Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón

Alvaro Pesántez H. [1], Ing. Rodrigo Sarzosa C.[2]
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.
Escuela Superior Politécnica del Litoral.
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil - Ecuador
E-mail: edu_ph@hotmail.com[1], rsarzosa@hotmail.com[2],

Resumen

Este trabajo investigativo está orientado a brindar una guía confiable de los tipos de mantenimiento para los equipos de mayor criticidad del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón, la cual ha venido trabajando de una manera informal y con muy poca atención a los registros confiables y retroalimentación de los diversos mantenimientos realizados. En este estudio se comenzará por hacer un levantamiento de la condición actual de los equipos principales de la empresa y de la información actual que maneja el departamento de mantenimiento, se determinará cual es la etapa más crítica del proceso productivo; por medio de la cual se hará el plan anual de mantenimiento para los equipos que la comprenden sobre la base de los manuales técnicos de cada equipo y/o las recomendaciones de los técnicos de la empresa. Con este plan de mantenimiento se pretende disminuir el número de reparaciones y fallas imprevistas, así como también alargar la vida útil de los equipos y poder lograr de esta manera la satisfacción de los clientes y mantener la calidad del producto en todo momento.

Palabras clave: criticidad, reparaciones, plan anual de mantenimiento, fallas, vida útil

Abstract

This investigative work is guided to offer a reliable guide of the maintenance types for the more critical teams of the productive process of a shrimp package company, which has come working in an informal way and with very little attention to the reliable registrations and feedback of the diverse carried out maintenances. In this study I start to make a rising of the current condition of the main teams of the company and of the current information that manages the maintenance department, besides will be determined which is the most critical stage in the productive process; and finally about this research I'll made the annual plan of maintenance for all the teams that operate in that stage on the base of the technical manuals of each team and/or the recommendations of the technicians of the company. With this maintenance plan I seek to reduce the number of repairs and accidental flaws, as well as to lengthen the useful life of the teams and power to achieve this way the satisfaction of the clients and to keep the quality of the product in all moment.

1. Introducción

El presente trabajo trata de la "Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón", enfocado a brindar una guía confiable de los tipos y frecuencias de mantenimiento para dichos equipos.

Como parte de este análisis, fue necesario hacer un levantamiento de información de la condición actual de los equipos principales de la empresa, así como también de la manera de operar del departamento de mantenimiento, es decir, identificar los tipos de mantenimiento que realiza, el personal con que cuenta para su realización, herramientas y equipos utilizados.

La herramienta que se utilizó para determinar la criticidad de los equipos fue la matriz de criticidad, la cual por medio de un análisis que comienza por la especificación del proceso productivo, determina cual es la etapa del proceso que presenta mayor necesidad de enfoque, en otras palabras, es aquella etapa que presenta en conjunto una mayor frecuencia de fallos de sus equipos, un alto grado de impacto operacional, poca flexibilidad operacional, altos costos de mantenimiento y un alto impacto en la seguridad ambiental y humana.

Con la determinación de la etapa crítica del proceso productivo, fue posible identificar los equipos involucrados directamente e indirectamente con el mismo; y de esta manera se comenzó a detallar las frecuencias de mantenimiento sugeridas por los manuales técnicos de cada equipo, complementado además por las sugerencias de los técnicos de la empresa y empresas especializadas del medio.

Todo este análisis finalizó con la elaboración del plan anual de mantenimiento de los equipos críticos directamente e indirectamente involucrados con el proceso productivo, el mismo que incluye tres actividades principales que son: la inspección, limpieza y mantenimiento general periódico de los mismos. Estas actividades permitirán mantener un correcto funcionamiento y alargamiento de la vida útil de los equipos críticos determinados; pero como punto más importante lograr mantener la calidad del producto y la satisfacción de los clientes.

2. Conceptos Básicos

Mantenimiento: Conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida de forma rentable.

Defecto: Ocurrencia en maquinaria o equipos que NO impide su funcionamiento.

Falla o Avería: Ocurrencia en maquinaria o equipos que impide su funcionamiento.

Mantenimiento Predictivo: Básicamente, este tipo de mantenimiento consiste en reemplazar o reparar partes, piezas, componentes o elementos justo antes que empiecen a fallar o a dañarse.

Mantenimiento Preventivo: Se define como el conjunto de tareas de mantenimiento necesarias para evitar que se produzcan fallas en instalaciones, equipos y maquinaria en general (prevenir), es denominada también por algunos autores como Mantenimiento Proactivo Programado.

Mantenimiento Correctivo: Acción de carácter puntual a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura o planta física, permitiendo su recuperación, restauración o renovación, sin agregarle valor al establecimiento.

Plan Anual de Mantenimiento Programado: Es un programa de tareas y procesos de manutención preventiva y predictiva organizado y estructurado sobre la base de unidades técnicas, especificando al detalle las fechas y los tipos de trabajos que se deben realizar a una serie de edificaciones, instalaciones, maquinarias y equipos de una empresa u organización.

Equipos Críticos: Son aquellos cuyas fallas producen detenciones e interferencias generales, cuellos de botella, daños a otros equipos o instalaciones y retrasos o paradas en las actividades de los demás centros de actividad de una empresa u organización.

Matriz de Criticidad: Es una herramienta que permite establecer niveles jerárquicos de criticidad en sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones y priorización de los mantenimientos programados, sean preventivos o predictivos.

3. Situación Actual de la Empresa

La empresa actualmente es muy diferente a la que fue desde sus inicios (año 1983), ya que a través de los años ha presentado varias modificaciones, tanto en el número y variedad de equipos para las diversas áreas de la empresa como en la creación y expansión de sus instalaciones, debido a la tendencia creciente de la demanda.

Dentro de las expansiones que ha tenido la empresa, están sus cámaras de congelación de los productos terminados, es decir, listos para su embarque y despacho. También se han desarrollado mecanismos de congelación y tratamiento del producto para las diversas presentaciones que tiene el camarón.

El proceso productivo puede presentar diferentes tratamientos con el producto, dependiendo de los requerimientos del cliente. Su estructura de manera general, puede expresarse de 2 maneras, las cuales van a estar determinadas por el tipo de congelación requerido.

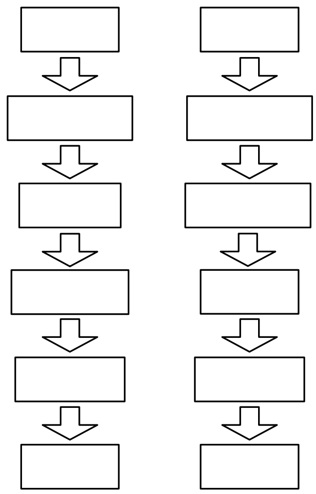


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso

Los equipos principales con sus respectivas áreas son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 1. Áreas y equipos principales de la empresa

AREA	EQUIPO	CANTIDAD
Salas de Máquinas	Compresores de Pistón	6
	Compresores de Tornillo	9
	Condensadores Evaporativos	9
	Estaciones de Bombeo	2
Congelación	Congeladores de Placas	5
	Espirales	2
	Túneles de Congelación	4
	IQF Brine	1
Preservado	Cámaras de Preservado	4
	Montacargas	4
	Máquinas Detectoras de Metales	3
Hielo	Máquinas de Hielo "A Escama"	4
	Máquina de Hielo "A Placas"	1
	Máquinas de Hielo "Por Raspado"	4
	Silos de Hielo	3
Clasificado y Pelado	Máquinas Clasificadoras	5
	Máquinas Peladoras	11
Cocido	Cocina Laitram	1
	Máquinas Mezcladoras	4
	Calderos	2
Planta de Agua	Bombas de Agua (Muelle)	5
	Bombas Dosificadoras de Químico	4
	Tanques de Presión	2
Electricidad	Subestaciones	3
	Generadores	3

4. Situación Actual del Mantenimiento

El área de mantenimiento comprende 4 secciones, las cuales son las de refrigeración, planta de tratamiento de agua, eléctrico y mecánico. Aunque también existen trabajos mayores que se realizan por medio de contratistas, los cuales están conformados en parte por talleres calificados o empresas y otra parte por personal que también labora en el día a día pero realizando actividades de soldadura, albañilería y pintura principalmente.

El mantenimiento que se está realizando actualmente es bastante básico, en otras palabras, en su mayoría mantenimiento correctivo y todo esto debido a que recién a partir del 2005 esta área ha venido a tener un cambio de enfoque desde el ingreso del nuevo Jefe de Mantenimiento, el cual ha querido dar inicio a la metodología de los mantenimientos preventivos y predictivos.

La información que se maneja en el departamento de mantenimiento es en su mayoría de manera informal, es decir, cada sección reporta por medio de bitácoras las actividades realizadas en el día a día, tanto en el turno del día como de la noche.

El departamento de mantenimiento se encuentra estructurado sobe la base del siguiente organigrama:

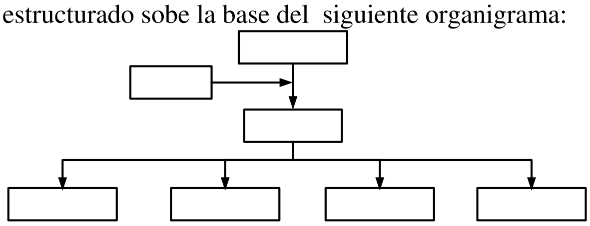


Figura 2. Organigrama departamento mantenimiento

5. Establecimiento de los Equipos Críticos

Para establecer cuales son los equipos críticos de la empresa empacadora, nos basamos en los 5 puntos necesarios para conformar la matriz de criticidad, los mismos que se mencionaran a continuación:

1. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo se lo va a analizar en sus 2 variaciones, a las cuales se las va a diferenciar de la siguiente manera: Congelación por prensado o por aire forzado como Proceso en Masa, y al de Congelación individual como Proceso IQF.

Tabla 2. Procesos productivos A) En masa B) IQF

Etapa del Proceso	Tipo de Operación
Recepción	Semi-Automático
Descabezado	Manual
Clasificado	Semi-Automático
Empacado	Manual
Congelación	Semi-Automático
Preservado	Semi-Automático
Despacho	Semi-Automático

(A)

Etapa del Proceso	Tipo de Operación
Recepción	Semi-Automático
Descabezado	Manual
Clasificado	Semi-Automático
Congelación	Semi-Automático
Empacado	Manual
Preservado	Semi-Automático
Despacho	Semi-Automático

(B)

2. Identificación de los subsistemas

Dado que para este punto no es necesario hacer la diferenciación entre los 2 procesos, debido a que todas las etapas se las realizan de la misma forma sólo variando el mecanismo de congelación, se procederá a identificar los subsistemas que tengan operación semi-automática o automática.

Tabla 3. Tipo de operación de los subsistemas

Subsistema	Tipo de Operación
Recepción	Semi-Automático
Clasificado	Semi-Automático
Congelación	Semi-Automático
Preservado	Semi-Automático
Despacho	Semi-Automático

3. Definición del Tipo de Estructura del Sistema

El tipo de estructura de cada subsistema se define sobre la base del número de equipos que requiere cada etapa para efectuar su parte del proceso y la condición que tienen estos equipos en caso de ser más de uno el que opere; es decir, si hay varias máquinas que realizan la misma actividad, hay que analizar si su condición es de parte de la etapa o funciona como un método de respaldo al proceso.

Tabla 4. Tipo de estructuras de los subsistemas

Subsistema	Cantidad Equipos	Condición Operación	Tipo de Estructuras
Recepción	2	Activa	Paralelo
Clasificado	5	Activa	Paralelo
Congelación en Masa:			
➢ Túneles de Congelación	4	Activa	Paralelo
➢ Congeladores de Placas	5	Activa	Paralelo
Congelación IQF:			
• Túneles Espirales	2	Activa	Paralelo
• IQF Brine	1	Activa	Serie
Preservado	4	Activa	Paralelo
Despacho:			
❖ Muelle de Embarque Viejo	2	Pasiva	Paralelo
❖ Muelle de Embarque Nuevo	2	Pasiva	Paralelo

4. Cálculo de Frecuencias y Fallos

El cálculo de frecuencias y fallos de los equipos principales involucrados en las diferentes etapas de los subsistemas ya definidos, se los agrupó sobre la base de los siguientes aspectos:

- ❖ **Seguridad:** Efecto del fallo sobre personas y entorno.
- ❖ **Calidad:** Efecto del fallo sobre la calidad del producto.
- ❖ **Operaciones:** Efecto del fallo sobre la producción.
- ❖ **Mantenimiento:** Tiempo y costo de reparación

Gerente de Mantenimientc

Secretaria

Planificador de Mantenimientc

Los criterios definitivos que fueron considerados para el análisis previo, fueron revisados y analizados por los técnicos y el Gerente de Mantenimiento. Los criterios establecidos se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Criterios y cuantificación frecuencias y fallas

Criterios para determinar la "Criticidad"	Cuantificación
Frecuencias de Falla:	
✓ Mayor a 4 fallas/mes	4
✓ 2-4 fallas/mes	3
✓ 1-2 fallas/mes	2
✓ Mínimo 1 falla/mes	1
Impacto Operacional:	
• Parada inmediata de toda la empresa	10
• Parada de toda la planta (recuperable en otras plantas)	8
• Impacto en los niveles de producción o calidad	6
• Repercute en costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	3
• No genera ningún efecto o impacto significativo sobre las demás operaciones	1
Flexibilidad Operacional:	
❖ No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	5
❖ Hay opción de producción a la capacidad mínima permisible	4
❖ Hay opción de repuesto compartido	3
❖ Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento:	
○ Mayor o igual a $3,000	2
○ Menor a $3,000	1
Impacto en la seguridad ambiental y humana:	
➢ Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
➢ Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
➢ Afecta las instalaciones o personas causando daños severos	4

Una vez realizado el análisis de las frecuencias de fallas y sus consecuencias, el cálculo de la criticidad de cada proceso se lo efectúa en base a la siguiente fórmula:

Criticidad Total = Frecuencia * Consecuencia
Criticidad Total = Frecuencia * [(Impacto Operacional * Flexibilidad)+Costo Mantenimiento + Impacto SAH]

Tabla 6. Resultados del cálculo de criticidad

PROCESO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL
Recepción	1	3	3
Clasificado	2	5	10
Congelación	3	46	138
Preservado	1	28	28
Despacho	4	5	20

5. Matriz de Criticidad

La representación de los resultados del cálculo de la criticidad se ve reflejada en la matriz de criticidad de la siguiente manera:

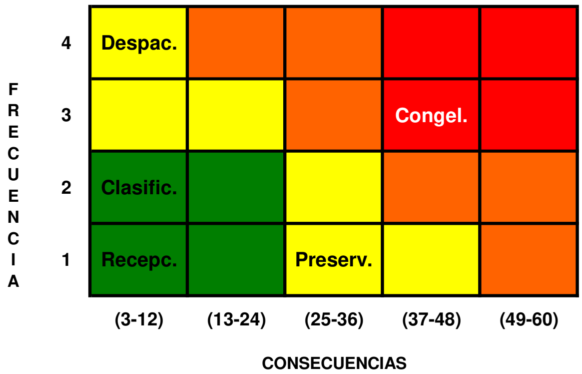


Figura 3. Matriz de Criticidad

6. Análisis de los resultados

Luego de realizar la matriz de criticidad sobre la base de los cálculos previos, se puede concluir que el proceso que presenta la mayor criticidad es el de **CONGELADO**. Por lo tanto a continuación se mostrarán aquellos equipos, que siendo parte de este proceso deberán ser considerados de manera prioritaria en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo y predictivo programado anual en la empresa, con el propósito de garantizar la producción continua en la organización.

Tabla 7. Equipos involucrados con proceso productivo A) Directamente B) Indirectamente

Equipo	Cantidad
Congeladores de Placas	5
Túneles Espirales	2
Túneles de Congelación	4
IQF Brine	1

(A)

Equipo	Cantidad
Compresores de Pistón	4
Compresores de Tornillo	5
Condensadores Evaporativos	6
Estaciones de Bombeo	2

(B)

A partir de estos equipos que fueron determinados como los más críticos, se procederá a consultar los manuales técnicos de cada uno de ellos con el fin de identificar las rutinas y frecuencias de mantenimiento sugeridas por los fabricantes. Seguidamente y a manera de complemento se establecerán las rutinas y frecuencias de mantenimiento definitivas sobre la base de la experiencia de los técnicos de la empresa, ya que ellos tienen conocimiento de las características y funcionamiento de cada uno de los equipos.

Además se tomará en consideración las siguientes 4 actividades principales de mantenimiento que son:

Inspección.- Las actividades de inspección son parte importante dentro del Plan de Mantenimiento, ya que ayudan a determinar el estado de las edificaciones, instalaciones y equipos que conforman los diferentes sistemas, y porque además permiten definir las actividades necesarias para prevenir desperfectos en los mismos que ocasionen paros imprevistos y por ende la paralización de la línea de proceso de la empresa.

Limpieza.- Dadas las condiciones de humedad y salinidad en la planta, es necesario efectuar una buena limpieza de todos aquellos equipos y componentes que estén en contacto directo o indirecto con el producto, ya que de no hacerlo, la vida útil de los mismos será menor y presentarán fallas constantes en su operación diaria afecta de manera directa a los procesos productivos.

Reemplazo.- Esta actividad va muy de la mano de las recomendaciones de los fabricantes y especialmente de las inspecciones realizadas por el personal de mantenimiento, ya que muchas veces los elementos comienzan a presentar mal funcionamiento antes de lo previsto debido a mala manipulación de los operarios, variaciones de voltaje o por las condiciones de funcionamiento de los equipos, lo cual aceleran los procesos de desgaste normal de partes o piezas, que deben ser reemplazadas para evitar daños mayores o paradas generales en los procesos productivos.

Mantenimiento General.- El Mantenimiento General Periódico es parte importante del cualquier Plan de Mantenimiento, aquí se incluyen actividades de limpieza, verificación, ajustes, reemplazos, pintado, etc. Este tipo de mantenimientos generalmente se realizan con periodicidad anual como mínimo. Lo recomendable es además basarse en los procesos de mantenimiento preventivo programado y aleatorio (inspecciones) para adelantar o retrasar las actividades programadas de mantenimiento general.

Por lo tanto, de lo anteriormente expuesto se obtuvieron las siguientes matrices de actividades para los equipos críticos seleccionados:

Tabla 8. Matriz de limpieza

MATRIZ DE LIMPIEZA									
EQUIPO CRITICO	AREA DE EJECUCION	IMPACTO	FRECUENCIA	PERSONAL	EQUIPO E IMPLEMENTO	TIEMPO REAL (h)	# M.O	HORAS HOMBRE	H.H. POR AÑO
CONGELADORES DE PLACAS	ESTRUCTURA METALICA	Acumulación de oxido	En Quiebra	Ayudante de refrigeración	Desoxidante, viledas	5	1	5	120
	SISTEMA ELECTRICO	Mal funcionamiento de equipos	Trimestral	Electricista	Desplazador de humedad, brocha, destornilladores	2	1	2	8
ESPIRALES	ESTRUCTURA METALICA	Acumulación de oxido	En Quiebra	Ayudante mecánico	Desoxidante, viledas	1	2	2	48
	SISTEMA DE TRANSMISION	Mal funcionamiento de equipos y aparicion de malos olores	En Quiebra	Ayudante mecánico	Desengrasante ecologico, wipe, viledas	1	2	2	48
	SISTEMA ELECTRICO	Mal funcionamiento de equipos	Trimestral	Electricista	Desplazador de humedad, brocha, destornilladores	3	1	3	12
TUNELES DE CONGELACION	CONDENSADORES	Mal funcionamiento de equipos	Bimensual	Técnico de refrigeración y ayudante de refrigeración	Desplaz. humedad, llaves, brochas y destornilladores	6	2	24	144
	SISTEMA ELECTRICO	Mal funcionamiento de equipos	Semestral	Electricista	Desplazador de humedad, brocha, destornilladores	12	1	12	24
	PAREDES Y PISOS	Malos olores y aparicion de hongos	En Quiebra	Ayudante mecánico	Desengrasante ecologico, wipe, viledas	1,5	1	1,5	36
IQF BRINE	ESTRUCTURA METALICA	Acumulación de oxido	En Quiebra	Ayudante mecánico	Desoxidante, viledas	0,5	1	0,5	12
	SISTEMA DE TRANSMISION	Mal funcionamiento de equipos y aparicion de malos olores	En Quiebra	Ayudante mecánico	Desengrasante ecologico, wipe, viledas	0,5	1	0,5	12
	SISTEMA ELECTRICO	Mal funcionamiento de equipos	Trimestral	Electricista	Desplazador de humedad, brocha, destornilladores	2	1	2	4

Tabla 9. Matriz de inspección

MATRIZ DE INSPECCION									
EQUIPO CRITICO	AREA DE EJECUCION	IMPACTO	FRECUENCIA	PERSONAL	EQUIPO E IMPLEMENTO	TIEMPO REAL (h)	# M.O	HORAS HOMBRE	H.H. POR AÑO
CONGELADORES DE PLACAS	SISTEMA HIDRAULICO	Congeladores NO puedan abrir o cerrar sus placas	MENSUAL	Técnico de Refrigeración y Ayudante Mecánico	Informe de reporte de novedades	0,25	2	0,5	6
	SISTEMA ELECTRICO	No permite operar los congeladores	EN QUIEBRA	Electricista	Multimetro e informe de lecturas eléctricas	1	1	1	24
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Problemas para congelar el producto. Atraso de Produccion	TRIMESTRAL	Técnico de Refrigeración y Ayudante de Refrigeración	Informe de reporte de novedades	5	2	10	40
	ILUMINACION	Dificultad en los operadores para trabajar	MENSUAL	Electricista	--	0,25	1	0,25	3
ESPIRALES	ESTRUCTURA METALICA	Partes metalicas pueden irse junto con el producto	MENSUAL	Mecánico	Llaves y Rache con dados	0,5	1	0,5	6
	SISTEMA DE TRANSMISION	Paralizacion de un tramo del sistema o el sistema completo	EN QUIEBRA	Mecánico	Informe de reporte de novedades	1	1	1	24
	SISTEMA ELECTRICO	Paralizacion de un tramo del sistema o el sistema completo	EN QUIEBRA	Electricista	Multimetro e informe de lecturas eléctricas	2	1	2	48
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Problemas para congelar el producto. Atraso de Produccion	TRIMESTRAL	Técnico de Refrigeración y Ayudante de Refrigeración	Informe de reporte de novedades	2	2	4	16
	VALVS. / ACCS. Y TUBER. AGUA	Falta de agua en los lugares donde se la necesite	EN QUIEBRA	Gasfitero	--	0,5	1	0,5	12
	ILUMINACION	Dificultad en los operadores para trabajar	MENSUAL	Electricista	--	0,25	1	0,25	3
TUNELES DE CONGELACION	COMPRESORES	Equipo NO podra congelar	ANUAL	Técnico de Refrigeración y Ayudante de Refrigeración	Llaves, rache con dados, manometros y refrigerante	24	2	48	48
	SISTEMA ELECTRICO	Paralizacion de elementos de congelacion. Atraso de Produccion	BIMENSUAL	Electricista	Multimetro e informe de lecturas eléctricas	8	1	8	48
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Problemas para congelar el producto. Atraso de Produccion	SEMESTRAL	Técnico de Refrigeración y Ayudante de Refrigeración	Informe de reporte de novedades	8	2	16	32
	ILUMINACION	Dificultad en los operadores para trabajar	MENSUAL	Electricista	--	0,25	1	0,25	3
IQF BRINE	SISTEMA DE TRANSMISION	Paralizacion de un tramo del sistema o el sistema completo	MENSUAL	Mecánico	Informe de reporte de novedades	0,66	1	0,66	8
	SISTEMA ELECTRICO	Paralizacion de un tramo del sistema o el sistema completo	BIMENSUAL	Electricista	Multimetro e informe de lecturas eléctricas	0,5	1	0,5	3
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Problemas para congelar el producto. Atraso de Produccion	TRIMESTRAL	Técnico de Refrigeración	Informe de reporte de novedades	1	1	1	4
	VALVS. / ACCS. Y TUBER. AGUA	Falta de agua en los lugares donde se la necesite	EN QUIEBRA	Gasfitero	--	0,33	1	0,33	8
	ILUMINACION	Dificultad en los operadores para trabajar	MENSUAL	Electricista	--	0,25	1	0,25	3

Tabla 10. Matriz de mantenimiento general periódico

MATRIZ DE MANTENIMIENTO GENERAL PERIÓDICO									
EQUIPO CRITICO	AREA DE EJECUCION	IMPACTO	FRECUENCIA	PERSONAL	EQUIPO E IMPLEMENTO	TIEMPO REAL (h)	# M.O	HORAS HOMBRE	H.H. POR AÑO
CONGELADORES DE PLACAS	SISTEMA HIDRAULICO	Niveles bajos de aceite y posibles fugas	ANUAL	Técnico de refrigeración y mecánico	Aceite y herramientas varias	4	2	8	8
	SISTEMA ELECTRICO	Deterioro general y posibles fallos	ANUAL	Electricista	Desp. Humedad, multimetro y herramientas varias	5	2	10	10
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Deterioro general y posibles atrasos de congelación	ANUAL	Técnico de refrigeración y ayudante de refrigeración	Herramientas varias	6	2	12	12
ESPIRALES	SISTEMA DE TRANSMISION	Deterioro general y pérdida de calibración	ANUAL	Mecanico	Grasa, aceite y herramientas varias	24	3	72	72
	SISTEMA ELECTRICO	Deterioro general y fallo en sensores	ANUAL	Electricista y contratista	Desp. Humedad, multimetro y herramientas varias	8	2	16	16
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Deterioro general y posibles atrasos de congelación	ANUAL	Técnico de refrigeración y ayudante de refrigeración	Herramientas varias	10	2	20	20
TUNELES DE CONGELACION	SISTEMA ELECTRICO	Deterioro general y pérdida de calibración	ANUAL	Electricista y contratista	Desp. Humedad, multimetro y herramientas varias	16	2	32	32
	PAREDES Y PISOS	Dificultad de operación	ANUAL	Contratista	--	--	--	--	--
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Deterioro general y posibles atrasos de congelación	ANUAL	Técnico de refrigeración y ayudante de refrigeración	Herramientas varias	20	2	40	40
IQF BRINE	SISTEMA DE TRANSMISION	Deterioro general y pérdida de calibración	ANUAL	Mecanico	Grasa, aceite y herramientas varias	16	2	32	32
	SISTEMA ELECTRICO	Deterioro general	ANUAL	Electricista y contratista	Desp. Humedad, multimetro y herramientas varias	6	2	12	12
	VALVS. Y ELEM. REFRIG.	Deterioro general y posibles atrasos de congelación	ANUAL	Técnico de refrigeración y ayudante de refrigeración	Herramientas varias	4	2	8	8

7. Establecimiento del Plan Anual de Mantenimiento Predictivo y Preventivo de los Equipos de Mayor Criticidad

El establecimiento del plan anual de mantenimiento predictivo y preventivo de los equipos de mayor criticidad se lo consideró sobre la base de la siguiente tabla, en la misma que se detallan las fechas y la descripción de los mantenimientos realizados desde el comienzo del proceso de investigación de esta tesis y complementado además con aquella información registrada en las bitácoras de los técnicos de mantenimiento. Esta tabla sirvió como un “punto de partida” para los próximos mantenimientos y como un control efectivo de los equipos críticos seleccionados en el presente trabajo.

Tabla 10. Historial de mantenimientos realizados a los equipos críticos directamente involucrados

	FECHA	EQUIPO	CONPONENTE	TRABAJO
TUNEL #1	11/06/2005	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	11/06/2005	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	10/01/2006	EVAPORADOR	LINEA/LIQUIDO	CAMB/KIT/EVRA 25
	18/03/2006	EVAPORADOR	LINEA/LIQUIDO	CAMB/KIT/EVRA 25
	01/03/2007	EVAPORADOR	LINEA/LIQUIDO	CAMB/KIT/EVRA 25
	23/09/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	23/09/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
TUNEL #2	25/11/2003	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	REBOBINAJE (Rediseño)
	25/11/2003	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	REBOBINAJE (Rediseño)
	24/06/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 3	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 4	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	COMPRESOR		OVERHAUL
	24/06/2006	SISTEMA		OVERHAUL/CAMBIO FREON 404A
	23/01/2007	COMPRESOR	VENTILADOR	MANTENIMIENTO
	26/08/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	26/08/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	26/08/2007	TUNEL	ESTRUCTURA	MANTENIMIENTO/PINTURA
TUNEL #3	11/07/2005	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	11/07/2005	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	09/11/2005	COMPRESOR		REEMPLAZO POR DAÑO/VALV
	19/10/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	19/10/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	19/10/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 3	MANTENIMIENTO
	19/10/2006	CONDENSADOR	VENTILADOR 4	MANTENIMIENTO
	19/10/2006	COMPRESOR		OVERHAUL
	19/10/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	19/10/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	19/10/2006	SISTEMA		OVERHAUL/CAMBIO FREON 404A
	16/04/2007	COMPRESOR		OVERHAUL
	23/05/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	23/05/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
TUNEL #4	30/06/2004	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	30/06/2004	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	REBOBINAJE
	07/05/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	07/05/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	07/09/2007	COMPRESOR		REEMPLAZO POR DAÑO/PISTONES
	07/09/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	07/09/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
ESPIRAL #1	10/01/2004	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	10/01/2004	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	07/08/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	07/08/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	REBOBINADO/MANTENIMIENTO
ESPIRAL #2	30/06/2004	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	24/06/2006	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	02/06/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 1	MANTENIMIENTO
	02/06/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 2	MANTENIMIENTO
	02/06/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 3	MANTENIMIENTO
	02/06/2007	EVAPORADOR	VENTILADOR 4	MANTENIMIENTO

Tabla 11. Historial de mantenimientos realizados a los equipos críticos indirectamente involucrados

	FECHA	HOROMETRO	EQUIPO	TRABAJO
COMPRESOR GRAM #1	16/11/2005		COMPRESOR	OVERHAUL
	16/11/2005		MOTOR	MANTENIMIENTO
	16/11/2005		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	24/04/2006		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	10/08/2006		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
COMPRESOR GRAM #2	04/08/2005		COMPRESOR	OVERHAUL
	16/08/2005		MOTOR	MANTENIMIENTO
	16/08/2005		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	16/08/2005		COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	26/03/2006		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	18/04/2006		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
COMPRESOR GRAM #4	04/06/2005		COMPRESOR	OVERHAUL
	10/06/2005		MOTOR	MANTENIMIENTO
	10/06/2005		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	10/06/2005		COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	24/03/2006		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	01/07/2007	9397	COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	05/07/2007	9397	MOTOR	MANTENIMIENTO
	04/07/2007	9397	COMPRESOR	CAMBIO-SELLO-MECA-O´RINGS
	06/07/2007	9482	CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
COMPRESOR GRAM #5	15/04/2005		COMPRESOR	MANTENIMIENTO
	20/04/2005		MOTOR	MANTENIMIENTO
	20/04/2005		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	15/09/2006		COMPRESOR	MANTENIMIENTO
	18/03/2006		COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	23/06/2007	45675	CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	23/09/2007		CARTER	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
COMP. GRAM GST-41	13/01/2004		MOTOR	MANTENIMIENTO
	18/07/2006	451280	SEPARADOR	CAMB/OIL/FILT/COALESCERS
	12/04/2007		SEPARADOR	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
COMPRESOR FRICK RWB II PLUS	29/01/2005		COMPRESOR	OVERHAUL
	29/01/2005		MOTOR	MANTENIMIENTO
	05/04/2006	680151	SEPARADOR	CAMB/OIL/FILT/COALESCERS
	27/05/2006		COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	30/05/2007		ECONOMIZADOR	CAMBIO/VALV/SEGURIDAD
	12/06/2007	75617	MOTOR	MANTENIMIENTO
	12/06/2007	75617	MOTOR	ALINEAMIENTO
COMPRESOR FRICK RXF-39	19/05/2006		COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	29/11/2005		MOTOR	REBOBINAJE
	18/09/2006		COMPRESOR	REPARACION /SELLO MECNICO
	06/08/2007	16644	COMPRESOR	Reparc/valv/cheque/succion
	06/08/2007	16644	SEPARADOR	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
COMPRESOR MYCOM #4	29/09/2005	1607	COMPRESOR	OVERHAUL
	29/09/2005	1607	MOTOR	MANTENIMIENTO
	16/05/2006		COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	24/05/2006	6351	SEPARADOR	CAMB/OIL/FILT/COALESCERS
	31/05/2006		BOMBA/OIL	REPARACION /SELLO MECNICO
	14/07/2006	7457	COMPRESOR	RECALIBRAR TORNILLOS
	09/06/2007	14890	MOTOR	MANTENIMIENTO
	09/06/2007	14890	VALV/SUCCION	REPARACION
	19/07/2007	15637	SUCCION	REPARACION/VALV/CHEQUE
	19/07/2007	15637	DESCARGA	REPARACION/VALV/CHEQUE
COMPRESOR MYCOM #5	03/05/2004		MOTOR	MANTENIMIENTO
	17/11/2004	8353	SEPARADOR	CAMBIO/ACEITE/FILTRO
	21/05/2005	4,5	COMPRESOR	OVERHAUL
	21/05/2005	4,5	MOTOR	MANTENIMIENTO
	08/05/2006		COMPRESOR	MANTENIMIENTO DE PINTURA
	18/05/2006	7218	SEPARADOR	CAMB/OIL/FILT/COALESCERS
	05/06/2007	15840	MOTOR	MANTENIMIENTO
	15/07/2007	16723	COMPRESOR	REPARACION /SELLO MECNICO
CONDENSA - DOR #1	01/04/2006		TORRE	OVERHAUL
	01/04/2006		MOTORES	OVERHAUL (6)
	29/09/2006		MOTORES	MANTENIMIENTO/# 4-# 5
	17/11/2006		MOTORES	MANTENIMIENTO/# 4
	31/01/2007		MOTOBOMBA	MANTENIMIENTO
CONDEN - SADOR #2	15/03/2006		TORRE	OVERHAUL
	19/03/2006		MOTOBOMBA	MANTENIMIENTO
	21/11/2006		TURBINA	CAMB/CHUMACERA-COMPLETA
	14/06/2007		TORRE	MANTENIMIENTO/PINTURA
CONDENSA - DOR #3	06/11/2005		MOTORES	MANTENIMIENTO
	23/04/2006		TORRE	OVERHAUL
	23/04/2006		MOTORES	OVERHAUL (6)
	14/06/2007		TORRE	MANTENIMIENTO/PINTURA
	02/09/2007		MOTOBOMBA	MANTENIMIENTO
CONDENSA - DOR #4	30/06/2004		MOTOBOMBA	REBOBINAJE
	21/05/2006		TORRE	OVERHAUL
	25/03/2006		MOTORES	OVERHAUL (6)
	13/04/2006		MOTOBOMBA	MANTENIMIENTO
	21/06/2007		TORRE	MANTENIMIENTO/PINTURA
COND. #5	14/07/2005		TORRE	OVERHAUL
	23/06/2007		TORRE	MANTENIMIENTO/PINTURA
CONDEN - SADOR #6	03/05/2005		TORRE	OVERHAUL
	05/10/2006		MOTOBOMBA	MANTENIMIENTO
	19/12/2006		TORRE	OVERHAUL
	27/06/2007		TORRE	MANTENIMIENTO/PINTURA

Una vez que se definió el punto de partida para el plan de mantenimiento, este quedó definido de la siguiente manera:

Tabla 12. Plan de mantenimiento de equipos críticos directamente involucrados proceso productivo (2008)

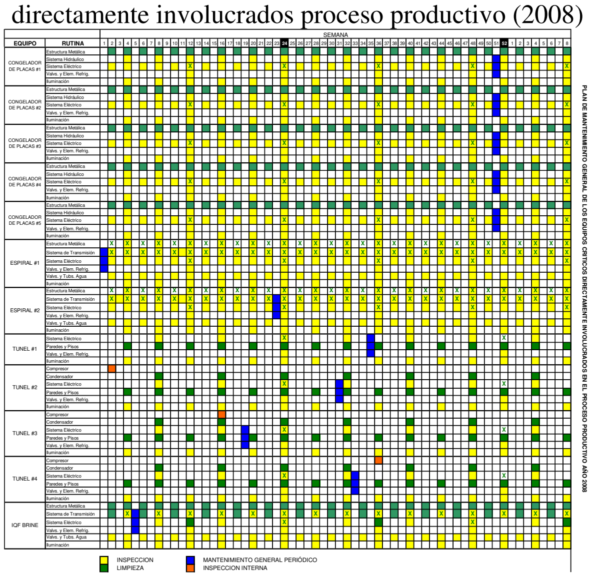
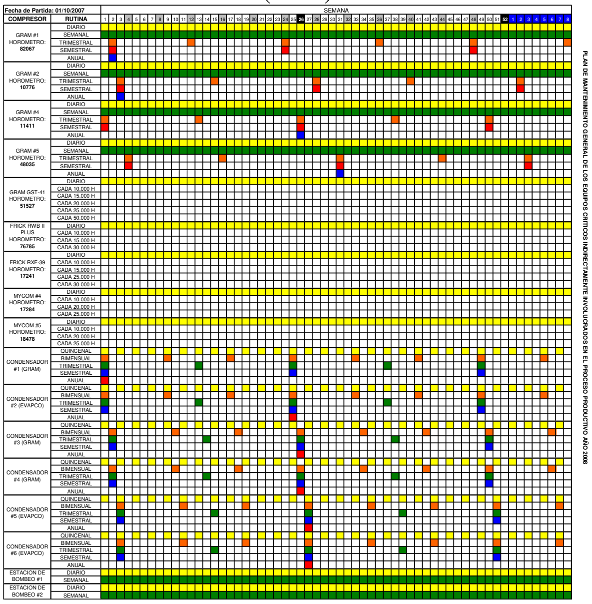


Tabla 13. Plan de mantenimiento de equipos críticos indirectamente involucrados en proceso productivo (2008)



8. Conclusiones

La operatividad del proceso productivo depende directamente de las condiciones en las que se encuentren los equipos que intervienen en él, por lo tanto este proyecto de investigación estuvo orientado a permitir la correcta operación de los mismos por medio del plan de mantenimiento predictivo y preventivo presentado.

Fue necesario establecer que la etapa crítica del proceso productivo fue la congelación, para así saber a cuáles equipos se debió orientar este estudio y de esta manera precautelar la entrega a tiempo de las órdenes de producción, con una excelente calidad y controlando el buen funcionamiento de los mismos.

Los equipos críticos de la empresa que se pudieron determinar se los clasificó en dos grupos que son: los que directamente afectan al proceso productivo, que comprenden: los 5 congeladores de placas, los 2 túneles espirales, los 4 túneles de congelación por aire forzado y el IQF Brine y los que lo afectan de manera indirecta, que son: los 4 compresores de pistón marca Gram, los 5 compresores de tornillo marca Frick, Mycom y Gram, los 6 condensadores evaporativos marca Gram y Bac y las 2 estaciones de bombeo marca Gram y Frick.

Es necesario mantener registros confiables de los diversos mantenimientos que se ejecutan a los equipos, ya que de esta manera se puede aplicar de manera efectiva un plan de mantenimiento programado. El no tener un plan hizo que la empresa se dedicara a actuar resolviendo averías o desperfectos en todos los equipos de la planta, y realizando ciertas de tareas de mantenimiento no programadas basadas en la experiencia de los técnicos o sobre la base de las averías que se presentaban.

Las actividades de inspección, limpieza y manutención deben ser realizadas por los técnicos de la empresa y salvo aquellos mantenimientos predictivos que requieran de un mayor nivel de tecnología, o ciertos mantenimientos preventivos que utilicen herramientas o equipos específicos deberán ser atendidos por los recursos externos (contratistas); ya que de no ser así se requerirá mayor cantidad de equipos y herramientas específicas para dichas actividades, lo cual implicaría una inversión adicional para realizar mantenimientos eventuales, que no darían ningún valor agregado a la empresa.

9. Bibliografía

[1] SUÁREZ ROVELLO DANIEL "Diseño de un Plan de Mantenimiento para la Infraestructura e Instalaciones Técnicas de los Túneles de Guayaquil" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica, 2003.

[2] TOKUTARO SUZUKI, "TPM en Industrias de Proceso", TGP HOSHIN, c/ Marqués de Cubas, 25, 28014 Madrid España, 1995.

[3] ING. RODRIGO SARZOSA, Documentación de cátedra de materia de MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) dictada para la Carrera de Ingeniería Industrial, Escuela Superior Politécnica, 2005.

[4] ING. ERNESTO MARTÍNEZ, Documentación de cátedra de materia de MANTENIMIENTO INDUSTRIAL dictada para la Carrera de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica, 2006.

[5] MORA GUTIÉRREZ LUIS ALBERTO, Material proporcionado en Seminario de MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, Medellín – Colombia, 2002.

[6] YORK FOOD SYSTEMS, "Operating and Maintenance Instructions, Series S - Line Packaged Spiral Freezer Model S -1615P-SIA", New Zealand, 1996.

[7] I.J. WHITE SYSTEMS, "Operations Manuals", Blast Freezing Systems.

[8] FRICK. Installation – Operation – Maintenance, Rotary Screw Compressor Units with Microprocessor Control, Pennsylvania, USA.

[9] MYCOM MANUFACTURING INC. Microcold Screw Compressor Package, Texas, USA.

[10] GRAM. Manuales de Operación y Mantenimiento, Compresores, Congeladores de Placas y Condensadores Evaporativos, Dinamarca, 1983.

[11] BAC. Manual de Operación y Mantenimiento, Condensadores Evaporativos.

[12] http://www.mineduc.cl/usuarios/jec/doc/200610241043260.GuIaMantenimiento01IntroducciOn.pdf

[13] http://www.mescorza.com/manten/mantenimiento/definicion.htm