicación de herramientas ingenieriles. Cabe recalcar que dicha actividad fue todo un éxito ya que logró captar el interés de los asistentes, quienes animadamente plantearon sus preguntas y opinaron respecto al tema, siempre enfocados en la importancia de disminuir los tiempos muertos y fallas que actualmente afectan a Mecatherm 3.

Posteriormente, la misma presentación se les brindó a los jefes de producción, a los encargados de procesos y operarios de la línea, con el fin de lograr una sintonía en el camino por seguir, al implementar el proyecto en cuestión; por otro lado, aclarar ciertos conceptos generales con respecto a la importancia de dar mantenimiento constante a la maquinaria de producción. En esta reunión también se brindó al personal un panorama general del aporte que se espera de ellos. Toda lo descrito se desarrolló en un ambiente de respeto y libertad de participación lo cual permitió escuchar opiniones personales al respecto y comentarios positivos y alentadores.

Por otro lado, basándose en que el éxito de la aplicación de herramientas propias de TPM se sustenta en el acercamiento y apoyo de todo el personal, se organizó una reunión propiamente con los operarios de Mecatherm 3, con quienes se reflexionó acerca de los alcances del proyecto. Asimismo, se conversó con ellos de manera informal inducida, con el fin de determinar si en algún momento de su experiencia laboral en la planta habían realizado labores de mantenimiento distintas a la limpieza de los equipos, por su importancia, se transcribe la respuesta unánime emitida por ellos: “antes nosotros metíamos mano cuando se

hacía una pega de latas”. Esta respuesta indujo a la incógnita de porqué se perdió la costumbre de que los operarios participaran más activamente en el mantenimiento del equipo.

Para despejar esta interrogante, se les consultó porqué creían ellos que esta práctica se había dejado de hacer, la respuesta emitida fue debido a la incidencia de accidentes como atrapamientos en cadenas o en la divisora. Por tal motivo, el Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional tomaron la iniciativa de impedir que los operarios realizaran labores de mantenimiento ajenas a la limpieza del equipo, debido a estos antecedentes, se les delegó totalmente la responsabilidad al Departamento de Mantenimiento.

Con la debida explicación de la propuesta del plan de implementación de mantenimiento autónomo y haciendo referencia a que su éxito depende de la colaboración de todo el equipo de trabajo incluyendo los altos jefes, se les consultó si estarían dispuestos a participar y colaborar en la puesta en práctica y permanencia de dicha propuesta. Al respecto, la respuesta recibida fue afirmativa por parte de los operarios; de esta manera, se cataloga como exitoso este primer acercamiento al equipo de trabajo de producción.

Como se estableció en secciones anteriores, el bloque es el equipo en el cual se puede aplicar con mayor facilidad mantenimiento autónomo y que a su vez, genera una cantidad representativa de minutos en tiempos muertos. Por ello, se decidió iniciar el mantenimiento autónomo con esta máquina. Para esto, se diseñó el formato para inspección de bandas (ANEXO #2) ya mencionado y

además, se generó una presentación denominada “TPM Inspección de bandas” (ANEXO #3). Con la ayuda de estos elementos se brindó capacitación el día 4 de mayo del presente año, bajo la responsabilidad del encargado del presente estudio. Como parte del trabajo se explicó a los 2 operarios mezcladores de cada turno que el objetivo principal de la inspección diaria era eliminar por completo la posibilidad de que una banda se reventara durante horas de producción.

Así mismo, se estableció con imágenes de situaciones correctas e incorrectas los parámetros que deben lograrse al realizar la inspección; se dejó muy claro que no se pretende estar reportando constantemente a mantenimiento algunos movimientos mínimos en bandas, por ejemplo, sino al contrario, se busca detectar y evitar situaciones extremas que puedan desencadenar un problema mayor.

Por otra parte, se debe recordar que el manual de mantenimiento autónomo (ANEXO #4) se diseñará, pero no se pondrá en práctica durante el periodo que establece el presente trabajo debido a limitantes de tiempo. Únicamente se utilizará como corrida de prueba, la inspección de bandas, de la cual más adelante se analizarán resultados de su ejecución.

Es importante establecer reuniones mensuales con los operarios y personas involucradas para dar seguimiento a la implementación del plan de mantenimiento autónomo, con el propósito de escuchar opiniones y valorar las metas alcanzadas, además de realizar análisis para determinar el curso por seguir.

3.6.1. ANÁLISIS DE LA CORRIDA DE PRUEBA

Como se estableció antes, en párrafos precedentes, la corrida de prueba del programa de mantenimiento autónomo se realizó únicamente con la inspección de bandas de los bloques. El anexo #5 muestra una hoja de inspección real, la cual fue llenada por Mauricio Esquivel, operario del turno de la mañana. Se han efectuado observaciones, mientras los operarios realizan la inspección, este trabajo de campo reflejó que el personal está tomando en serio el programa.

Al interactuar con los mezcladores, se reafirma su preocupación por el buen funcionamiento del equipo. Poco a poco se han ido considerando las observaciones planteadas por ellos mismos; por tal razón, y se han cambiando bandas en mal estado, y reparado lagartos dañados. Del mismo modo, al recibir el llamado por radio de que una banda está desalineada, se acude inmediatamente a valorar la situación.

Además de lo anterior, se está trabajando con los mecánicos para que también brinden la importancia requerida al programa. Poco a poco se está creando la cultura de que mantenimiento y producción deben de trabajar juntos en lugar de competir entre sí. Se quiere implantar el pensamiento de “yo lo ayudo pero usted ayúdeme también”, lo cual se demuestra con el interés y la pronta acción que el Departamento de Mantenimiento está tratando de desarrollar.

Es importante mencionar que el programa está teniendo una mayor aceptación en el turno número 1, por lo cual es necesario trabajar con los supervisores del otro grupo.

IV CAPITULO: ANÁLISIS ECONÓMICO

La siguiente tabla muestra el costo de los materiales necesarios para implementar mantenimiento autónomo en las máquinas seleccionadas de Mecatherm 3. Se toma en cuenta el hecho de que será necesario que los operarios cuenten con una caja de herramientas básicas para la realización de las actividades propuestas. Además, es importante recalcar la importancia de que los operarios dispongan de un uniforme que puedan vestir sobre el de producción, con el fin de evitar el deterioro y contaminación del mismo.

Por otro lado, también debe tomarse en cuenta el hecho de que se pretende destinar al mes 8 horas por operario para realizar mantenimiento autónomo, por lo que al ser 3 operarios, se pagarán en total 24 horas de la jornada laboral al realizar TPM. Consúltense tabla 14 para mayor información acerca de los costos.

Tabla 14. Costos de mantenimiento autónomo

Artículo	Cantidad	Costo unitario [C\$]	Total I.V.I. [C\$]
LLAVE COROFIJA C/RATCH SURTEK 8MM	1	4.083,89	4083,89
LLAVE COROFIJA C/RATCH SURTEK 13MM	1	5.717,13	5717,13
BROCHA ARSA PREMIUN PROF 2 ½	2	2.848,50	5697
ENGRASADORA PRESSOL	1	16.247,31	16247,31
JUEGO DESAT PHILLIPS SURTEK AMAR-NEGRO D200E-3PZAS	1	5.782,15	5782,15
MAZO OCTAGONAL C/MANGO SURTEK UT	1	7.783,85	7783,85
CUCHILLA P/CARTON SURTEK	1	3.048,21	3048,21
CINTA METRICA SURTEK CONTRA GOLPES SILVER 3MTS	1	3.079,17	3079,17
CAJA HERRAMIENTA STACK-ON PLAST 41X22X20	1	7.098,04	7098,04
UNIFORME DE MECÁNICO	3	40.000,00	120000
HORAS HOMBRE	24	1.116,66	26799,84
TOTAL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			205336,59

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

A continuación, las tablas 15 y 16 muestran el costo de las antecámaras y del consumo eléctrico suponiendo que el equipo trabajará 16 horas por día. La tarifa se generaliza a la cobrada en hora pico por la CNFL, lo anterior para realizar el cálculo en situaciones extremas.

En cuanto a las antecámaras, se escoge la propuesta brindada por DHD Electromecánica (Anexo #6). A pesar de que la propuesta de RONACA (Anexo #7) es aproximadamente 2 millones de colones más económica, DHD Electromecánica propone un equipo más completo, con un control de humedad adicional para regularla también por medio de resistencias. Igualmente es importante recalcar que el proveedor escogido es más explicativo en torno a las condiciones de diseño y lo que incluye y excluye la propuesta, lo cual da mayor credibilidad y confianza a la oferta.

Tabla 15. Costo energético de funcionamiento de antecámaras

HP motores	# motores	Kwh por día	Kwh por mes	Costo Kwh [¢]	Total [¢]
1,5	1	17,88	536,4	56	30038,4
0,07	3	2,38	71,52	56	4005,12
TOTAL					34043,52

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Tabla 16. Costo total del proyecto

Solución	Costo [\$]	Costo [¢]
Antecámaras	18.235,07	9846938
Electricidad	63,04	34043,52
Mantenimiento autónomo	380,25	205336,59
Total	18.678,37	10086318

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

La siguiente tabla 17 muestra los detalles relacionados con el alcance y ahorro económico, integra la cantidad de minutos esperados al mes en tiempos muertos. Establece la reducción porcentual de paros no programados en las máquinas intervenidas, y se logra suponer que al implementar las medidas expuestas en el presente trabajo se logrará la disponibilidad objetivo del 95% mensual.

Tabla 17. Proyección de tiempos para lograr meta de disponibilidad y ganancias obtenidas

Implementando propuesta	Tiempo [min]	Reducción	Ahorro [Horas]	Aumento [Horas]	Total ganancia 30%
IQF	335	75%	16	24	6375000
Mezcladora	318	0%	0	0	0
Agriflex	471	0%	0	0	0
Block	79	72%	3,3	0	525937,5
Transporte	15	80%	1	0	159375
Divisora	463	0%	0	0	0
Total	1681		¢3.235.312,50	¢3.825.000,00	¢7.060.312,50

Fuente: elaboración propia, MICROSOFT EXCEL

Del mismo modo, se debe tomar en cuenta que la empresa maneja un 30% de ganancia sobre los 125 colones de costo total de producción por baguette mencionados en apartados anteriores. Esto significa que por hora, la empresa

maneja un ingreso libre de aproximadamente ₡ 159.375,00. Dicho esto, es importante observar que al lograr una reducción considerable de minutos en paros no programados, se obtiene un total equivalente a ₡3.235.312,50 en horas de producción de ganancia mensual. Este dato, comparado con el costo total del proyecto, evidencia la viabilidad de la propuesta, ya que en 3,1 meses de trabajo se recuperaría la totalidad de la inversión.

Por otro lado, se lograría una ventaja adicional al implementar solamente un descarche de 8 horas por semana. Con esto, el Departamento de Producción contará con 24 horas más para producir melcochón, lo cual significa un total de ₡3.825.000,00 por mes de ganancia adicional en producto listo para comercializar. Si este fuera el panorama, la inversión del presente proyecto se recuperaría en mes y medio aproximadamente.

En cuanto a la veracidad del análisis establecido anteriormente, es vital recordar que únicamente es una proyección, ya que la producción mensual de melcochón está directamente relacionada con la demanda del producto, y como ya es sabido, el comportamiento no es constante a lo largo del año, podría causar variantes en los números calculados para este análisis.

Aun así, se espera que la implementación de las propuestas genere beneficios considerables al proceso, por el simple hecho de lograr apearse a recomendaciones del fabricante, en torno a la operación básica de las máquinas y al tratar de evitar el deterioro prematuro de los equipos con la ayuda de los operarios.

V CAPITULO: ANALISIS DE RESULTADOS

Al concluir el presente proyecto, se pudo determinar que existen mecanismos o herramientas viables para estabilizar y mejorar la disponibilidad de la línea de producción de pan congelado Mecatherm 3.

En cuanto a los valores de disponibilidad del año 2014, se observa que el pico inferior se da a mediados de año, posiblemente por efecto de la época lluviosa, y además por el hecho de contar con menos personal de mantenimiento en ese momento. Otra causa de este fenómeno, pudo generarse debido a la adquisición de equipo nuevo, el cual pasó por un periodo de acoplamiento y ajustes con las máquinas ya instaladas.

A pesar de las variables mencionadas anteriormente, fue posible alcanzar un máximo de 90% de disponibilidad durante varios meses, dicho resultado evidencia que es posible llegar y mantener esa meta si se sigue un protocolo adecuado de mantenimientos y siguiendo las recomendaciones del fabricante en torno a la operación de los equipos.

Por otra parte, se logró determinar que el equipo IQF es el que presenta las condiciones más críticas en su operación y además refleja mayor cantidad de tiempos muertos al proceso, opera en condiciones no idóneas para explotar su completa capacidad. Seguido, en orden de relevancia, por la mezcladora VMI y Agriflex, los cuales por la naturaleza de las fallas presentadas no se tomaron en

cuenta en el presente estudio, debido a que muchas fallas se debieron al proceso de ajuste por ser equipos nuevos.

Respecto a la divisora, tampoco fue de relevancia su estudio, ya que los principales defectos se solucionarían sustituyendo piezas que en este momento vienen desde Francia hacia Costa Rica. Por último, pero no menos importantes, están los bloques y los transportes, los cuales contribuyen en menor peso a la fluctuación de la disponibilidad de la línea.

Del mismo modo, es importante mencionar que muchas de las fallas presentadas en los bloques, fueron ocasionadas por desalineamiento de bandas y ligas reventadas, lo cual se puede deber a falta de observación y a procedimientos de reparación mal aplicados. En relación con los transportes de los productos, se puede mencionar que la causa raíz de los tiempos muertos es la falta de interés que se le da a este tipo de paros por no ser un equipo crítico. Además, muchas veces el hecho de enderezar bandejas se torna tedioso para el personal.

Por otro lado, mediante el uso de herramientas de TPM, más específicamente mantenimiento autónomo, se estarían eliminando la mayoría de los paros no programados de los bloques y los transportes. Al respecto, se logró determinar que esta herramienta es completamente viable para aplicar en estos equipos y que debido a la naturaleza de las fallas, se espera un resultado positivo al aplicar tanto inspecciones regulares como procedimientos de mantenimiento básicos.

Con respecto al IQF, como se mencionó anteriormente se logró determinar que las condiciones de operación actuales no se ajustan a las recomendadas por el fabricante. Para ello se concluye que la mejor opción para emular estas condiciones, se logra mediante la construcción de 2 antecámaras que controlan y estabilizan la humedad relativa y la temperatura en las entradas y salidas del equipo.

Mediante la implementación de esta propuesta, se comprueba teóricamente la posibilidad de reducir en $2/3$ la cantidad de agua ingresada por infiltración al equipo, en un periodo de 48 horas.

Del mismo modo, la implementación de las antecámaras aumenta el tiempo disponible para producción durante la semana, debido a que limitando el ingreso de humedad al IQF se alarga el tiempo en el cual el equipo puede operar sin los problemas que produce la formación de hielo. Gracias a esto, se estaría eliminando uno de los periodos de deshielo programados y se alarga en 2 horas el restante, a su vez permite aplicar las técnicas de mantenimiento autónomo.

VI CAPÍTULO: CONCLUSIONES

Como resultado del estudio, se llega a las siguientes conclusiones:

- La disponibilidad mensual promedio del año 2014 fue de un 87%, lo cual permite evaluar oportunidades de mejoramiento para el Departamento de Mantenimiento.
- El equipo IQF es el de mayor crisis por sus condiciones de operación y aporta una importante cantidad de tiempos muertos a la línea Mecatherm 3, además, representa aproximadamente el 40% de los paros no programados.
- La causa raíz de los paros no programados, se debe principalmente, por no cumplir con las recomendaciones del fabricante en torno a funcionamiento de los equipos y mantenimiento diario de los mismos, lo cual ocasiona pérdidas por averías y por paradas menores y esperas.
- Mediante la aplicación de una herramienta propia del TPM como el mantenimiento autónomo, es posible disminuir los tiempos muertos de los bloques y de los transportes principalmente.
- Por medio de la construcción de 2 antecámaras refrigeradas en la entrada y salida del IQF, se pueden estabilizar las condiciones del aire infiltrado con solo acatar las recomendaciones del fabricante.

VII CAPITULO: RECOMENDACIONES

Para el presente proyecto se consideran pertinentes las siguientes recomendaciones:

- Diseño de un tren de secado de bandejas
- Establecer y mejorar canales de comunicación entre los Departamentos de Producción y Mantenimiento para lograr soluciones conjuntas a problemas que afectan globalmente a la empresa.
- Mejorar la comunicación entre los supervisores de mantenimiento, con miras a trabajar en equipo en la aplicación de las herramientas de mantenimiento autónomo propuestas.
- Renovar equipos industriales de mayor antigüedad que puedan afectar de manera crítica el proceso productivo.
- Mejorar el plan de mantenimiento preventivo evaluando nuevas tareas e incluyendo equipos que actualmente no se toman en cuenta.
- Mejorar el abastecimiento e inventario de repuestos vitales para evitar atrasos en reparaciones por escases de los mismos.

VIII CAPITULO: BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, José. (2000). “Tratado práctico de refrigeración automática”. 12ª edición. México, editorial Alfaomega grupo editor S.A..
- Carrier Air Conditioning Company (sf).”Handbook of Air Conditioning System Design”. New York, EEUU, editorial McGraw-Hill Book Company.
- Carvajal, Julio. (2014). “TPM. Mantenimiento productivo total. Orientaciones para su implementación”. Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica
- Cuatrecasas, Lluís y Torrell, Francesca. (2010). “TPM en un entorno Lean Management”. España, editorial PROFIT.
- Dossat, Roy (2002). “Principios de refrigeración”. México, editorial Cecsca.
- Frigus Bohn S.A. (2005). “Manual de Ingeniería”. Consultado el 15 de abril del 2015. En: <http://www.bohn.com.mx/archivospdf/bct-025-h-eng-1apm-manual-ingenieria.pdf>
- Pita, E. (2000). “Acondicionamiento de aire. Principios y sistemas”. Mexico, editorial CECSA
- Valverde, Jorge. (sf). “Laboratorio de refrigeración”. Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica
- Whitman, William y Johnson, William. (2002). “Tecnología de refrigeración y aire acondicionado”. España, editorial Ediciones Paraninfo
- Yunus, Cengel y Cimbala, John (2012). “Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones”. 2ª Edición. Mexico, editorial McGraw-Hill

IX CAPITULO: ANEXOS

ANEXO #1: EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Evolución del mantenimiento

Mantenimiento



“Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”

Antes de 1950

Mantenimiento correctivo

- Reparación de averías



1950-1960

Mantenimiento Preventivo

- Busca rentabilidad económica en base a máxima producción.
- Detectar y/o prevenir posibles fallos antes de que sucedan.
- Relación entre eficacia económica y mantenimiento.



1960-1970

Mantenimiento Productivo

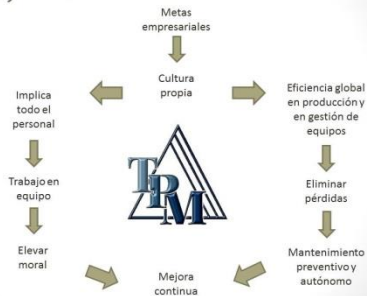
- Incluye mantenimiento preventivo.
- Establecimiento de un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo sin descuidar la fiabilidad y la mantenibilidad.

1970 en adelante

Mantenimiento Productivo Total

- Engloba anteriores
- Mantenimiento Autónomo

Objetivos



Puntos a minimizar

- Costos
- Stock mínimo (cero materiales no procesados)
- Reducción de tiempos muertos y de vacío (pérdidas de mantenimiento)



Puntos a maximizar

- Calidad total (cero defectos)
- Máxima productividad (cero despilfarros)



Filosofía del Mantenimiento Autónomo

- La persona que utiliza un equipo es la más calificada para ocuparse de su buen funcionamiento, inspección y medidas preventivas a su alcance en función del entrenamiento que haya recibido. El operario estará más motivado, puede añadir valor al proceso operativo, reduciendo costes y tiempo de mantenimiento correctivo.



TPM Garantiza excelentes resultados en

- Productividad de los equipos.
- Mejoras corporativas.
- Preparación del personal.
- Transformación del puesto de trabajo.
- Mejora de la comunicación interna.

Productividad de los equipos

- Cero averías, defectos y accidentes.
- Aumento en productividad y calidad, reduce costos y mejora beneficios.



Mejoras corporativas

- Pretende desarrollar tanto a la empresa como a las personas.



Preparación del personal

- Invertir esfuerzos en elevar los conocimientos y habilidades de los trabajadores para que sean capaces de mantener y mejorar el equipo del cual están a cargo.



Transformación del puesto de trabajo



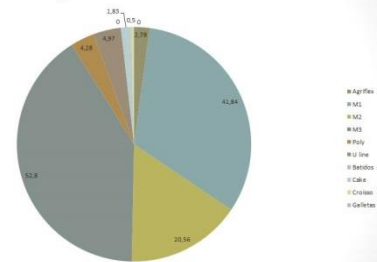
Mejora de la comunicación interna

- Utiliza métricas e indicadores que al exponerlos en el área de trabajo permiten abordar los problemas.

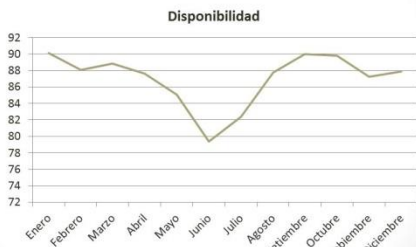


Implementación de TPM en Premezclas Industriales para Panadería S.A.

Tiempos muertos diciembre



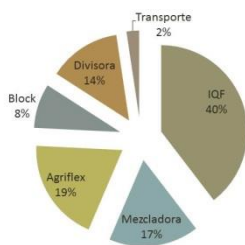
Disponibilidad MECA 3



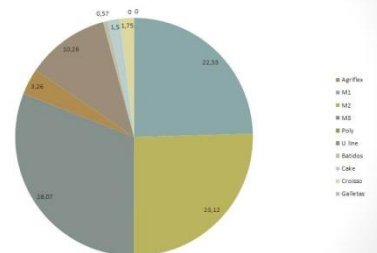
Metas

	DISPONIBILIDAD	
	90%	95%
Promedio T. Producción	515	515
T. Muertos Promedio	57	57
T. Muertos Meta	51	26
Reducción Ahorro Producción	6	31
	€3 187 500	€16 468 750

Tiempo muerto anual MECA 3



Tiempos muertos enero



Disponibilidad enero

Línea	ene-15			Disponibilidad
	Tiempos muertos (H)	Tiempo producción (H)	%	
Agriflex	0	104,2	0,00%	100
M1	22,33	464,95	4,80%	95,20
M2	23,12	439,23	5,26%	94,74
M3	28,07	488,28	5,75%	94,25
Poly	3,26	154,93	2,10%	97,90
U line	10,26	201,5	5,09%	94,91
Batidos	0,57	80,49	0,71%	99,29
Cake	1,5	126,75	1,18%	98,82
Croisso	1,75	81,17	2,16%	97,84
Galletas	0	117,08	0,00%	100
Total	90,86	2258,58	4,02%	

Etapas del proyecto

- Determinar criticidad de equipos en la línea de producción MECA 3
- Determinar la eficiencia de los equipos mediante el cálculo de índices de mantenimiento
- Analizar cuál es la causa raíz de los paros no programados de la línea MECA 3
- Diseñar modelos y estrategias de mantenimiento según las necesidades específicas de cada equipo para aumentar o mantener la disponibilidad entre 90% y 95% disminuyendo tiempos muertos.
- Diseñar manuales de mantenimiento autónomo para operarios.

“El mantenimiento adecuado es el éxito en su empresa”

ANEXO #2: FORMATO PARA INSPECCIÓN DE BANDAS

INSPECCIÓN DE BLOQUES MECA 3
#####

ESQUEMA DE BANDAS DEL BLOQUE

Imagen	Estado	# BLOQUE	NÚMERO DE BANDA														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
	Alineamiento correcto = ✓	1															
	Alineamiento incorrecto = X	2															
	Rodillo limpio = ✓	1															
	Rodillo con masa pegada = X	2															
	Pega en buen estado = ✓	1															
	Pega en mal estado = X	2															
OBSERVACIONES GENERALES		1															
		2															
SUCEOS IMPREVISTOS DURANTE EL TURNO (SEA LO MAS CLARO POSIBLE)																	
Inspección realizada por:								Hora Fecha		Turno #							
Hora de reporte a mantenimiento en caso de signos X		Recibido de mantenimiento:															

ANEXO #3: TPM INSPECCIÓN DE BANDAS

TPM

INSPECCIÓN DE BANDAS

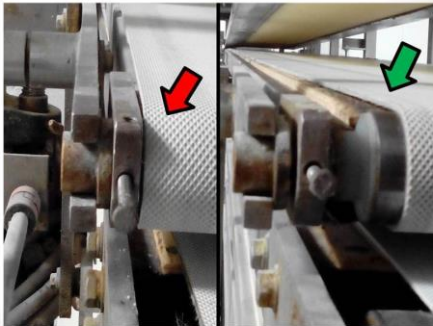
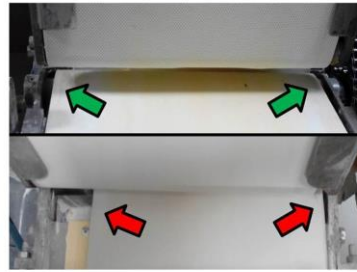
OBJETIVO PRINCIPAL

ELIMINAR POR COMPLETO PAROS NO PROGRAMADOS DURANTE LA PRODUCCIÓN

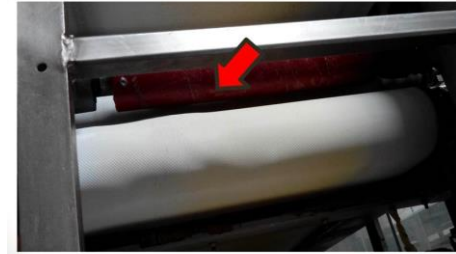
QUE DEBE DE OBSERVAR?

- Alineamiento
- Rodillos
- Lagartos o pegas
- Funcionamiento en general

Alineamiento



Rodillos



Lagartos



Funcionamiento general

- Ruidos extraños
- Piezas sueltas
- Tornillos flojos
- Anomalías mecánicas

COMO DETECTAR PROBLEMAS?

INSPECCIÓN CONSTANTE

HOJA DE REGISTRO

- Realice inspección general durante las primeras horas de su turno.
- Si hay un descarce, realice la inspección al comienzo del mismo.
- Tómese su tiempo sin que afecte su productividad.

IMPORTANTE

Aunque ya haya hecho la inspección, permanezca atento a cualquier anomalía y anótela. Sea lo más específico que pueda y utilice el reverso de la hoja si fuera necesario.

“Toda la información que anote se tomará en cuenta y será de mucha utilidad”

PARA QUE HACER ESTO?



- Reducir tiempos muertos
- Mejorar la productividad
- Alcanzar metas más fácilmente
 - Salir de la rutina
- Desarrollar criterio técnico
- Aprender cosas nuevas



KG/H

MUCHAS GRACIAS

ANEXO #4: MANUAL DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO



Índice

Equipo de protección.....	3
Esquema de transportes.....	5
Ajuste de cadenas.....	7
Lubricación de muñoneras.....	11
Limpieza de motores.....	13
Lubricación de cadenas.....	15
Inspección de frenos.....	18
Enderezado de bandejas.....	19
Cambio de ligas.....	23



Gafas de seguridad



Guantes de tela



Traje de mecánico

EQUIPO DE PROTECCIÓN

- Utilice en todo momento el equipo de protección suministrado.
- En caso de que sus manos se ensucien con grasa, utilice crema anti grasa suministrada por el personal del taller mecánico.
- Lávese las manos al terminar cualquier labor de mantenimiento.
- El cambio de ligas no requiere el uso de este equipo.

3

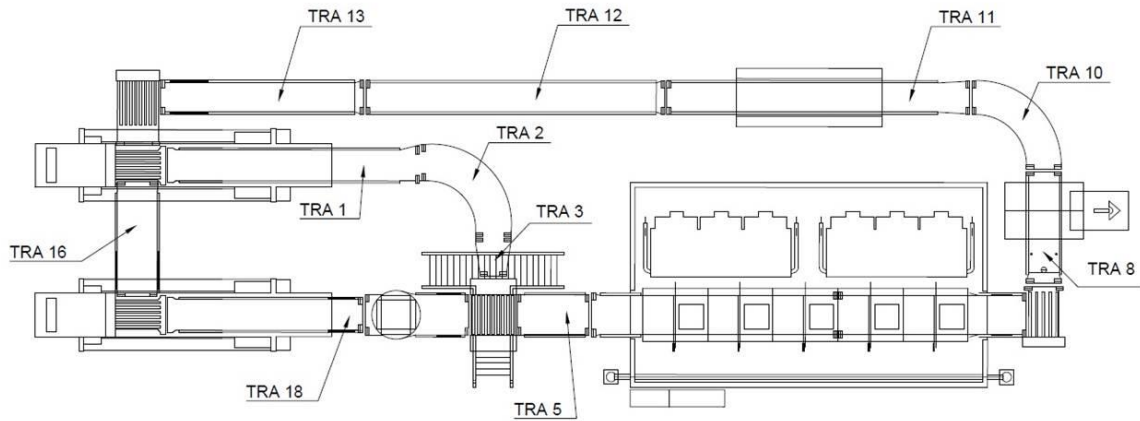


“IMPORTANTE”

Antes de realizar cualquier trabajo en los transportes, asegúrese de apagar el interruptor de la maleta y colocar los bloqueos.

4

ESQUEMA DE TRANSPORTES



5

INVENTARIO DE PARTES DE TRANSPORTES

TRANSPORTE	MUÑONERAS	CADENAS	MOTOR	FRENOS
1	2	2	1	4
2	10	2	1	0
3	2	2	1	0
5	2	2	1	2
8	2	2	1	0
10	10	2	1	0
11	2	2	1	0
12	2	2	1	0
13	2	2	1	2
16	2	2	1	2
18	2	2	1	4

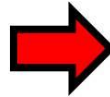
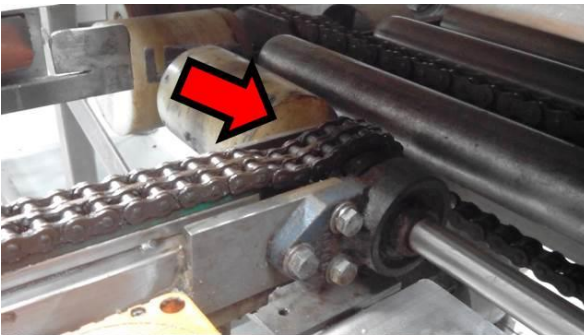
6

AJUSTE DE CADENAS

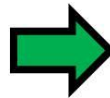
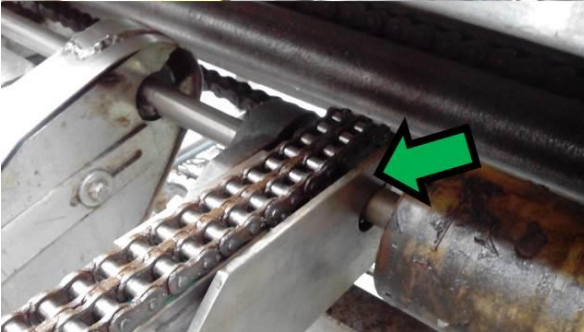
Herramienta:
- Llave 13 mm



7

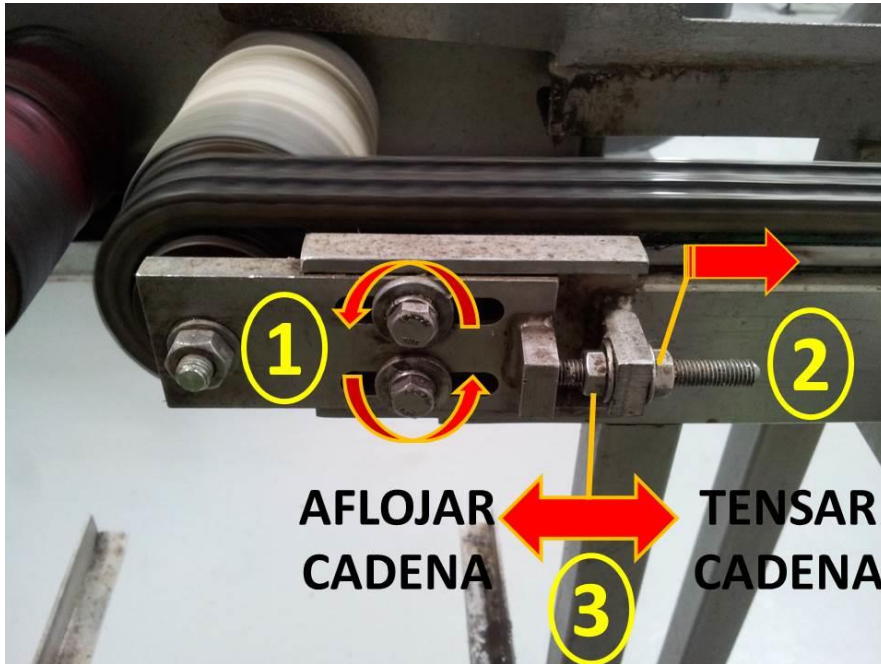


Una cadena sin tensión se hunde antes de llegar al engrane y provoca que la lata se quede pegada.



Una cadena con la tensión correcta se observa recta y sin deformaciones.

8

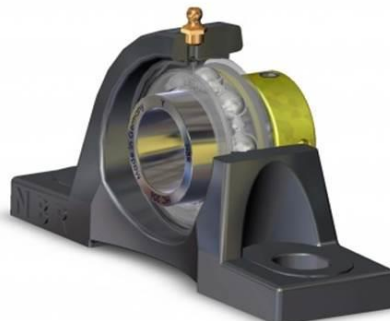


1. Afloje los 2 tornillos que aseguran el tensor.
2. Afloje la contratuerca.
3. Ajuste la cadena según lo necesite.
4. Soque la contratuerca del punto 2.
5. Soque los 2 tornillos del punto 1.

NOTAS

- No siempre es necesario realizar el ajuste de cadenas, analice la situación.
- No ajuste excesivamente la cadena, déjela holgada pero sin deformaciones.
- En caso de que el tensor no permita más ajuste, solicite a mantenimiento que corte la cadena.

LUBRICACIÓN DE MUÑONERAS



Herramienta:
- Engrasador

11

Dependiendo del transporte puede encontrar diferente número de muñoneras.



- 1- Localice el "alemite".
- 2- Coloque la boquilla del engrasador en el "alemite".



- 3- Presione la boquilla sobre el "alemite" y bombee grasa suficiente.
- 4- Limpie el exceso.

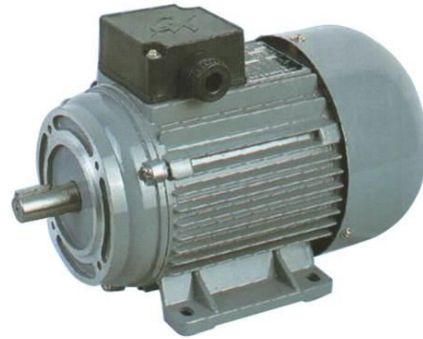
12



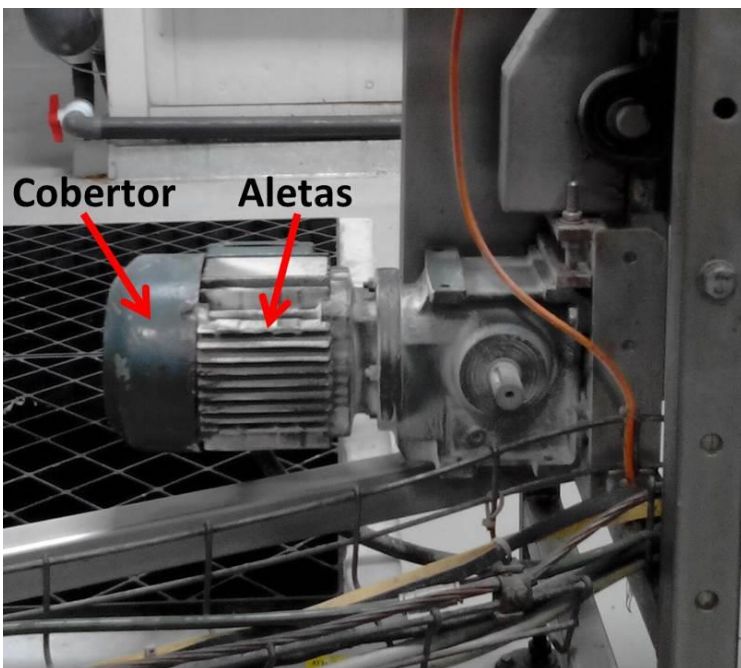
LIMPIEZA DE MOTORES

Herramienta:

- Aire comprimido
- Brocha
- Llave 8 mm
- Destornillador Philips



13



1. Localice el motor.
2. Desmonte el cobertor del abanico.
3. Limpie con aire comprimido y con la brocha la harina del abanico y de las aletas.
4. Coloque nuevamente el cobertor.

14

LUBRICACIÓN DE CADENAS



Herramienta:

- Brocha
- Aceite sintético L-1468FG



15



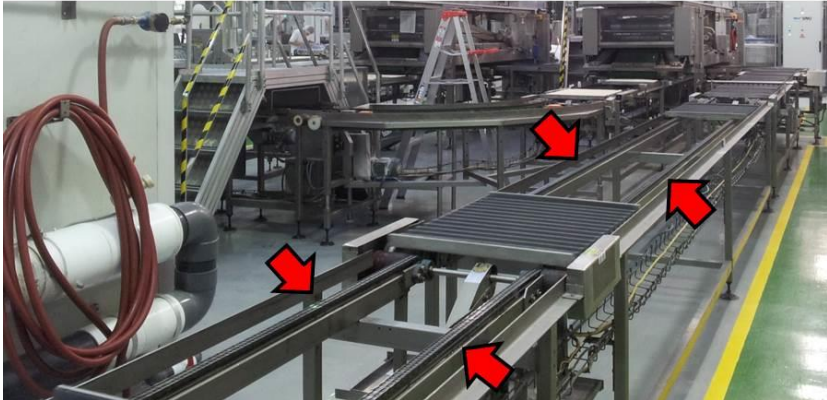
“PRECAUCIÓN”

Para realizar este procedimiento debe de encender el equipo. Existe riesgo de atrapamiento.



16

1. Ponga en marcha el transporte.
2. Con ayuda de la brocha ponga pequeñas cantidades de lubricante sobre la cadena.
3. Asegúrese que solo la brocha toque la cadena en movimiento.
4. No introduzca las manos, puede quedar atrapado.

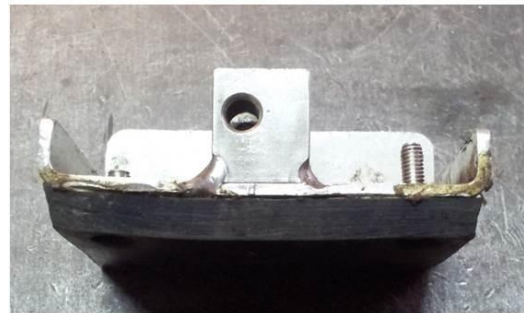


NOTA:

- Lubrique en puntos alejados de los engranes.
- No derrame producto en exceso (límpielo).

17

INSPECCIÓN DE FRENOS



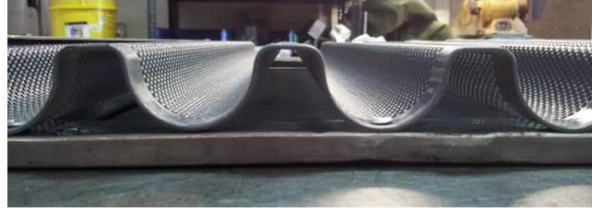
Verifique el estado de los frenos en los transportes que los tienen y repórtelo en la hoja de mantenimiento autónomo.

18

ENDEREZADO DE BANDEJAS

Herramienta:

- Mesa con canales
- Nylon para formado
- Mazo de bola



19



“PRECAUCIÓN”

El marco bajará automáticamente unos segundos después luego de desconectar la mesa con canales de la toma de aire. Espere a que el marco esté en posición baja para mover la mesa.



20



1. Coloque el nylon cilíndrico sobre un canal y golpee fuertemente con el mazo para enderezar el marco y hacer la forma requerida.

2. Conecte la mesa con canales a la tubería de aire comprimido y accione el pistón para subir el marco.



3. Coloque la bandeja boca abajo sobre el molde y céntrelos lo mas que pueda debajo del marco.

4. Accione el control de bajada con cuidado de no introducir nada entre el marco y la bandeja. Si el marco no calza, térmelo de centrar con el mazo aplicando pequeños golpes.

5. Con el nylon de crestas y el mazo termine de formar los canales.



CAMBIO DE LIGAS

Herramienta:

- Pinza de guiado
- Cautín
- Cúter
- Cinta métrica



23



‘PRECAUCIÓN’

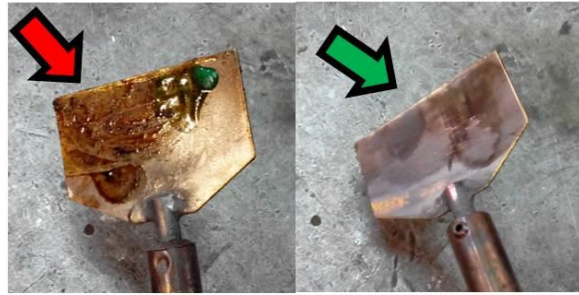


Existe riesgo de sufrir quemaduras, cortes o atrapamientos durante este procedimiento. Sea cauteloso.



24

1. Verificar que el cautín esté limpio. De lo contrario solicite su limpieza a mantenimiento. Conéctelo al tomacorriente y espere aproximadamente 10 minutos.



2. Abra la cubierta de seguridad y cerciórese de que el equipo se detiene. De no ser así comuníquelo a mantenimiento antes de proseguir.



25

3. Empujar suavemente la polea hacia atrás y retirarla con cuidado de no dejar caer su eje.

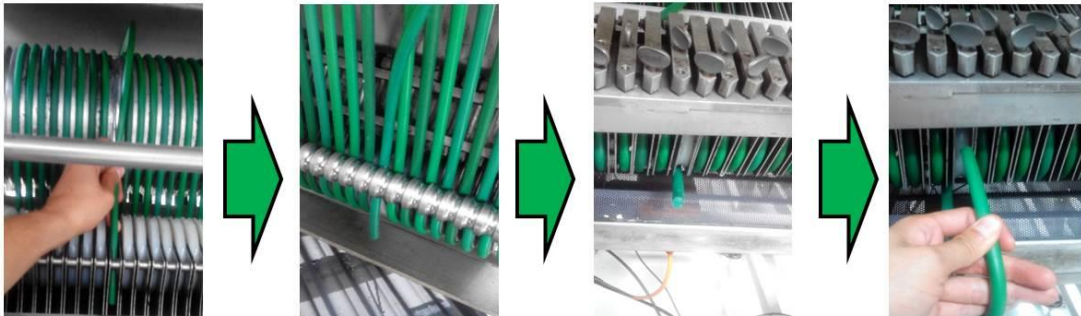
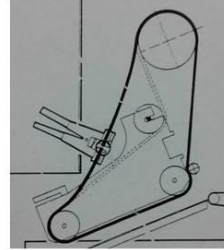


4. Verificar que la liga mida entre 202 y 204 cm con la cinta métrica.



26

5. Coloque la liga cuidadosamente en posición. Puede tomar de ejemplo las demás.



27

6. Coloque la liga en la pinza de guiado y asegúrela con los tornillos. No la tuerza y deje un espacio de entre 1 y 2 mm entre puntas.



7. Introduzca el cautín caliente entre las puntas, quite el seguro pero sostenga levemente la pinza para que no se abra sin control. Funda las puntas hasta que el cordón tenga entre 1 o 2 mm de espesor.



28

8. Retire rápidamente el cautín y abra la pinza con fuerza. Deje secar durante aproximadamente 2 minutos.



9. Retire la pinza y corte el exceso con la cúter. Tenga cuidado de no cortar la liga. Con el cautín puede dar el acabado final a la unión.



29

10. Coloque la polea con cuidado de que el eje no se caiga y presiónela hacia adentro hasta que enganche en la base.




11. Cierre la cubierta de seguridad para concluir con el procedimiento.



30

ANEXO #5: HOJA DE INSPECCIÓN LLENA



INSPECCIÓN DE BLOQUES MECA 3

ESQUEMA DE BANDAS DEL BLOQUE

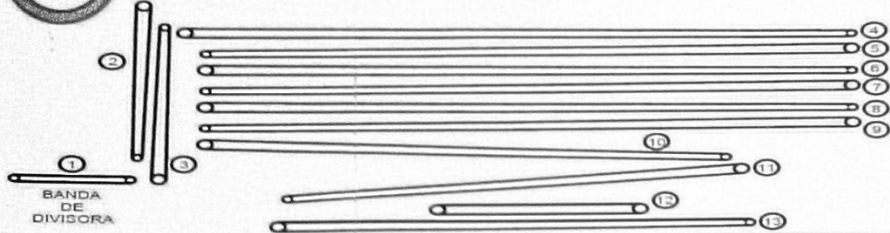

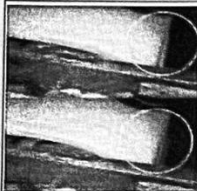
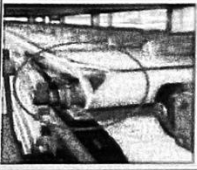


Imagen	Estado	# BLOQUE	NUMERO DE BANDA												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Alineamiento correcto = ✓ Alineamiento incorrecto = X	1	/	/	/	X	X	X	/	X	/	/	/	/	
		2	X	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Rodillo limpio = ✓ Rodillo con masa pegada = X	1	/	X	/	X	/	/	/	/	/	/	/	/	
		2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Pega en buen estado = ✓ Pega en mal estado = X	1	/	/	/	X	/	/	X	/	/	/	/	/	
		2	/	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/	/	
OBSERVACIONES GENERALES		1													
		2													
SUCESOS IMPREVISTOS DURANTE EL TURNO (SEA LO MAS CLARO POSIBLE)															
<p>Block #1 Bendas comidas con cordes ya disperejes y rodillos llenos de masa. Block #2 con bandas recortadas.</p>															
Inspección realizada por:		Mauricio Esquivel							Hora: 09:00		Turno # 4				
Hora de reporte a mantenimiento en caso de signos X		Recluido de mantenimiento:							Fecha: 17-5-015						
NOTA: SI EN EL TURNO HAY PROGRAMADO UN DESCARCHE, HACER INSPECCIÓN DURANTE LAS PRIMERAS HORAS DEL MISMO															

ANEXO #6: COTIZACIÓN DHD ELECTROMECAÁNICA

DHD ELECTROMECAÁNICA
ING. DANIEL HERNANDEZ D
CEL: 7012 – 1100

San José, 15 de Mayo del 2015

Señor
Ing. Diego Verzola
Mussmani

Presente

Por este medio me permito presentarle la oferta formal por concepto de suministro e instalación de materiales y equipos para la puesta en marcha de:

- Un pre cámara de 2 m de largo, 1 m de ancho y 2.98m de alto. Temperatura de operación: 10 °C.
- Un pre cámara de 2 m de largo, 2 m de ancho y 2.98m de alto. Temperatura de operación: 10 °C.

A continuación sírvase encontrar la información y condiciones generales por las cuales se rige la presente oferta.

Trabajos a Realizar:

Suministro e instalación de:

- Panel aislado de poliuretano de 2.5 pulgadas de espesor para los cuartos refrigerados.
- Dos (2) puertas de abatir de 0.90m de ancho y 2.0 m de alto, aisladas de 2.5 pulgadas de espesor para los cuartos de refrigeración.
- Angulares de aluminio, accesorios, selladores, fijaciones y todos los materiales necesarios para la debida instalación.
- Suministros e instalación de materiales para la obra mecánica.
- Un (1) evaporador: Marca BOHN tipo TL de 2 ventiladores modelo TL35-BG, construido en aluminio, de flujo lateral, en 240 V, monofásico y descongelamiento eléctrico. Incluye válvula de expansión y válvula solenoide.
- Un (1) evaporador: Marca BOHN tipo TL de 1 ventiladores modelo TL21-BG, construido en aluminio, de flujo lateral, en 240 V, monofásico y descongelamiento eléctrico. Incluye válvula de expansión y válvula solenoide.
- Una unidad condensadora: Marca BOHN, modelo BHN0150X6B para refrigeración de 1.5 HP utilizando refrigerante R-507, con compresor hermético marca Copeland para 208/230 v, monofásico, 60 Hz, con base metálica para intemperie, recibidor de líquido.
- Instalación mecánica completa del sistema, incluyendo el montaje de los equipos, conductos para distribución de aire, difusores, rejillas, tuberías y arranque del sistema. Máximo 20m
- Se realizarán las conexiones eléctricas y mecánicas para el funcionamiento del equipo

DHD ELECTROMECHANICA
ING. DANIEL HERNANDEZ D
CEL: 7012 – 1100

- Suministro e instalación de materiales para 2 gabinetes de control.
- Se realizarán pruebas de presión y de evacuación de humedad del sistema.
- Se realizarán pruebas de operación, puesta en marcha, ajuste de carga de refrigerante y el ajuste de las temperaturas de operación.

Notas Generales:

- Cualquier trabajo no contemplado en esta cotización tendrá un costo adicional.
- El panel será aislado con espuma rígida de poliuretano con una densidad de 38 kg/m³ conforme a la norma ASTM D-1622 y con estructura interna de celda cerrada del 90% según la norma ASTM D-2856. Las superficies externas son de lámina de acero calibre MSG 26 galvanizada por el proceso de inmersión en caliente y las uniones de los paneles son tipo macho - hembra con selladores especiales para garantizar la barrera de vapor. El revestimiento acabado a un espesor de 0.8 mil., aplicado sobre una base o primer epoxi de 0.2 mil., de espesor, sometidos a un tratamiento de curado en horno. Los accesorios y molduras son de lámina de acero galvanizada calibre 20 con revestimientos y acabado idéntico al de los paneles.
- La tubería será de cobre tipo L, limpia de fábrica. Los cortes se realizarán con cortador tipo rueda. Se utilizarán codos de radio largo a 90°. La soldadura a utilizar será para uniones cobre-cobre Harris 15% plata, uniones cobre – cobre en accesorios Harris 15% las uniones cobre-bronce y cobre-hierro con soldadura al 45% plata. Se utilizará un flujo de nitrógeno de 2 a 5 Lbs/in³ para evitar la formación de escoria interior durante la soldadura de la tubería.
- La soportería a utilizar será riel tipo strut de 1 5/8 x 1 5/8 utilizando gazas tipo clamp adecuadas para el sistema strut certificadas UL y con camisas de PVC para proteger la tubería y su aislamiento.
- El aislamiento de la línea de succión será de ¾ de pulgada de espesor para los cuartos refrigerados, con figuras armadas con cortes e impermeabilizada con pintura elastomérica tipo sur fastyl o similar de color blanco, según normativa nacional vigente.
- Se incluyen válvulas de bola para aislar cada circuito.
- Todas las acometidas eléctricas deben estar a Cero metros.
- Todas las previstas de drenajes deben estar a no más de 2 metros del recinto.
- El drenaje para condensado de los cuartos refrigerados serán en PVC de 1/2 de diámetro.
- Temperatura de diseño: mantenimiento refrigerado (de 10°C a 12°C)
- Precio del equipo en dólares americanos impuesto de ventas incluido.
- Se incluyen traslado de los equipos y materiales hasta el sitio de instalación. El cliente debe asegurar un acceso aceptable para la grúa y/o montacargas.
- **Se cotiza según especificaciones del cliente.**

DHD ELECTROMECHANICA
ING. DANIEL HERNANDEZ D
CEL: 7012 – 1100

- **No incluye trabajos de obra gris.**
- En los montos no se incluyen costos correspondientes a suministro e instalación de equipos, materiales y mano de obra para instalación eléctrica de alimentación. Dicha instalación deberá estar provista de los interruptores de seguridad, conductores, etc., en el número y calibre requerido y cualquier tipo de protección contra cambios de voltaje, corto circuito y otros que se consideren necesarios, serán suplidos por el cliente hasta una distancia de (0.0) metros de cada unidad.
- No se incluyen costos de materiales y mano de obra para modificaciones de la obra civil, tales como: perforaciones en las paredes de mampostería, puertas, ventanas, losas de concreto, pisos, o sus componentes, no se incluyen reparaciones en techos, tapicheles, losas superiores, precintas, etc, ni la construcción de bases de concreto, bases de inercia o plataformas metálicas para los equipos.
- Para todos los efectos los modelos de equipos aquí cotizados son los vigentes a este momento, no nos hacemos responsables por cambios realizados por nuestros proveedores, y en caso de que se dieran se entregarían los modelos equivalentes a los cotizados, de no existir se deberá presentar una nueva oferta.
- Se debe entender por avance de obra de todo material y/o equipo de importación puesto en el sitio de trabajo (aunque no se pueda instalar) o a disposición del cliente para algún trámite de exoneración, validación, bodegaje, etc. Por lo tanto se deberá considerar para efecto de las tablas de pagos de esta manera.
- El cliente deberá suministrar un espacio para las herramientas, materiales y equipos necesarios para la instalación en la obra, y la debida seguridad y responsabilidad por daños o robos que puedan sufrir los mismos. De no ser así se asumirá con el correspondiente cobro adicional, pues dicho rubro no está considerado en nuestra oferta.

DHD Electromecánica es una empresa orientada a la excelencia en el desarrollo de sus actividades. Componente importante dentro de su organización es la Seguridad Laboral. Para este proyecto estamos delegando la responsabilidad de velar por el cumplimiento de nuestras normas de seguridad al Gerente de Proyecto –En Sitio-.

Esta persona estará encargada de hacer cumplir todas las normas tanto que Transclima como el Cliente consideren necesarias. Contamos con todo el equipo de seguridad necesario para desarrollar este tipo de proyectos como lo son:

- Anteojos de seguridad
- Cascos
- Chalecos
- Arneses
- Lineas de vida
- Otros.

**DHD ELECTROMECHANICA
ING. DANIEL HERNANDEZ D
CEL: 7012 – 1100**

Las modificaciones al alcance y desarrollo del proyecto por parte del propietario, que se consideren que afecte el monto del contrato tanto en cantidades y/o costo de materiales, gastos indirectos y otros, se revisarán y aprobarán por ambas partes antes de que se efectúen los trabajos considerados como extras y éstos serán documentados antes de la ejecución.

Sobre los precios:

Se incluyen los fletes desde las fábricas hasta Costa Rica, pago de seguros, impuestos, aranceles gastos de nacionalización de los equipos el pago del impuesto de ventas.

El monto anterior incluye todos los impuestos y cargas tributarias que establecen las leyes vigentes a la fecha de presentación de esta oferta. En el caso de que estas leyes y cargas tributarias varieran en el transcurso del análisis de la oferta o validez del contrato, concretamente en lo que respecta a la implementación de un impuesto de valor agregado o la variación del alcance o monto del impuesto de venta de forma tal que afecte los servicios de construcción, el cliente reconocerá al constructor, el aumento en el monto producto de las modificaciones.

El monto del precio de esta oferta será cobrado en Costa Rica, como una obra de construcción por lo tanto el valor final es neto, impuesto de ventas incluido.

Vigencia de la Oferta:

Nuestra oferta tiene una vigencia de 30 días naturales.

Tiempo de entrega cámaras: Se definirá según operación del cliente

Exclusiones

No está incluido en esta oferta:

- Estructuras civiles o fundaciones para la colocación de equipos.
- Obra civil necesaria para la conformación de la nueva cámara.
- Lozas de piso
- Muretes o zócalos perimetrales necesarios para la protección del panel.
- Energía eléctrica y agua potable.
- Permisos de construcción.
- Ningún material, equipos o servicios no mencionados en esta oferta o más allá de su alcance.

DHD ELECTROMECHANICA
 ING. DANIEL HERNANDEZ D
 CEL: 7012 – 1100

Costos

Instalación Pre Cámaras IQF Mussmani

DESGLOSE	Refrigeracion					Construccion			SUBTOTAL	IV	TOTAL
	UC	Evaporador	Materiales	Control	Instalación	Paneleria	Accesorios	Instalación			
Precámara 1	\$ 2,363.96	\$ 1,207.47	\$ 928.57	\$ 571.43	\$ 357.14	\$ 1,165.51	\$ 1,937.14	\$ 807.14	\$ 16,137.23	\$2,097.84	\$18,235.07
Precámara 2		\$ 1,594.00	\$ 928.57	\$ 571.43	\$ 357.14	\$ 1,573.93	\$ 2,066.29	\$ 912.07			

Forma de Pago: 50% Contra orden de Compra.
 20% Contra Avance de Obra 1
 20% Contra Avance de Obra 2
 10% Contra entrega de Obra

Garantía: Un año a partir del funcionamiento del equipo. La garantía es contra defectos de fabricación e instalación, siempre que estos provengan como consecuencia del uso normal y adecuado del mismo, y no es aplicable a daños o defectos de operación ocasionados por su mal uso.

La garantía cubre piezas y mano de obra dentro del valle central. Fuera de él se cobrará kilometraje y viáticos. DHD Electromecánica no se hace responsable por ningún especial, accidental o consiguiente daño, o pérdidas comerciales dadas como consecuencia del mal funcionamiento del producto o sus partes y componentes, o como resultado de defectos de diseño de materiales o ensamble.

Esta garantía **no incluye** ningún tipo de mantenimiento preventivo para el equipo. Fuera del área metropolitana, el cliente asume los gastos por viáticos y kilometrajes.

PROTOCOLIZACION Ambas partes se autorizan mutuamente a elevar el presente documento a escritura pública sin necesidad de citación o compulsas para que la otra comparezca ante Notario, teniendo sin embargo la protocolización los mismos efectos jurídicos para ambas partes contratantes, corriendo el proponente con los gastos que demande dicha gestión.

Al aceptar esta oferta, son aceptadas todas las condiciones que este documento describe Sin otro particular y en espera de poder servirles muy pronto, se despide.

Atentamente,

Ing. Daniel Hernández
Dpto. Ingeniería y proyectos.

ANEXO #7: COTIZACIÓN RONACA



Alajuela 15 de abril del 2015

Atención: Ing. Diego Verzola.

Asunto: cotización.

Buenos días Don Diego es para nosotros un verdadero placer el poder cotizarle los trabajos solicitados esperamos poder servirle, a continuación el detalle.

Opción #1

- 1- Una ante cámaras en termo panel de 2 ½" para la entrada del pan en meca #3 con medidas de 1.00 metros de fondo 2.00 metros de alto y un ancho de 1.20 metros, es necesario que los laterales en ambas caras sea desmontables para el mantenimiento de la línea en cualquier momento.
- 2- Una ante cámaras en termo panel de 2 ½" para la salida del pan en meca #3 con medidas de 2.20 metros de fondo 2.00 metros de alto y un ancho de 1.20 metros, es necesario que los laterales en ambas caras sea desmontables para el mantenimiento de la línea en cualquier momento.

Opción #2

- 3- Una ante cámara en termo panel de 2 ½" para la entrada del pan en meca #3 con medidas de 1.00 metros de fondo 3.00 metros de alto y un ancho de 2.20 metros, es necesario una puerta en ambas ante cámaras para el ingreso a meca #3, la puerta tendrá una medida de 0.67 metros de ancho por 1.80 metros de altura con marco, bisagras, cerrojo y empaques perimetrales e inferiores.
- 4- Una ante cámara en termo panel de 2 ½" para la salida del pan en meca #3 con medidas de 2.20 metros de fondo 3.00 metros de alto y un ancho de 2.20 metros, es necesario una puerta en ambas ante cámaras para el ingreso a meca #3, la puerta tendrá una medida de 0.67 metros de ancho por 1.80 metros de altura con marco, bisagras, cerrojo y empaques perimetrales e inferiores.

Ronald Arias C.

Gerente

Tels: 2433-2596 / 8352-2441

ronacasa@hotmail.com



Datos de inversión.

Opción #1 ante cámara. ₡864.000 +I.V.

Opción #2 ante cámara. ₡1.209.600 +I.V.

Incluye, transporte, materiales de instalación, 1 puerta, y mano de obra.

Opción #3 ante cámara. ₡1.371.600 +I.V.

Opción #4 ante cámara. ₡1.920.240 +I.V.

Incluye, transporte, materiales de instalación, 1 puertas, y mano de obra.

Nota.

Estos costos son por unidad.

Equipos #1

- Una unidad condensadora, tipo comercial compuesta por los siguientes elementos, un compresor hermético marca Maneourop de 3.0 HP, para funcionar con refrigerante R-507 voltaje 230/1/60, un condensador enfriado por aire con sus respectivos abanicos, protectores de abanicos, recibidor de líquido, acumulador de succión, controles de presión, visor de líquido, válvula solenoide, filtro deshidratador, caja eléctrica, todo ensamblado en una base metálica.
- Dos evaporadores marca Baco con descongelamiento por resistencias acabado en lámina blanca esmaltada, con sus respectivas válvulas de expansión.

Equipos #2

- Unidad condensador marca BOHN modelo BZN04L6B equipada con compresor copeland scroll ZF13K, 24.7 MBH @ 0° F SST/90° F AMB, R404/507, 208/1/60 incluye visor filtro encapsulado de liquido y acumulador de succion.

Ronald Arias C.

Gerente

Tels: 2433-2596 / 8352-2441

ronacasa@hotmail.com



- Dos evaporadores marca BOHN modelo LET065BK, 11700 BTUH@ 0° F SST/18F TP, 6 FPI, 2 motores PSC, 1400 CFM, descongelación por resistencia eléctrica, 208-2360/1/60.
- Un gabinete para intemperie tipo D.
- Un solenoide SPORLAN 1/2" con bobina.
- Dos TXV SPORLAN SBQE/ BQC-A/ SZ
- Dos TC-900 POWER Y CAJA

Materiales de instalación y mano de obra para los equipos. €1.275.000 +I.V.

Primera opción de equipos. **€2.832.500 +I.V.**

Segunda opción de equipo **€ 3.594955 +I.V.**

En espera de que encuentre esta cotización de su agrado nos ponemos a sus órdenes para cualquier cambio o aclaración que requieran GRACIAS.

Forma de pago crédito 30 días.

Validez de la oferta 15 días.

Garantía 6 meses sobre el trabajo.

Tiempo estimado para el trabajo 6 días hábiles.

Esta cotización comprende únicamente lo descrito en la misma ya que está de acuerdo a nuestra conversación, cualquier trabajo adicional fuera de esta cotización se cotizara por separado previa autorización del personal encargado, para nosotros es un placer servirles.

Refrigeración Ronaca de Alajuela S.A.

Ronald Arias Castillo.

Gerente.

Ced. Jurídica # 3101200951

Cuenta cliente BCR colones. #15202307000140016

Cuenta cliente BCR dólares. #15202001117244048

Ronald Arias C.

Gerente

Tels: 2433-2596 / 8352-2441

ronacasa@hotmail.com