**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**
**SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

# EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO COCEDOR.
# PESQUERA CAMANCHACA PESCA SUR.

Trabajo de Titulación para optar al Titulo de Ingeniero de EJECUCIÓN EN MECÁNICA DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno: Esteban Ojeda Islas

Profesor Guía: Mario Castro Reyes

2018

# RESUMEN

En el contexto actual, Chile se encuentra definido como un país en vía de desarrollo, con una matriz energética prometedora comparada con los países vecinos, nos encontramos en un tiempo donde se busca la excelencia. Esto lo podemos observar y comprender en todos los planos sociales en los que nos podemos desenvolver, notamos que cada vez los procedimientos son mas rigurosos, es decir, existe mas control de todo recurso y su utilización.

Esto a llevado a desarrollar métodos y técnicas para satisfacer las necesidades del mercado actual, pero aun que tengamos el conocimiento y la experiencia es difícil asegurar un resultado, como consecuencia tratamos de comprender el comportamiento de los malos resultados ya que desde ahí podemos mejorar y construir algo mejor.

Esta búsqueda por entender no es posible abordarla desde una sola perspectiva, cuando tenemos un problema ya sea de salud, de educación, de ingeniería etc., existe mas que un método para solucionarlo, todo dependerá de las variables que estén involucradas, así un problema es posible clasificarlo según sus dimensiones.

Desde que el ser humano camina sobre la tierra ha sido testigo de la extinción de gran cantidad de especies de animales y plantas, esto sucede debido a que la existencia de una especie depende del balance con el medio en el que se encuentran. El ser humano pese a comprender este equilibrio que esta invadiendo, a provocado los mayores impactos ambientales de la historia en los últimos doscientos años.
Esto obtuvo la adquisición de la llamada “Conciencia ambiental creciente” que llego en los años 70 y se transformo en un sector político autónomo que es cada vez mas importante a nivel nacional e internacional. En muchos países hay ministerios encargados solamente de temas ambientales, regulando los parámetros previamente definidos por sistemas de gestión ambiental certificados como la ISO 14001 o EMAS.

**INDICE DE MATERIAS**


INTRODUCCIÓN ..... 1
OBJETIVOS ..... 2
OBJETIVO GENERAL ..... 2
OBJETIVOS ESPECIFICOS ..... 2

CAPITULO 1: Planteamiento del problema. ..... 3
1.1 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA ..... 4
1.2.1 Diagrama del proceso ..... 6
1.4 LIMITACIONES Y/O ALCANCES ..... 10

CAPITULO 2: Descripciones generales / Marco teórico ..... 11
2.1 CAMANCHACA PESCA SUR ..... 12
2.1.1 TVN ..... 12
2.1.2 Vahos ..... 12
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO ..... 13
2.2.1 Descarga y almacenamiento. ..... 13
2.2.4 Prensas ..... 15
2.2.10 Enfriadores ..... 20
2.2.11 Molinos ..... 20
2.2.12 Ensaque. ..... 21
2.3 FUENTE DE DATOS. ..... 21
2.3.1 Datos primarios ..... 22
2.3.2 Datos secundarios ..... 32
2.3.2.1 Reseña mantenimiento ..... 32

CAPITULO 3: Estudio y análisis de las fallas. ..... 41
3.1 DISEÑO DEL ANALISIS ..... 42
3.2 ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS ..... 43
3.2.1 Tiempo de operación ..... 43
3.3.1 Análisis Subsistema Nº1: Tornillo ..... 46
3.3.2 Análisis Subsistema Nº2: Chaqueta ..... 50
3.3.3 Análisis Subsistema Nº3: Acoplamiento. ..... 54
3.3.4 Análisis subsistema Nº4: Descansos contra eje. ..... 58
3.3.5 Análisis subsistema Nº5: Contra eje ..... 60
3.3.6 Análisis subsistema Nº6: Descansos tornillo ..... 61
3.3.7 Análisis subsistema Nº7: Sprocket motriz y conducido ..... 63
3.3.8 Análisis subsistema Nº8: Cadena de transmisión ..... 64
3.3.9 Análisis subsistema Nº9: Reductor cyclo ..... 65

CAPITULO Nº4 : Propuesta de solución. ..... 65
4.1 FALLAS IDENTIFICADAS ..... 67
4.1.1 Fallas por fatiga ..... 67
4.1.2 Fallas por exposición y desgaste ..... 67
4.1.3 Fallas en Elementos rodantes ..... 68
4.1.4 Fallas por ineficiente extracción de vahos ..... 68
4.1.5 Otras fallas ..... 68
4.1.6 Clima ..... 68
4.1.7 Paros Emergencia ..... 68
4.2 GENERALIDADES APLICADAS AL MANTENIMIENTO ESPECIFICO DEL COCEDOR. ..... 69
4.2.1 Alineamientos ..... 69
4.2.2 Protección de sobrepresión del vapor ..... 69
4.2.3 Nivel de materia prima dentro del cocedor ..... 69
4.2.4 Lubricación de los componentes ..... 69
4.2.5 Espesores de la camisa y el tornillo. ..... 70
4.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ..... 71
4.4 DESARROLLO MANTENIMIENTO PROGRAMADO ..... 72
4.4.1 Mantenimiento preventivo programado ..... 72
4.4.2 Mantenimiento predictivo programado ..... 73

4.5 INSPECCIONES Y COMPROBACIONES ..... 74
4.6 OPTIMIZACIONES PARA EL SISTEMA ..... 75
4.6.1 Automatización de alimentación de materia prima ..... 75
4.6.2 Válvula de alivio o disco de ruptura en alimentación vapor ..... 75

CAPITULO Nº5: Estudio económico y evaluación técnica de la propuesta. ..... 76
5.1 NORMA ..... 77
5.2 COSTO DE FALLA EN HORARIO DE PROCESO (CF) ..... 78
5.3 HORAS DE DETENCIÓN DEL COCEDOR. ..... 79
5.4 COSTOS DE FALLA DE LA TEMPORADA 2018 ..... 79
5.5 DESCRIPCIÓN DE COSTOS GLOBALES DE MANTENCIÓN TEMPORADA 2018 ..... 80
5.6 COSTOS DE MANTENCIÓN TOTALES EN PERIODO 2018 ..... 81
5.7 ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE COSTOS ..... 82
5.9 EVALUACIÓN TÉCNICA. ..... 83
5.9.1 Tornillo ..... 83
5.9.3 Acoplamiento ..... 84
5.9.4 Descansos ..... 85
5.9.6 Sprockets ..... 86
5.9.7 Cadena ..... 86
5.9.8 Reductor ..... 87
CONCLUSIÓN ..... 88

# INDICE DE FIGURAS.

Figura 1-1: Sector Cocedores ..... 5
Figura 1-2: Diagrama del proceso. ..... 6
Figura 1-3: Manuscrito de informe mecánico. ..... 7
Figura 2-1: Flota industrial Camanchaca ..... 13
Figura 2-2: Cocedor ..... 14
Figura 2-3: Prensa ..... 15
Figura 2-4: Decanter ..... 16
Figura 2-5: Centrifuga ..... 17
Figura 2-6: Rotadiscos ..... 18
Figura 2-7: Rotatubos ..... 18
Figura 2-8: Finisher ..... 19
Figura 2-9: Enfriadores ..... 20
Figura 2-10: Ensaque ..... 21
Figura 2-11: Capacidades del cocedor ..... 22
Figura 2-12: Diagrama Funcional de Bloques ..... 23
Figura 2-13: Tornillo Helicoidal ..... 24
Figura 2-14: Chaqueta del cocedor ..... 25
Figura 2-15: Acoplamiento sistema motriz del cocedor ..... 26
Figura 2-17: Rodamiento 22316 ck ..... 27
Figura 2-16 : Descanso SD3144 ..... 27
Figura 2-18: Ubicación de los descansos del tornillo ..... 28
Figura 2-20: Reductor Cyclo ..... 31

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Antecedentes del periodo de estudio .....43
Tabla 3-2: Tabla de fallas por componente .....44
Tabla 3-3: FMEA Subsistema nº1 .....46
Tabla 3-4: Linealizacion de datos modelo de weibull Sub sistema nº1 .....47
Tabla 3-5: Parámetros de la distribución de weibull .....48
Tabla 3-6: Confiabilidad de la distribución de Weibull .....48
Tabla 3-7: FMEA Subsistema nº2 .....50
Tabla 3-8: Linealizacion de datos modelo de weibull Sub sistema nº2 .....51
Tabla 3-9: Parámetros de la distribución de Weibull .....52
Tabla 3-10: Confiabilidad de la distribución de Weibull .....52
Tabla 3-11: FMEA Sub sistema nº3 .....54
Tabla 3-12: Linealizacion de datos de la distribución de Weibull Sub sistema nº3 .....55
Tabla 3-13: Parametros de la Distribucion Weibull Sub sistema nº3 .....56
Tabla 3-14: Confiabilidad de Weibull Sub sistema nº3 .....56
Tabla 3-15: FMEA Sub sistema nº4 .....58
Tabla 3-16: FMEA Sub sistema nº5 .....60
Tabla 3-17: FMEA Sub sistema nº6 .....61
Tabla 3-18: FMEA Sub sistema nº7 .....63
Tabla 3-19: FMEA Sub sistema nº8 .....64
Tabla 3-20: FMEA Sub sistema nº9 .....65
Tabla 4-1: Mantención Preventiva Programada .....72
Tabla 4-2: Mantención Predictiva Programada .....73
Tabla 4-3: CheckList Semanal con equipo detenido .....74
Tabla 4-4: Check List Semanal con el equipo en operacion .....74
Tabla 5-1: Tiempo de intervención de componentes críticos del equipo .....79
Tabla 5-2: Costo perdida de producción por falla .....79
Tabla 5-3: Costos por modo de falla año 2018 .....80
Tabla 5-4: Costo de mantención totales en el periodo 2018 .....81
Tabla 5-5: Estimación de reducción de gastos en función a la confiabilidad .....82
Tabla 5-6: Evaluación técnica Tornillo .....83
Tabla 5-7: Evaluacion tecnica Chaqueta .....84
Tabla 5-8: Evaluacion tecnica Acoplamiento .....84
Tabla 5-9: Evaluacion tecnica Descansos .....85
Tabla 5-10: Evaluacion tecnica Contra eje .....85
Tabla 5-11: Evaluación técnica Sprockets .....86
Tabla 5-12: Evaluacion tecnica Cadena .....86
Tabla 5-13: Evaluacion tecnica Reductor Cyclo .....87

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 3-1 : Linealizacion de datos Distribucion Weibull  Sub sistema nº1 ..... 47
Grafico 3-2: Curva de confiabilidad Weibull Subsistema nº1 ..... 49
Grafico 3-3: Linealizacion de datos Distribucion Weibull Sub sistema nº2 ..... 51
Grafico 3-4: Curva de confiabilidad Weibull Sub sistema nº2 ..... 53
Grafico 3-5: Linealizacion de datos Distribucion Weibull  Sub sistema nº3 ..... 55
Grafico 3-6: Curva de confiabilidad Weibull Sub sistema nº3 ..... 57
Grafico 5-1: Distribución de costos de mantención año 2018 ..... 80
Grafico 5-2: Estimación de reducción 2019 ..... 82

# INTRODUCCIÓN

En esta investigación se evalúa el funcionamiento de un segmento del proceso productivo de harina de pescado; este sector contempla cuatro equipos cocedores, están dispuestos en forma paralela y son imprescindibles en el proceso productivo.

Se revisara el historial de fallas y el historial de horarios de proceso, aquellos datos serán importantes cuando se comience a analizar los componentes del equipo, tomaremos los datos del equipo que fue sometido a mayor cantidad de horas de operación, con la información de ese equipo, se llevara a cabo un análisis basado en la confiabilidad que entrego en su periodo de estudio.

Cada elemento de un sistema tendrá ciertos modos de fallar, esto a causa de las diferentes variable que este influenciando la operación, por ende la investigación de los parámetros y los imponderables que se presentan será muy relevante en los resultados obtenidos.

La investigación contempla un segmento cualitativo y otro cuantitativo con la finalidad de conseguir resultados mas completos y determinantes, el aspecto cuantitativo considera funciones de densidad de probabilidad llevadas a cabo con los datos obtenidos en el periodo de estudio, y el análisis cualitativo será en función del mismo historial junto con la experiencia y los manuscritos de las actividades del personal de mantención.

## OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar y generar una propuesta de mantenimiento para equipo cocedor. Pesquera CAMANCHACA

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar levantamiento de información necesaria para llevar a cabo un análisis de fallas.
- Identificar y analizar puntos críticos de fallas en cocedores.
- Generar una propuesta de mantenimiento basado en el análisis.
- Evaluar técnica y económicamente la propuesta

**CAPITULO 1:** Planteamiento del problema**.**

## 1.1 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA

Camanchaca inició operaciones en Chile el año 1965, con una actividad centrada en la pesca y procesamiento de camarones y langostinos. En 1980, un cambio de dirección en la empresa trajo como resultado una estrategia de diversificación hacia otros productos del mar, incluyendo la acuicultura, lo que impulsó un crecimiento uniforme y constante. En la actualidad, Camanchaca participa en los negocios de pesca extractiva en el norte y sur de Chile, en la acuicultura del Salmón Atlántico y en el cultivo de Mejillones y Abalones. Sus operaciones se desarrollan desde el norte de Chile, en Iquique hasta el sur del país, a lo largo de 6,640 kilómetros de costa. Este crecimiento la ha llevado a un lugar de privilegio en los mercados internacionales, exportando a más de 50 países.

En el año 2011 en la planta de Coronel que tenia alrededor de 17 años operando, se realizo una fusión entre Camanchaca y la Pesquera Bio Bio, lo que permitió la recién creada nueva compañía, Camanchaca Pesca Sur S.A., Esto consiguió importantes sinergias y mejoras en la administración de flota, gestión de producción de las plantas, y sinergias administrativas del negocio de la pesca extractiva pelágica (aquella que se pesca en los primeros 200 metros debajo de la superficie). Adicionalmente, la fusión permitió combinar dos empresas muy orientadas a la utilización de la pesca para el consumo humano.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN.

En concepción, ciudad capital de la región del Bio - Bio encontramos una amplia gama de industrias, estas están mayoritariamente ubicadas en la costa, debido a los recursos que el mar proporciona; esto puede ser con motivos de refrigerar utilizando el agua del océano o la obtención de materias primas para industrias pesqueras.

Prospectando en el universo empresarial que existe en concepción, nos damos cuenta de la alta competencia que esta presente en los diferentes rubros industriales, obligando a las empresas a aumentar los niveles de eficiencia productiva en sus equipos y procesos en general.

En Camanchaca Pesca Sur. existen dos plantas productoras de harina de pescado en la provincia de Concepción, están ubicadas en Coronel y Talcahuano, estas operan desde el año 2011 perteneciendo a Camanchaca, ya que antes formaba parte de pesquera Bio-Bio.

Ambas plantas con sus equipos tienen 17 años operando, sus niveles de eficiencia son bajos y los costos de mantención y operación aumentan en los últimos

años, por ello nace la necesidad de levantar un proyecto que unifique las plantas en una sola y que sea capaz de satisfacer los niveles de producción. Así es como en el segundo semestre del año 2018 comienza el proyecto de aumento de capacidad de la planta productora de harina de pescado de coronel.

El proyecto en su aspecto técnico es muy extenso, lo cual hace complejo los análisis que deben abordarse, por ende se a llevado a cabo dividiendo en sub-proyectos, acotando la planta en diferentes sectores analizando diferentes perspectivas. Esto debe asegurar que los equipos sean capaces de procesar los niveles estimados y se encuentren disponibles en sus periodos de trabajo.

Dentro del proceso de la fabricación de harina de pescado encontramos en su primera etapa a cuatro equipos que cocen la materia prima, esta etapa se encontraba sobredimensionada por conceptos de disponibilidad de equipos, la estrategia de la empresa es tener siempre disponible el equipo, ya que de los cuatro cocedores que habían, solo dos eran utilizados dejando otros dos detenidos para asegurar la disponibilidad total de esta área.

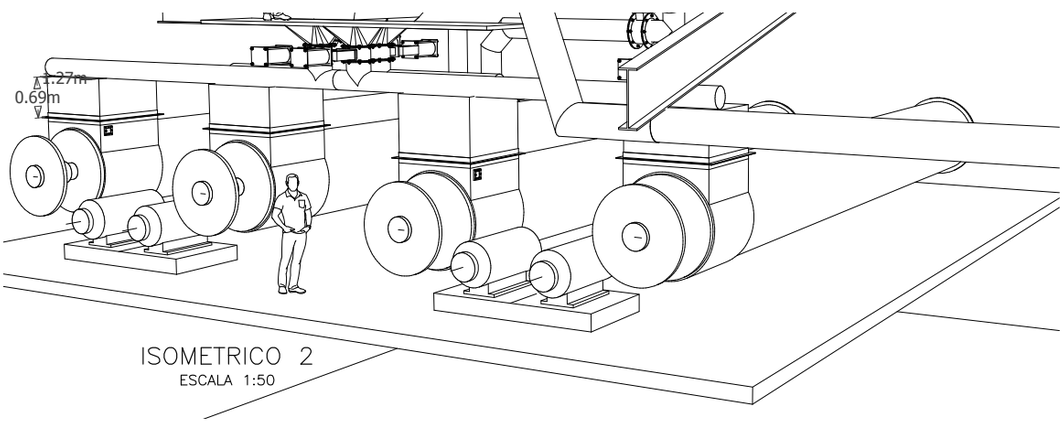



Figura 1-1: Sector Cocedores

Dada las proyecciones se pretende hacer uso de un mínimo de tres cocedores en sus horarios de proceso, esto altera considerablemente sus valores de disponibilidad, entonces se pretende hacer una evaluación y generar una propuesta de mantenimiento para asegurar el funcionamiento continuo en horarios de producción de estos equipos.

Los cocedores son equipos importantes y si no se encuentran disponibles no es posible producir harina. Por ello es necesario asegurar el funcionamiento. El estudio buscara aunar teoría y experiencia de terreno para planificar en forma óptima una mantención.

### 1.2.1 Diagrama del proceso

A continuación se representa un diagrama que indica la configuración de los equipos dentro del proceso productivo, es posible notar que el sector cocedores se encuentra al comienzo del proceso alimentando de materia prima todos los otros procesos de la planta.

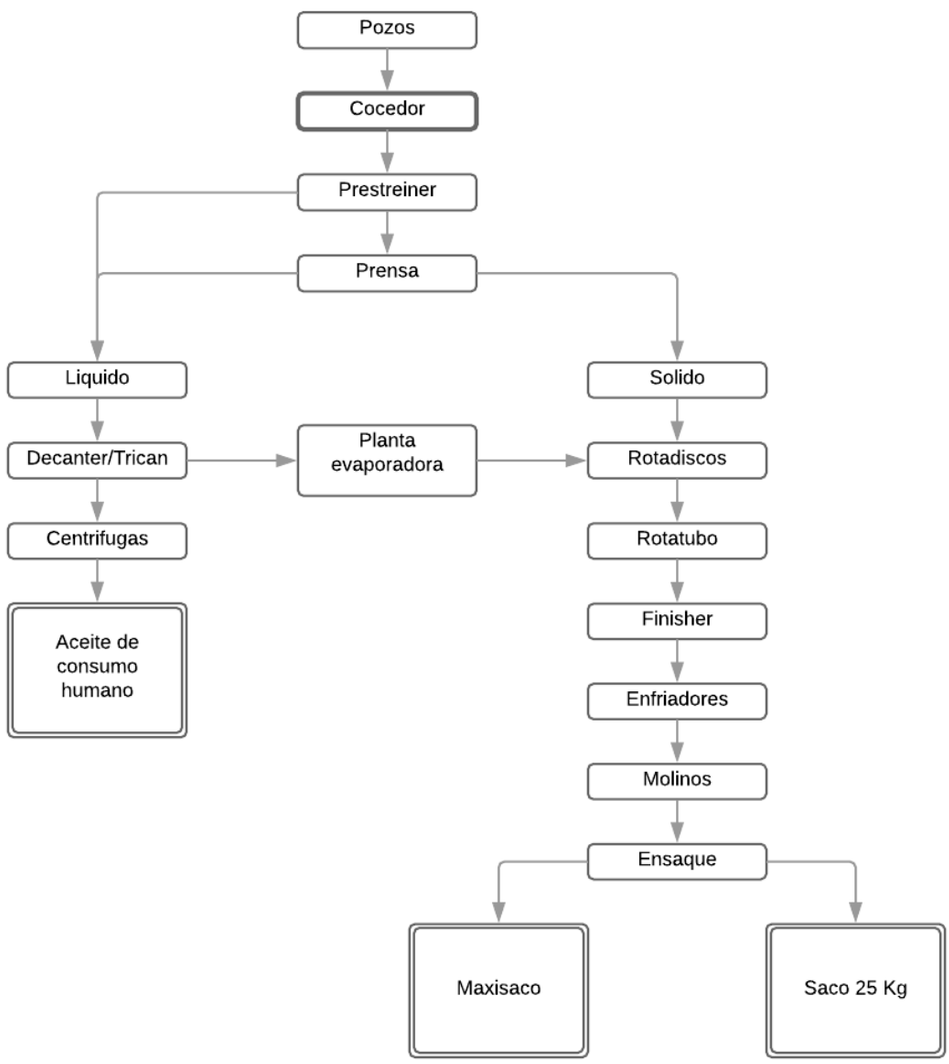



Figura 1-2: Diagrama del proceso.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la planta de harina Camanchaca pesca sur, el 70 % de sus procesos son térmicos. Una de sus principales áreas esta compuesta por cuatro equipos del mismo modelo y fabricante operando en forma paralela llamados cocedores, en esta área se da la primera intervención térmica a la materia prima, para luego alimentar un proceso posterior de drenaje y por consiguiente al resto de la planta.

La función como su nombre lo indica es de cocción, mediante vapor saturado el cual esta siendo inyectado a la chaqueta y al tornillo central realizan el proceso térmico de la materia prima. Pero estos equipos tienen 17 años por ende tienen frecuentes fallas y detenciones, para eso la planta ocupa dos cocedores adicionales para asegurar la disponibilidad máxima de esta parte del proceso.

En la investigación no se obtuvo registro digital de fallas, ni mucho menos análisis previos, pero si se tuvo acceso a informes manuscritos de actividades diarias de mecánicos de terreno, en los cuales se indican algunos trabajos realizados. Uno de los problemas es la limitada información indicada en estos informes, no especifican motivos, solo indican el síntoma presentado por los equipos y la acción correctiva generada.

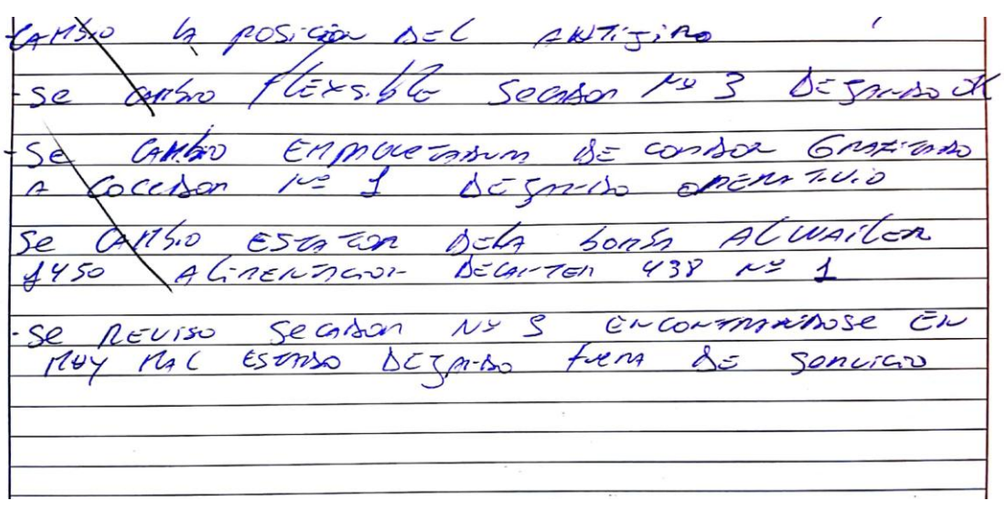

CAMBIO LA POSICION DEL ANTIJIRO
-SE CAMBIO FLEXSIBLE SECADOR Nº 3 DEJANDO OK
-SE CAMBIO EMPAQUETADURA DE CONDOR GRAFITADO A COCEDOR Nº 1 DEJANDO OPERATIVO
SE CAMBIO ESTATOR DE LA BOMBA ALWAILER 1450 ALIMENTACION DECANTER 438 Nº 1
-SE REVISO SECADOR Nº 5 ENCONTRANDOSE EN MUY MAL ESTADO DEJANDO FUERA DE SERVICIO

Figura 1-3: Manuscrito de informe mecánico.

Junto con el apoyo del departamento de producción de la empresa se obtuvo información de los horarios de proceso y los volúmenes procesados con fechas y parámetros operacionales de los equipos, permitiendo el desarrollo del análisis que se pretende realizar.

Para llevar a cabo un estudio es necesario conocer en profundidad el funcionamiento y los parámetros de cada componente del equipo, así poder evaluar su operación y averiguar el contexto y las variables que pueden provocar una falla, estos componentes hay que jerarquizarlos según sus niveles de criticidad lo cual esta directamente relacionado con la frecuencia y la consecuencia de la falla, entonces hay que ordenar la información de fallas y agruparlas según su componente, considerar las características técnicas que tenga cada uno.

El periodo de recopilación de información fue la temporada de 2018, desde ahí se puede comenzar a evaluar los registros y encontrar los posibles modos de fallas que ocasionarían la falla funcional y la detención del equipo.

La intermitencia de los procesos genera una dificultad en el análisis dado que en el levantamiento de información no habrá que considerar el periodo total en horas entre las fechas propuestas, sino solo los horarios en que la planta se encontraba operando, el departamento de producción de la planta lleva un registro de los niveles de pesca procesados y en que líneas fueron tratados, ya que son 4 líneas de cocedores distribuidos paralelamente aunque solo operan 2.

La propuesta buscara asegurar el funcionamiento optimo de estos equipos mediante el análisis de fallas, primero se identificaran puntos críticos, luego se analizaran la frecuencia con la que ocurren, esto con el objetivo de poder estimar con métodos matemáticos los patrones de fallas en los componentes.

Para llegar a entender los modos de fallas que se harán presente, es necesario seleccionar un cocedor en función a las horas de operación que realizo en el periodo, nos indicara la respuesta de los componentes ante las horas de servicio.

Al comparar los antecedentes notamos que las líneas 1 y 4 fueron puestas en marcha en lapsos de tiempo breves, por ello no serán incluidos en el estudio, por otro lado el cocedor 2 y 3 permanecieron en uso durante meses, demostrando modos de fallas similares e indicándonos hacia donde apuntar con la estrategia de mantención, la siguiente comparativa nos indica las líneas que fueron utilizadas en la temporada 2018, en el anexo b es posible encontrar los horarios de las cuatro líneas, y se aprecia que el cocedor 1 y 4 fueron puestos en marchas en periodos breves, esto pudo ser debido a la presencia de una falla funcional.

| | **Cocedor nº2** | **Cocedor nº3** |
|---|---|---|
| **Velocidad operación[Rpm]:** | 3 a 7 | 3 a 7 |
| **Horas de proceso:** | 1178,7 | 1112,2 |
| **Detenciones no programadas:** | 10 | 8 |

Se observa que el cocedor de la línea numero dos fue el equipo del sector que se encontró sometido a mayor horario de operación, esta información permite deducir que será el equipo que mas represente el comportamiento de los componentes.

Las detenciones no programadas indica el numero de fallas que existieron en su operación y que concluyeron en la detención completa del equipo, al explorar el tipo de intervención que se registro en el informe, será posible averiguar los parámetros que salieron de sus márgenes y provocaron la falla funcional.

## 1.4 LIMITACIONES Y/O ALCANCES

El objetivo de esta investigación es realizar un análisis cuantitativo y cualitativo para poder comprender el funcionamiento de los equipos cocedores, con esto se pretende obtener un beneficio a corto plazo adecuando una estrategia de mantenimiento a las condiciones de deterioro actuales del equipo, se analizaran las variables involucradas en el trabajo térmico que realizan estas maquinas.

Como se indico anteriormente la administración de la empresa cuenta con personal para solucionar imponderables del carácter mecánico y otra matriz de mando y operaciones para el área eléctrica.

Con ello dentro de la propuesta el motor eléctrico no será considerado debido a que ya es abordada su mantención por el personal eléctrico, los cuales anualmente realizan mantenciones completas a todos los motores de la planta.

Así también la planta posee una estrategia de lubricación, estos están seleccionados cuidadosamente dado la compatibilidad que deben tener por estar trabajando en una línea alimenticia, quiero decir, que el área de la lubricación de descansos del equipo tampoco estará siendo abordada por esta propuesta.

Consecuencia del bajo nivel administrativo de la planta, no existe registros completos del comportamiento del equipo en los últimos años, debido a eso frecuentemente sufren detenciones no programadas , esto es debido a que utilizan mantenimiento correctivo, es decir intervienen cuando se presenta la falla.

Así se condiciona el historial de activos, y con eso limita los análisis en el aspecto técnico y económico; ya que para que la confiabilidad calculada tenga una alta credibilidad, los datos con los cuales se efectúa el calculo deben ser igualmente creíbles; y estos datos son los manuscritos del mismo personal que intervino el equipo, por ende su nivel de confianza es elevado.

El objetivo es analizar los datos mas tangibles que existen del equipo y en función a eso generar una propuesta que sea capaz de sistematizarse con el deterioro, y pueda controlar los costos de los diferentes modos de fallas.

**CAPITULO 2**: Descripciones generales / Marco teórico

## 2.1 **CAMANCHACA PESCA SUR.**

La empresa Camanchaca elabora harina y aceite de pescado en su planta de Coronel, Región del Bio Bío, en su mayor parte utilizando sardina y jurel, capturada en la Zona Centro-Sur de Chile.

El componente mas nutritivo de la harina de pescado es la proteína, la cual tiene una proporción ideal de aminoácidos esenciales altamente digestibles, que varían relativamente poco con el origen de la harina. Además la proteína de la harina de pescado tiene una escasa antigenicidad, por lo que resulta muy adecuada en dietas alimenticias de animales jóvenes.

### 2.1.1 TVN

El Laboratorio de Control de Calidad se encarga de realizar un primer análisis a la materia prima, para determinar la condición de ésta, y posteriormente verifica la calidad y parámetros operacionales del proceso, hasta la obtención de la harina. La Materia Prima recibida, es analizada para medir su grado de frescura, a través de la determinación del TVN (Nitrógeno Total Volátil). Este índice cuantifica las bases nitrogenadas producidas durante el proceso de deterioro del pescado, y por consiguiente discrimina calidades de producto final.

### 2.1.2 Vahos

En este contexto son llamados vahos toda emisión de gases residuales del proceso productivo, se generan a través de la intervención térmica de la materia prima. Son extraídos y utilizados en intercambiadores de calor para poder utilizar la energía residual del proceso. Además es purificado con procesos de condensación y decantación.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

### 2.2.1 Descarga y almacenamiento.

La materia prima llega a los puntos de descarga ya sea proporcionada por camiones o la propia flota industrial y/o artesanal, mediante bombas es desplazada hacia tolvas(Pozos) con tornillos helicoides en el fondo que es el encargado del movimiento de la pesca(materia prima) cuando se inicia el proceso. A la pesca se le mide su frescura a través de la determinación de su TVN (nitrógeno total volátil). Y para la fabricación de harina se utiliza: Jurel Y Sardina.

Figura 2-1: Flota industrial Camanchaca

### 2.2.2 Cocedores

Estos equipos son alimentados de materia prima mediante un sistema de bombas de pistón que operan junto a su unidad hidráulica en el sector de pozos. El proceso de cocción permite coagular proteínas en la carne del pescado, esto ayuda a la liberación del aceite que contiene la temperatura de cocción es entre 90-100ºC los cuales son calefaccionados con vapor saturado a una presión de 6 bar . Cuando se produce la cocción se libera agua está lleva el nombre de licor desborrado que es dirigido al área de decantación.

Figura 2-2: Cocedor

### 2.2.3 Preestreiners

Los preestreiners son el proceso seguido de la cocción donde la función es drenar liquido éstos están conformados por mallas en formas cilíndricas que se mantienen rotando con aletas de avance en su interior para permitir el movimiento de la materia prima, los solidos son descargados por el extremo hacia la siguiente etapa del proceso y los líquidos son dirigidos hacia las áreas de decantación.

### 2.2.4 Prensas

Una vez cocida la materia prima y drenada las mayores cantidades de liquido, es llevada mediante tornillos sin fin hacia prensas tornillo de accionamiento hidráulico, por medio de compresión mecánica se obtiene un solido con entre 40 y 45% de humedad, el liquido es drenado por orificios situados en la chaqueta de las prensas. El solido que se obtiene posee características de una plancha dura de pescado cocido y prensado, es llamada torta de prensa y el liquido con bajos porcentajes de solido se le llama licor de prensa.

Figura 2-3: Prensa

### 2.2.5 Separadores

#### 2.2.5.1 Decanter/Tricanter

En esta área del proceso llegan el licor desborrado y el licor prensa estos con porcentajes de agua, aceite y solidos. Los Decanter cumplen la función de separar partículas solidas de el liquido el cual contiene agua y aceite. Y los tricanter realizan la función de separar solido agua y aceite. Los solidos adquiridos en este proceso son reinsertados al proceso de solidos, es decir, agregados a la torta de prensa generando un aumento en su humedad hasta niveles de 62% dependiendo si es sardina o jurel existen variaciones. Por otro lado los líquidos son tratados en el área planta de aceite donde es separado y obtenido aceite de consumo humano y agua cola para tratarla en una planta evaporadora. Las variables presente en el proceso de decanter son el nivel de llenado, la velocidad de rotación y el flujo del líquido.

Figura 2-4: Decanter

2.2.5.2 Centrifugas/Purificadoras

Aquí se produce la separación del aceite y el agua de cola, el fluido es precalentado por 2 intercambiadores de calor la cual eleva su temperatura hasta 90 ºC para posterior separación, el aceite pasa a almacenaje y los sólidos a torta de prensa. Además de agua y aceite también quedan restos de solidos los que forman sedimento en el manto, el que debe ser retirado por medio de un lavado automático con agua caliente, soda al 13% y ácido nítrico al 6%.

Figura 2-5: Centrifuga

2.2.6 Planta evaporadora

Opera mediante tanques los cuales están siendo sometidos a presiones de vacío lo cual permite que con temperaturas inferiores a 100 ºC se evapore el agua(agua con bajo porcentaje de solido), el objetivo es concentrar el líquido que contiene aproximadamente 9% de sólidos y llevarlo a un 40% de sólidos. Gracias a este proceso se puede evaporar el agua, quedando los sólidos y el material soluble en el concentrado. El concentrado se agrega a la torta de prensado pero solo en un 16 a 20% porque contiene toxina producto de la descomposición del pescado desde su captura. Las variables de los evaporadores son los vahos que actúan como medio de calefacción de los evaporadores; los vahos son generados en los secadores de vapor, los que tienen una temperatura promedio de 97°C

### 2.2.7 Rotadiscos

Salida la torta de prensa es transportada mediante tornillos sin fin a estos 2 equipos operando en paralelo y realizando la función de cortar y segregar la materia prima mediante paletas de avance, el solido viene comprimido mecánicamente en las prensas, este proceso permite que sea separada la torta de prensa, así optimiza la perdida de humedad en el posterior proceso de secado. Estos equipos operan a una capacidad de 15 a 25 [ton/hrs] de materia prima.

Figura 2-6: Rotadiscos

### 2.2.8 Secadores rotatubo

El solido es transportado mediante tornillos sin fin hacia los secadores estos operan con vapor saturado a presión de 6 bar, este equipo que tiene forma cilíndrica se encuentra girando y en su interior tiene aletas de avance que provocan el desplazamiento de la materia prima al interior, este proceso emite 3000 kg agua/hr de vahos los cuales son extraídos por la planta evaporadora y utilizados para evaporar el agua cola. La transferencia de calor hacia la materia prima es por conducción y convención.

Figura 2-7: Rotatubos

### 2.2.9 Post-Secado (Finisher).

Posterior al secado el producto es desplazado mediante tornillos sin fin hasta un post-secado, este proceso tiene una transferencia de calor por convención, esto se lleva a cabo con aire caliente a unos 120 ºC. Este equipo funciona de manera intermitente, cuando es necesario reducir la humedad que los equipos secadores no consiguen bajar, este equipo opera aumentando la calidad de la harina.

Figura 2-8: Finisher

### 2.2.10 Enfriadores

Posterior al secado, el producto sale con una humedad de 10% y a una elevada temperatura, requiere ser enfriada para el posterior proceso de molienda, por ello es pasada por equipos enfriadores los cuales con flujos de aire a contra corriente generan la caída de temperatura hasta los 25 ºC, utilizando un sistema de refrigeración para enfriar el aire. Y aletas de avance para el desplazamiento de la harina en el interior.

Figura 2-9: Enfriadores

### 2.2.11 Molinos

El producto llega a los molinos de martillos mediante tornillos sin fin, estos operan bajo impactos y fricciones al material triturándolo y llevándolo hasta valores de granulometría aceptados en el mercado.

### 2.2.12 Ensaque.

Finalmente la harina es llevada al área de ensacado donde es almacenada en maxi sacos de 1 tonelada y en sacos de 25 kg. Clasificándose según su TVN, su porcentaje de grasa y su porcentaje de proteína.

Figura 2-10: Ensaque

## 2.3 FUENTE DE DATOS.

En la fuente de datos encontramos los datos primarios, estos abarcan todo aquello que encontramos en la realidad, como parámetros, características y capacidades del equipo y sus componentes, son obtenidos mediante la experiencia del personal, los registros o catálogos. Por otro lado se encuentran los datos secundarios que son obtenidos de bibliografías y artículos, ellos comprende las ciencias estudiadas a lo largo de los años para llegar a las conclusiones y expresiones matemáticas que representan los fenómenos presentes en la operación de los equipos.

### 2.3.1 Datos primarios

Dentro de los datos primarios encontramos:

#### 2.3.1.1 Funcionamiento del cocedor

La materia prima ingresa al equipo a contra flujo con el vapor. En la salida luego de ocurrir el intercambio de energía encontramos materia prima cocida y condensado de vapor.

Componentes de la materia prima:

| | |
|---|---|
| Agua | 72,00% |
| Grasa | 7,00% |
| Sng | 21,00% |

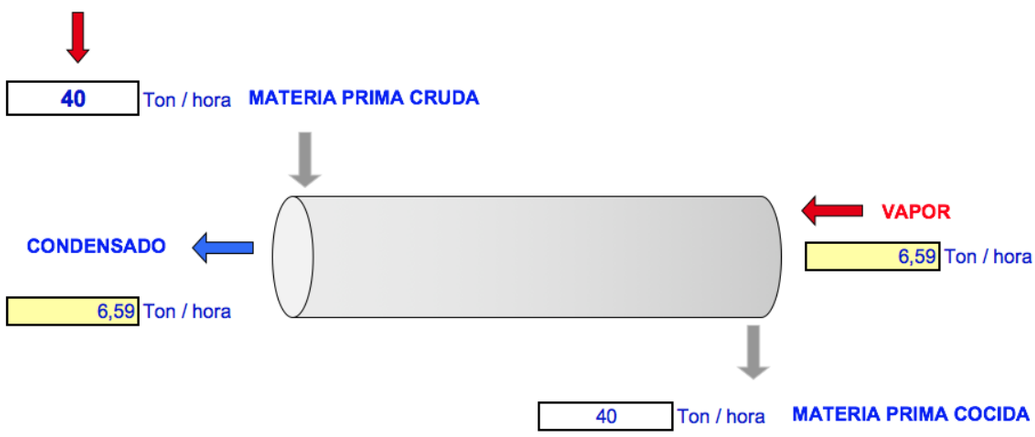



Figura 2-11: Capacidades del cocedor

2.3.1.2 Diagrama funcional de bloques de los componentes del cocedor

El tornillo helicoidal genera el desplazamiento de la materia prima al interior de la camisa, esto hace prescindible para el proceso el movimiento del tornillo. Junto a ello no seria posible la cocción si la materia prima no recibe la temperatura requerida, por ende las condiciones internas de temperatura del vapor y presión son esenciales.

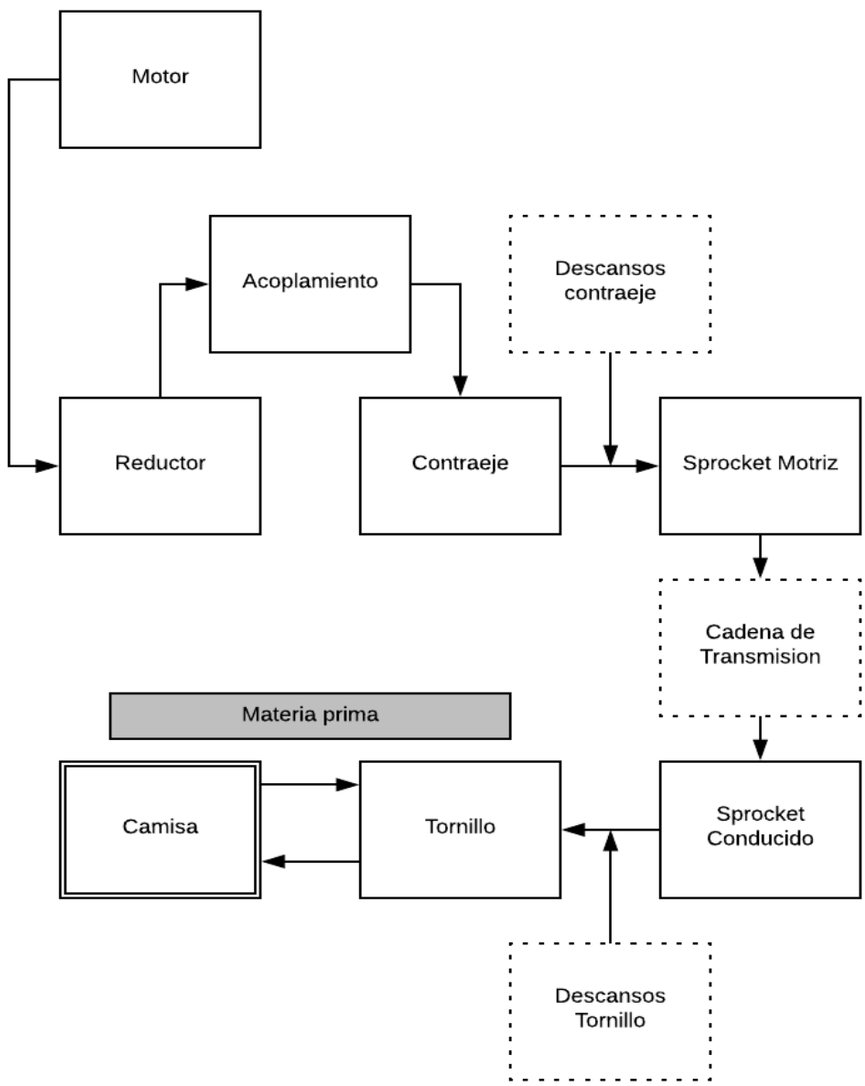



Figura 2-12: Diagrama Funcional de Bloques

2.3.1.3 Descripción de componentes del cocedor

2.3.1.3.1 Sub sistema Nº1 : Tornillo

Figura 2-13: Tornillo Helicoidal

- **Descripción general:** Tornillo helicoidal de 13 [m] unido a un eje con sprocket En su extremo de alimentación de materia prima.

- **Función:** Mediante rotación y gracias a su helicoides desplaza la pesca de un extremo a otro en el cocedor permitiendo en su proceso la cocción ya que interiormente lleva vapor saturado, utiliza mas del 95% del vapor total consumido en el equipo.

- **Designación:**Tornillo de cocedor Marca Esmital modelo c-40

- **Parámetros operacionales:**
  Rotación entre 3 y 7 rpm
  Vapor saturado 100ºC
  En contacto con la materia prima y humedad.

- **Características técnicas:**
  -Termina en un eje de 22 [cm] diámetro Eje se encuentra montando a un Sprocket
  -Tornillo hueco de Acero inoxidable con espesor 6 [mm]

2.3.1.3.2 Sub sistema Nº2: Chaqueta

Figura 2-14: Chaqueta del cocedor

- **Descripción General:** La camisa de estos equipo tiene carácter cilíndrico y es de un diámetro de aproximadamente 1,8 [m] y un largo de aproximadamente 14 [m]

- **Función:** Al estar en contacto con la pesca, este componente genera transferencia de calor con la materia prima produciendo la cocción, aun asi este componente solo consume el 5% del consumo de vapor total del equipo, el resto es dirigido al tornillo central.

- **Designación de componente:** Camisa de cocedor marca Esmital modelo C – 40

- **Parámetros operacionales del componente:**
  En su interior se encuentra:
  -Temperatura del vapor saturado a 100 ºC
  -Caudal 1403 [Kg/h] de vapor
  -Presión de entre 6 y 7 [Bar].
  -En contacto con la materia prima con humedad en un 80%

- **Características técnicas:**
  -Fabricada en acero inox. 6 [mm] espesor
  -Soldadura 50:50 Estaño-Plomo

2.3.1.3.3 Sub sistema Nº3 : Acoplamiento Falk

Figura 2-15: Acoplamiento sistema motriz del cocedor

- **Descripción general:** Ubicado uniendo el contra eje y el reductor

- **Función:** Transmite la energía mecánica proporcionada por el motor hacia el contra eje

- **Designación:** ACOMPLAMIENTO FALK 2110, Type 50T

- **Parámetros operacionales:**
  - Torque transmitido 330 [Lb- In]
  - Velocidad de giro 30 [Rpm]

- **Características técnicas**

  Torque Rating (lb-in): 1.650.000

2.3.1.3.4 Sub sistema Nº4 : Descansos de Contra Eje

- **Descripción general:** Soportes donde se encuentra el eje con el Sprocket motriz al cual es transmitida energía mecánica mediante el acoplamiento falk.

- **Función:** Soporta al eje que transmite energía mecánica desde el motor hacia el sprocket conducido(tornillo)

- **Designación:**
  - Descanso SNl 519-616
  - Rodamiento rodillo rotula 22316 ck

- **Parámetros operacionales:**
  - Carga sometida 58.839 [Kn]
  - Lubricante: Stabutherm GH-461
  - Frecuencia lubricación: 14 días
  - Aplicado con grasera manual 100 gr aproximadamente
  - Soporte de eje que se encuentra girando a máximo 30 [Rpm]

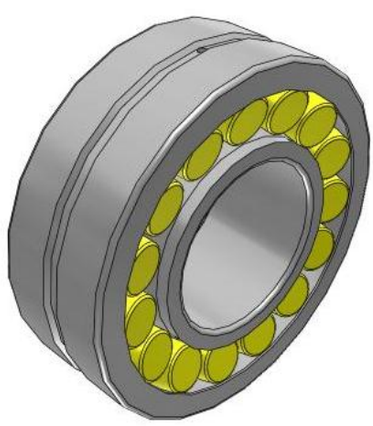


Figura 2-17: Rodamiento 22316 ck

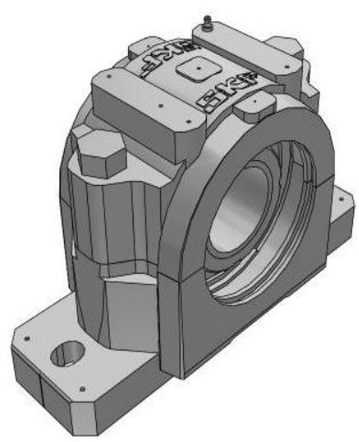


Figura 2-16 : Descanso SD3144

- **Características técnicas:**
  - Velocidad de referencia: 3000 [Rpm]
  - Carga dinámica básica 516 [Kn]
  - Manguito adaptador HE 2316
  - Anillo de posicionamiento 2x FRB 5/170

2.3.1.3.5 Sub sistema Nº5 : Descansos de tornillo lados alimentación y descarga.

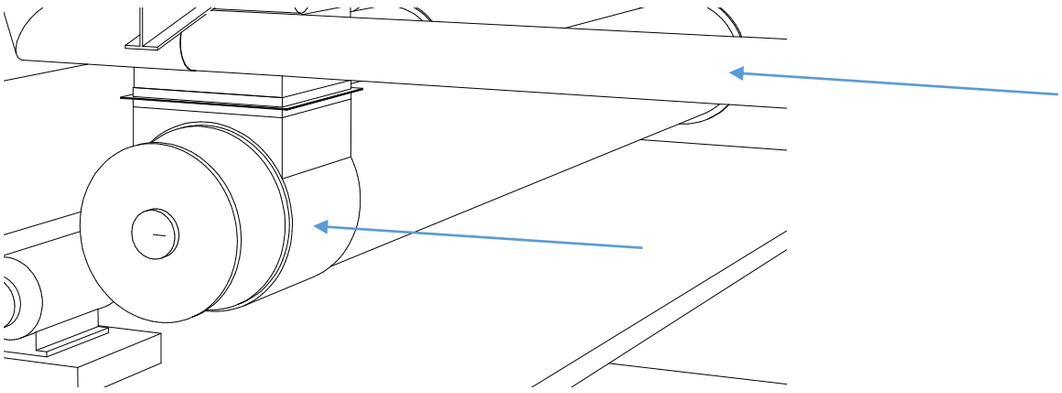


Figura 2-18: Ubicación de los descansos del tornillo

- **Descripción general:** Descanso ubicado en lado alimentación de la materia prima sosteniendo el tornillo central dentro de la camisa, indicado en la imagen

- **Función:** Mantener la carga del tornillo sobre un eje fijo para permitir la rotación

- **Designación del componente:**
  - Descanso SD3144
  - Rodamiento 23144 cck

- **Parámetros operacionales:**
  - Descanso sometido a una carga de 174,8 [Kn] unidades
  - Lubricante: Stabutherm GH-461
  - Frecuencia lubricación: 14 días.
  - Zona seca 40ºC
  - Girando a una velocidad de entre 3 y 7 rpm

- **Características técnicas:**
  - Capacidad de carga dinámica básica 1888 [Kn]
  - Velocidad de referencia :1300 [Rpm]
  - Manguito adaptador OH 3144 H
  - Anillo de posicionamiento 2xFRB 10/370

2.3.1.3.6 Sub sistema Nº6 : Contra Eje.

- **Descripción general:** Se encuentra soportando al Sprocket motriz acoplado con el reductor cyclo.

- **Función:** Transmite la energía mecánica al cocedor y esta acoplado con el reductor.

- **Designación:** Contra eje cocedor Marca Esmital modelo c-40

- **Parámetros operacionales:**
  Esfuerzo: 117,678 [Kn]

- **Características técnicas:**
  Material: Ansi 1050
  Diámetro: 10, 16 [cm]
  Largo: 30 [cm]

2.3.1.3.7 Sub sistema Nº7 : Sprocket motriz y conducido

- **Descripción general:** Sprocket ubicado sobre el contra eje del equipo.

- **Función:** Transmite energía mecánica hacia el sprocket conducido, ubicado en el tornillo.

- **Parámetros operacionales:**
  Transmite carga de 117,678 [Kn]

- **Características técnicas:**
  Sprocket motriz: Z 11 / Paso 3,075"
  Sprocket conducido: Z 48 / Paso 3,075"

2.3.1.3.8 Sub sistema Nº8 : Cadena

- **Descripción general:** Cadena acodada simple

- **Función:** Se encuentra montada sobre el sprocket motriz y conducido del equipo y genera transmisión de energía de uno a otro.

- **Designación de componente:**
  Cadena con paso de 3”

- **Parámetros operacionales:**
  Tensión: 117,678 [Kn]

- **Características técnicas:**
  Acodada de 3“

2.3.1.3.10 Subsistema Nº10 : Reductor cyclo

Figura 2-19: Reductor Cyclo

- **Descripción general:**

  Se encuentra montado al motor.

- **Función:**

  Aumentar el torque a la rotación que proporciona el motor, esto lo logra reduciendo la velocidad.

- **Designación de componente:**

  Reductor cyclo CHH-6195-59

- **Parámetros operacionales:**

  Velocidad entrada 1450 [Rpm]

  Velocidad de salida: 30 [Rpm]

  Esfuerzo torsión: 117,678 [Kn-m]

- **Características Técnicas:**

  Índice de reducción: 48:1 - 0,02

### 2.3.2 Datos secundarios

#### 2.3.2.1 Reseña mantenimiento

A continuación se explica los siguientes tipos de mantenimiento: mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Veremos en qué consiste cada uno de ellos.

##### 2.3.2.1.1 Mantenimiento correctivo.

Consiste en la reparación de averías o fallos funcionales a medida que se van produciendo. El personal encargado de identificar los defectos generalmente es el operador de la maquina, y es quien avisa al personal especializado para que realice la reparación. En otras oportunidades, el propio operador de la maquina repara algunas fallas.

Las acciones deliberadas y no controladas de mantenimiento correctivo fuerzan la necesidad de contar con excesivo personal de mantenimiento. Además, muchas reparaciones no siempre resultan definitivas y se transforman en fallos crónicos. Un excesivo mantenimiento correctivo tiende a incrementar el numero de equipos en paralelo lo que provoca a su vez, elevados niveles de capital inmovilizado.

Se dificulta la confección de presupuestos debido a la aleatoriedad de los eventos; todo lo cual incrementa los gastos de operación y mantenimiento.

##### 2.3.2.1.2 Mantenimiento preventivo.

Se pretende disminuir la frecuencia de las paradas no programadas aprovechando el momento mas oportuno, tanto para producción como para mantenimiento. Permite, Además, preparar las herramientas repuestos e insumos y seleccionar al personal mas capacitado.

Como parte del mantenimiento preventivo se encuentra los servicios de inspección cíclicos, conservación y restauración de un ítem para prevenir deterioro o corregir defectos.

Se realiza a espacios de tiempo, horas, ciclos, etc. Regulares bien definidos y sin importar el estado del ítem a mantener. Normalmente con el equipo o instalación fuera de servicio y sustituyendo o reparando cíclicamente los componentes. En algunos equipos es necesario justificar cierta rentabilidad económica para su aplicación.

##### 2.3.2.1.3 Mantenimiento predictivo.

Propone que es posible detectar síntomas prematuros de desperfectos o desajustes, algún tiempo antes de que se produzca la detención no deseada. Se presume que ciertos componentes “avisan” antes de llegar a la falla operacional o funcional.

Si estamos “atentos” los componentes realmente “avisan”, entonces por medio de herramientas tecnológicas adecuadas, podremos monitorear la curva de su estado. Se busca determinar con anticipación la mayor cantidad de fallas potenciales.

A partir de la detección de las fallas incipiente, es posible estimar el tiempo de la vida hasta la falla operacional, y en consecuencia, contar con el tiempo suficiente para programar su reemplazo o reparación. Para equipos prioritarios, se realizan estimaciones por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas y determinar la frecuencia exacta de inspección.

Algunas herramientas utilizadas en el mantenimiento predictivo son:

- Análisis de vibraciones (Análisis sintomático)
- Termografía infrarroja
- Análisis de partículas de desgaste
- Inspecciones e ultra sonido para medir espesores

2.3.2.1.4 Disponibilidad

La disponibilidad es uno de los principales parámetros relacionados con el mantenimiento, esto define la capacidad de producción en conceptos de probabilidades de que una maquina o sistema este funcional para producir en un periodo de tiempo determinado.

2.3.2.1.5 Confiabilidad

Se define la confiabilidad como la probabilidad de que un componente o equipo satisfaga las funciones establecidas sin fallas durante un tiempo dado y en un contexto definido.

2.3.2.1.6 Falla

Es la perdida de capacidad total o parcial de un ítem mantenible para satisfacer un nivel de operación establecido por la función. Si sobre el componente se presenta dicho estado de no funcionamiento(insatisfactorio), no es posible alcanzar los estándares definidos de operación. Entonces estamos frente a una falla.

2.3.2.1.7 Modos de falla.

Las posibles causas que originan una perdida de función, y que eventualmente pueden ocurrir en alguna de las partes individuales de una maquina como proceso de degradación conocido o aleatorio, se denomina modos de fallas.

2.3.2.1.8 Aplicaciones de la distribución Weibull en ingeniería de confiabilidad

La calidad de los productos y sistemas es un concepto muy amplio que incluye: confiabilidad, desempeño inicial, durabilidad, fácil de usar, reputación, seguridad, compatibilidad con diferentes ambientes. De todos estos aspectos, la confiabilidad es la característica mas importante de un producto, expresado por la probabilidad de que realizara sus funciones, bajo determinadas condiciones, durante un periodo especifico de tiempo. Se debe hacer la distinción entre la confiabilidad actual de un sistema, la cual solo puede ser calculada durante el uso del producto y la confiabilidad predicha, la cual se calcula utilizando datos de laboratorio.

El significado de la confiabilidad en la “vida “ de una maquina, se puede comparar con el significado de propiedades: inteligencia, rasgos de carácter, dedicación al trabajo, su aspecto físico, etc. Sin embargo, la salud es la propiedad mas importante de todas, porque de la misma, depende la manifestación de otras de sus cualidades. La persona saludable se enferma menos y puede realizar mas trabajo, también se necesitan menores gastos materiales, financieros y de tiempo para su descanso y recuperación .

En este sentido, la confiabilidad de la maquina es su “salud” y las fallas o la perdida de capacidad de trabajo son sus “enfermedades”. La quina que posee mayor confiabilidad con menos frecuencia pierde su capacidad de trabajo. La medida cuantitativa de la confiabilidad es la tasa de fallas, tasa a la cual se espera que un componente falle bajo condiciones conocidas.

La medición de la confiabilidad es de suma importancia en el mercado competitivo actual, ya que involucra dinero, prestigio y los negocios futuros. La teoría de la confiabilidad desarrolla métodos para determinar lo que esta funcionando mal en un sistema, como se puede prevenir lo que no esta funcionando bien y si algo esta funcionando mal como puede recuperarse el sistema y minimizar las consecuencias.

2.3.2.1.9 Distribución Weibull

En 1930, el ingeniero y matemático suizo Waloddi Weibull propuso una función de distribución de tres parámetros cuyas características para su época eran difíciles de manejar. Al principio las expectativas de dicha propuesta, presentaban dificultades que radicaban en el manejo de las no linealidades, para encontrar los parámetros de ajuste, sin embargo, con el tiempo el desarrollo tecnológico ha permitido hacer un uso intensivo de dicha distribución sobre todo empezando por el medio industrial; y ahora también ha habido un crecimiento explosivo de aplicaciones en el área de la ciencias agrícolas.
La versatilidad de dicha función radica en las diferentes formas que adopta dependiendo de los valores que toman sus parámetros. La s implicaciones físicas, teóricas , algebraicas , y graficas son algunos aspectos interesantes que genera y dan lugar a una gran cantidad de trabajos diversos.

Físicamente, los valores extremos de la función weibull están ligados a la vida útil de los productos en estudio, y han generado toda una filosofía o iniciativas de perfeccionamiento relacionado con los círculos de calidad, o de cero-falla entre otros. Teóricamente, podemos observar que los cambios de los parámetros generan una familia de distribuciones cuyos casos específicos coinciden con otras distribuciones como la exponencial gaussiana o che- cuadrada, entre muchas.

Algebraicamente, la función de distribución weibull, así como su acumulada son formas cerradas desde el punto de vista matemático, sin embargo encontrar sus parámetros requiere estrategias algebraicas no tan triviales de índole no lineal que trae como consecuencia el uso de algoritmos especializados del tipo newton. Gráficamente también se han desarrollado estrategias para encontrar los parámetros de la función weibull haciendo uso de escalas logarítmicas, sin embargo poco a poco los métodos computacionales han ido ganado mas terreno en el ajuste de curvas(Wallace et al. 2000)

Función de confiabilidad weibull

$$R(t) = e^{-\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}}$$

$\beta$ : Parámetro de forma – es el indicador del mecanismo de falla
$\eta$ : Parámetros de escala – Vida característica
$\gamma$ : Parámetro de localización – la vida mínima

2.3.2.1.10 Función de distribución acumulada $F(t)$

Es la función complementaria a la confiabilidad. El cálculo de la distribución acumulada se determina de la siguiente manera:

$$F(t) = 1 - R(t)$$

Donde:

R(t): Confiabilidad en función del tiempo.

2.3.2.1.11 Tiempo entre fallas (TBF)

El tiempo entre fallas corresponde al tiempo que transcurre entre dos fallas consecutivas, este tiempo entre fallas es aplicado para el análisis Weibull el cual tiene como principal función dar una mayor confiabilidad y disponibilidad a la pieza o maquina analizada.

2.3.2.1.12 Métodos para la determinación de los parámetros de la distribución

Existen cinco métodos para Determinar los parámetros, utilizaremos el método de mínimos cuadrados.

Para calcular los parámetros de la distribución de Weibull. Los métodos son:

-Mínimos cuadrados.

-Gráfico de la función tasa de falla.

-Máxima similitud.

-Estimación de momentos.

-Estimadores lineales.

El método de los mínimos cuadrados permite calcular los parámetros de forma y escala, mediante la transformación doble logarítmica de la función de distribución acumulativa.

2.3.2.1.13 Método de los mínimos cuadrados

El método de los mínimos cuadrados es un método muy usado en ajuste de curvas. Para poder aplicar este método y obtener los parámetros de Weibull se debe obtener de la base de datos del sistema el tiempo entre fallas (TBF) de todas las fallas existentes en el sistema, las cuales deberán ser asignadas cada una con un código y ordenadas de menor a mayor. Luego de esto se deberá calcular el rango de mediana RM para poder trazar la recta de regresión, este estimado se usa para calcular la función de distribución acumulativa F(x), el cual es un estimador no paramétrico basado en el orden de las fallas. Este aspecto implica que la muestra de datos se debe organizar de menor a mayor como fue mencionado anteriormente.

Finalmente se deberá calcular la coordenada Xi e Yi de la recta según las fórmulas del método de los mínimos cuadrados donde:

Para calcular los datos de la recta x se utilizara la siguiente ecuación:

$$Xi=\ln(ti)$$

Donde:

Ti: Tiempo entre las fallas(TBF)

Y para obtener los valores que comprende el eje Y se utiliza la siguiente:

$$Yi=\ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-Fi}\right)\right]$$

Donde:
Fi: es el estimador de probabilidad(Rango medio o rango mediana)

2.7.14 Fi estimador de probabilidad

Si el tamaño de la muestra es inferior a 14 intervenciones, la probabilidad de ocurrencia se calcula como rango mediana de la siguiente manera:

$$Fi = \frac{i - 0{,}3}{n + 0{,}4}$$

Donde:

$n$: Tamaño de la muestra

$i$: Numero de la muestra

Luego de esto se procederá a graficar los rangos Xi e Yi para lograr un gráfico de dispersión el cual tendrá que ser ajustado a una curva mediante comandos de Excel.

2.3.2.1.15 Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

Este parámetro establece el periodo promedio entre dos fallas de un elemento en un contexto de funcionamiento dado; Las letras MTBF Corresponden a meantime between failures.

Cuando nos referimos a un elemento este puede ser un equipo o un sistema complejo con la condición que se repara luego de la ocurrencia de la falla.

Si se trata solo de un ítem, matemáticamente puede expresarse como el tiempo de funcionamiento dividido en el numero de fallas del equipo.

$$MTBF = \frac{Tiempo\ de\ funcionamiento}{Numero\ de\ fallas\ del\ equipo}$$

2.3.2.1.16 Diagrama de Weibull

La distribución de Weibull es una distribución continua y triparamétrica, es decir, está completamente definida por tres parámetros y es la más empleada en el campo de la confiabilidad, estos parámetros serán calculados mediante el método de mínimos cuadrados, exceptuando el parámetro de localización que hace referencia a la mínima vida útil del equipo en la cual ya no se encuentra el sistema estudiado.

Los valores obtenidos anteriormente en la distribución de puntos nos permiten graficar una recta la cual tendrá la forma de $y = \boldsymbol{\beta}\ x - b$, donde se observa que el parámetro de escala **β** estará dado por la pendiente de la recta y el parámetro de forma $\eta$ estará dado por la siguiente:

$$\eta = e^{\frac{b}{\boldsymbol{\beta}}}$$

Donde:

**b:** intercepto eje y

2.3.2.1.17 Análisis parámetro escala

Un análisis más exhaustivo de este parámetro nos lleva a la clasificación más detallada de éste:

- **β < 1** Implica Mortalidad Infantil: Los Equipos electrónicos y mecánicos pueden iniciar con una alta rata de fallas en el inicio de proyectos y nuevos diseños, otros modos de falla son:

- Inadecuado burn - in o fuerzas, presiones ocultas. Problemas de producción
- Problemas de Desensamble.
- Problemas de Control de calidad.
- Problemas de over hauls.
- Fallas en componentes eléctricos.

- **β = 1** Implica Falla Aleatoria: Falla independiente del tiempo o aleatorias y es igual a una distribución exponencial.

- Errores de mantenimiento / errores humanos.
- Fallas debido a naturaleza, daños u objetos desconocidos, rayos.
- Mezcla de datos desde 3 o más modos de falla.
- Intervalos entre fallas.
- Over hauls no apropiados.

- **1< β < 4** Implica falla por deterioro temprano: Si esta falla ocurre dentro del diseño de la vida es una desagradable sorpresa. Estas son muchas fallas de modo mecánicos en esta clase.

- Bajo ciclo de Fatiga.
- Corrosión.
- Erosión.
- Overhauls o partes reemplazadas con un bajo β son de costo no efectivo

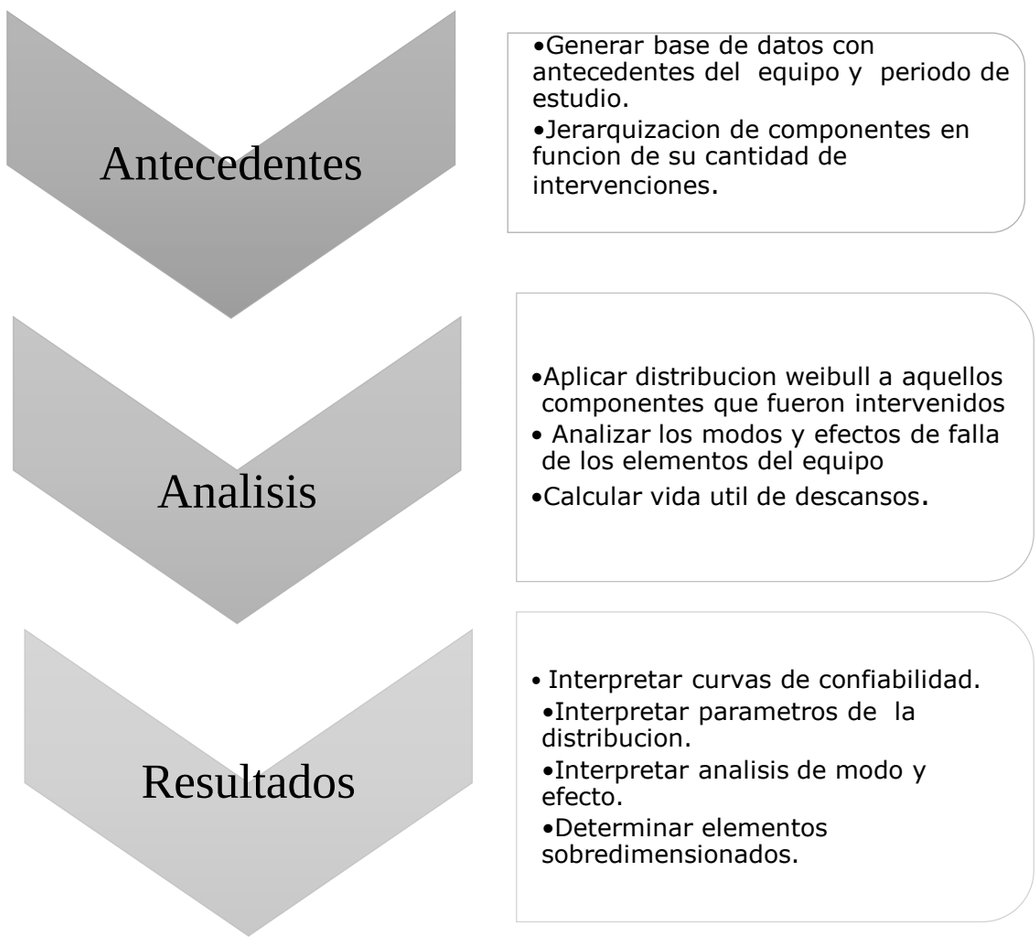
2.3.2.1.19 Análisis de modos y efectos de falla (FMEA)

Dentro de las mencionadas metodologías de identificación de peligros, el Análisis de Modos de Falla y Efectos, AMFE (FMEA, por sus siglas en inglés), en combinación con una calificación o jerarquización del grado de criticidad del riesgo, es normalmente empleada para la planeación del mantenimiento centrado en confiabilidad, ya que nos permite lograr un entendimiento global del sistema, así como del funcionamiento y la forma en la que pueden presentarse las fallas de los equipos que componen este sistema. Las acciones de recomendación derivadas de un FMECA o AMFEC quedan definidas como acciones o tareas de mantenimiento. Lo que permite diseñar una estrategia completa de mantenimiento aplicando criterios de riesgo para cada activo o equipo considerado en la evaluación, para de esta forma poder evaluar el impacto del plan de mantenimiento en el riesgo de la instalación, así como también, asegurar que el plan de mantenimiento es aplicado en los equipos que representan un mayor riesgo para las personas, medio ambiente, producción e instalación.

**CAPITULO 3**: Estudio y análisis de las fallas.

## 3.1 DISEÑO DEL ANALISIS

Dentro de la lógica de investigación se encuentra el diseño metodológico de un estudio el cual indica el orden que debe tener para poder llegar a conclusiones determinantes, así se llega a diluir el análisis en lo siguiente.



## 3.2 ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS

### 3.2.1 Tiempo de operación

El estudio fue llevado a cabo en la temporada del año 2018, Camanchaca tuvo procesos entre las fechas indicadas en la tabla, este periodo de tiempo es la suma de todas las horas que el cocedor mas utilizado estuvo operando durante el año, el equipo como posee operación intermitente se promedia un total de 250 horas aproximadamente mensual en temporada de proceso.

Tabla 3-1: Antecedentes del periodo de estudio

| | |
|---|---|
| Equipos | Cocedor de líneas nº2 |
| Tipo de tiempos de proceso | Operación intermitente, cuando llega materia prima |
| Condición de funcionamiento | Zona seca , alta temperatura (100 ° c) |
| Velocidad operación | 3 a 7 rpm |
| Fecha inicio de periodo | 26-12-17 |
| Fecha termino de periodo | 30-07-18 |
| Periodo | 6 meses y 6 días |
| **Horas totales de proceso en periodo de estudio** | **1178,7** |

### 3.2.2 Componentes y fallas

Para facilitar la identificación de los elementos críticos, fue seleccionado el cocedor nº2, ya que este opero durante mas horas, luego se ordeno en función de sus fallas de manera decreciente, esto permite visualizar las principales causas de las detenciones no programadas.

Tabla 3-2: Tabla de fallas por componente

| **COMPONENTE** | **Nº DE FALLAS EN PERIODO** |
|---|---|
| Tornillo | 4 |
| Chaqueta | 3 |
| Acoplamiento | 3 |
| Descansos Contra-eje | 0 |
| Contra-Eje | 0 |
| Descansos Tornillo | 0 |
| Sprocket Motriz | 0 |
| Sprocket Conducido | 0 |
| Cadena de Transmisión | 0 |
| Reductor Ciclo | 0 |
| Motor | 0 |

## 3.3 ESTUDIO DE LOS COMPONENTES

A continuación se desarrolla una observación del funcionamiento y fallas de los componentes del equipo, en el aspecto **c**ualitativo se realizo análisis de modos y efecto. El objetivo es poder tener claridad con respecto a los fenómenos que influencian los parámetros que provocan las fallas funcionales del equipo.

Los subsistemas del equipo se encuentra ordenados lógicamente en serie, es decir que si fuese el caso de que se presenta una falla funcional en uno de ellos implicaría en la detención completa del equipo, esto sucede debido a que en conceptos de confiabilidad no existen subsistemas en paralelo dentro de la configuración de los componentes del cocedor.

Por otro lado el aspecto **c**uantitativo, fue desarrollado utilizando una función matemática de confiabilidad, se determinaron las frecuencias ideales para generar las acciones que logren reducir los modos de falla.

Los modos de fallas presentados a continuación son obtenidos directamente de manuscritos del personal de mantención que realizan diariamente, junto a ello se realizaron entrevistas para determinar los modos de fallas que no se encontraban registrados y que se hicieron presentes en periodos de procesos anteriores al año 2018.

### 3.3.1 Análisis Subsistema Nº1: Tornillo

**Función**: Desplazar la materia prima al interior del cocedor y transferir energía térmica.

| **M. de falla.** | **Causas** | **Efecto Local** | **Efecto superior** | **Efecto final** |
|---|---|---|---|---|
| Ruptura sector rodamiento lado motriz. | -Fatiga de material debido a torques excesivos<br>-Fallo en descansos | Mal funcionamiento de tornillo | -Caída de presión y ºT del equipo<br>-Deformación de Eje. | Cocedor no opera |
| Ruptura tornillo sector helicoides | -Exposición a agentes químicos liberados por la materia prima que generan desgaste,<br>-Sobrepresión | Mal funcionamiento de tornillo | Caída de presión y ºT del equipo | Cocedor no opera |

Tabla 3-3: FMEA Subsistema nº1

- **Método de detección:**

- Medir espesor
- Análisis de termografía

- **Acciones correctivas:**

- Hacer cambio por plancha de acero inoxidable
- Instalar válvula de alivio o disco de ruptura para protección a sobrepresión

Análisis basado en confiabilidad: Tornillo

Para la aplicación del modelo de Weibull al tornillo utilizamos los tiempos entre fallas (TBF) obtenidos de los informes mecánicos, para ubicar los puntos en el grafico encontraremos las coordenadas del eje x aplicando logaritmo natural a los tiempos entre fallas TBF, y doble logaritmo natural al inverso de uno menos el rango medio $Fi$ (Estimador de probabilidad explicado en marco teórico).

Los valores representados se encuentran en la tabla 3-4 esta nos permitirá ubicar cuatro puntos en un plano cartesiano de los cuales se obtendrá una recta de regresión, así la pendiente de esta recta será el parámetro de escala β y junto a la intersección con el eje y se calcula el parámetro de forma $\eta$.

Tabla 3-4: Distribución de datos modelo de Weibull Sub sistema nº1

| i | Tiempo entre fallas | fi | x=ln(ti) | y=ln[ ln( 1 / (1- Fi ) ) ] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 143 | 0,16 | 4,96284463 | -1,77195 |
| 2 | 218 | 0,38 | 5,384495063 | -0,75502 |
| 3 | 256,4 | 0,61 | 5,546738725 | -0,06187 |
| 4 | 571,5 | 0,84 | 6,348264483 | 0,60431 |

Al expresar los valores en un grafico de puntos, es posible encontrar la recta con el método de los mínimos cuadrados, luego de esta recta se obtiene su pendiente y su intersección con el eje y, esto se lleva a cabo mediante métodos computacionales como Excel lo cual facilita el encontrar los parámetros con comandos.

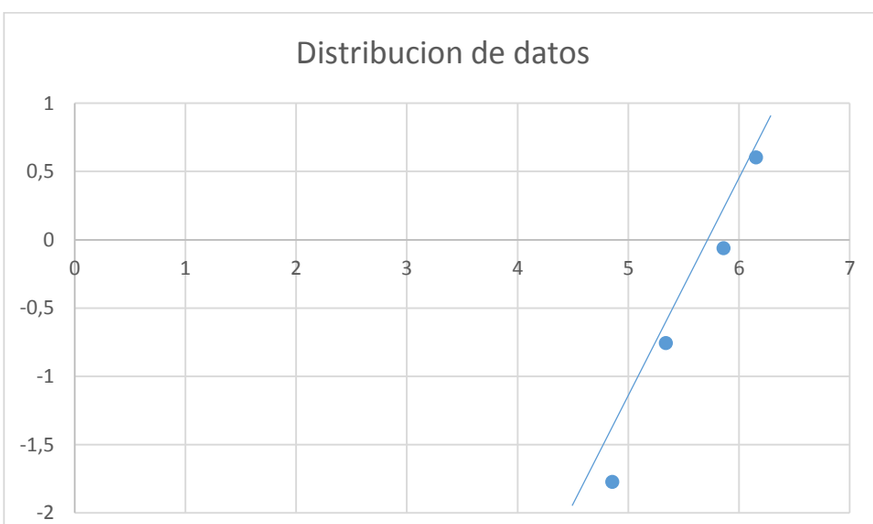



**Grafico 3-1 : Distribución de datos modelo de Weibull Sub sistema nº1**

Obteniendo los parámetros de la recta:

Tabla 3-5: Parámetros de la distribución de weibull

| | |
|---|---|
| Pendiente (β) | 1,654202989 |
| Intersección (b) | -9,694470025 |

Se procede a insertarlos a la ecuación de confiabilidad de Weibull para generar la curva de confiabilidad que representara el comportamiento del equipo en función al periodo estudiado.

Aplicando la ecuación de confiabilidad en los periodos definidos anteriormente obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 3-6: Confiabilidad de la distribución de Weibull

| Tiempo entre fallas | R(t) | F(T) |
|---|---|---|
| 143 | 0,787625575 | 0,212374425 |
| 218 | 0,619590519 | 0,380409481 |
| 256,4 | 0,534921098 | 0,465078902 |
| 571,5 | 0,095567476 | 0,904432524 |

Esto nos indica el comportamiento de la confiabilidad y el aumento en la probabilidad de ocurrencia, esto esta dado en función a las fallas del año 2018, con esta información junto a los parámetros de escala y forma es posible graficar una curva de confiabilidad.

Curva confiabilidad Tornillo:

El grafico a continuación es una representación del comportamiento que tuvo el tornillo en el periodo estudiado, es decir en el eje y se encuentra la confiabilidad graduada desde 0 hasta un 100%, en el eje x se encuentra el transcurso del tiempo definido en horas, la curva nos indica la caída de confiabilidad que posee el componente a lo largo del tiempo.

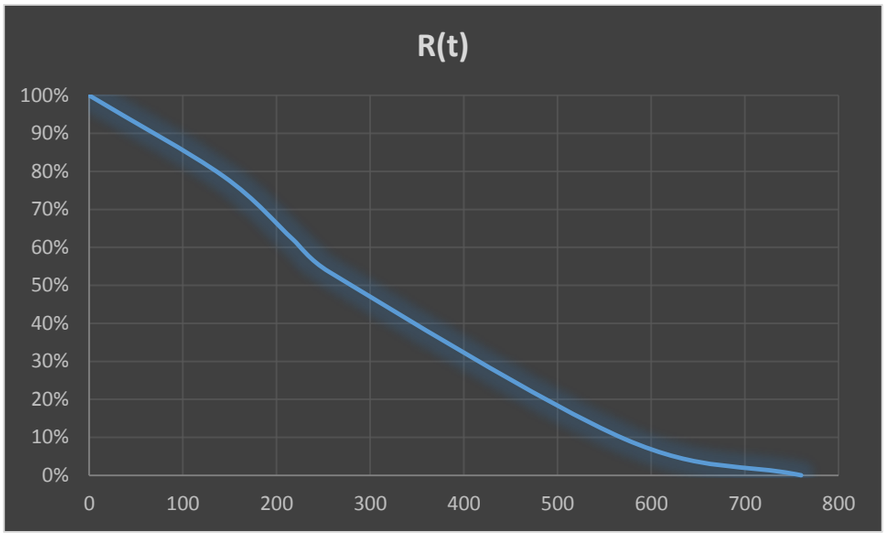



Grafico 3-2: Curva de confiabilidad Weibull Subsistema nº1

Se observa en el grafico que a las 280 horas el componente alcanzara un 50% de confiabilidad, por ende, es el tiempo en el cual se recomendara generar una acción.

MTBF:

Los resultados es posible contrastarlos con otro criterio llamado MTBF(Tiempo medio entre fallas) el cual aplicado a este componente indica el tiempo promedio en que presenta un inconveniente, esto se lleva acabo dividiendo el tiempo total de funcionamiento del equipo que es de 1178,7 [H] en la cantidad de fallas que presento el tornillo, resultando un MTBF de **294 [H].** Esto nos demuestra que el equipo es poco confiable en ese periodo por ello es necesario tomar acción antes de este tiempo.

### 3.3.2 Análisis Subsistema Nº2: Chaqueta

**Función**: Transferir energía térmica a la materia prima junto a tornillo

Tabla 3-7: FMEA Subsistema nº2

| **M. de falla.** | **Causas** | **Efecto Local** | **Efecto superior** | **Efecto final** |
|---|---|---|---|---|
| Ruptura en camisa exterior | -Sobrepresión en la alimentación de vapor<br>-Corrosión | Mal funcionamiento de camisa | Caída de presión y ºT del equipo | Cocedor no opera |
| Desgaste de empaquetaduras de tapas de chaqueta | Extracción de vahos Ineficiente | Mal funcionamiento de la camisa no logrando cocer los niveles requeridos | -Filtración de vahos al ambiente<br>-Daño en sujeción de tapas de cocedor | -Cocedor no opera<br>Exponer a vahos al personal de la zona |

- **Método de detección:**
- Medir espesor
- Análisis de termografía

- **Acciones correctivas:**
- Reforzar con soldadura o hacer cambio de plancha de acero inox
- Instalar válvula de alivio para protección a sobrepresión
- Cambio de empaquetadura.
- Mejora en extracción de vahos

Análisis basado en confiabilidad: Chaqueta

Para la aplicación del modelo de Weibull a la chaqueta utilizamos los tiempos entre fallas (TBF) obtenidos de los informes mecánicos, para ubicar los puntos en el grafico encontraremos las coordenadas del eje x aplicando logaritmo natural a los tiempos entre fallas TBF, y doble logaritmo natural al inverso de uno menos el rango medio $Fi$ (Estimador de probabilidad explicado en marco teórico).

Los valores representados se encuentran en la tabla 3-8 esta nos permitirá ubicar tres puntos en un plano cartesiano de los cuales se obtendrá una recta de regresión, así la pendiente de esta recta será el parámetro de escala β y junto a la intersección con el eje y se calcula el parámetro de forma $\eta$.

Tabla 3-8: Distribución de datos modelo de Weibull Sub sistema nº2

| i | tiempo entre fallas | fi | x=ln(ti) | y=ln[ ln( 1 / (1- Fi ) ) ] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 75 | 0,205 | 4,317488114 | -1,51412 |
| 2 | 188 | 0,5 | 5,236441963 | -0,37106 |
| 3 | 461 | 0,8 | 6,133398043 | 0,47 |

Al expresar los valores en un grafico de puntos, es posible encontrar la recta con el método de los mínimos cuadrados, luego de esta recta se obtiene su pendiente y su intersección con el eje y, esto es posible con rutinas de cálculos, pero dado las herramientas como Excel a las que tengo acceso es posible simplificarlo y encontrar los parámetros con comandos.

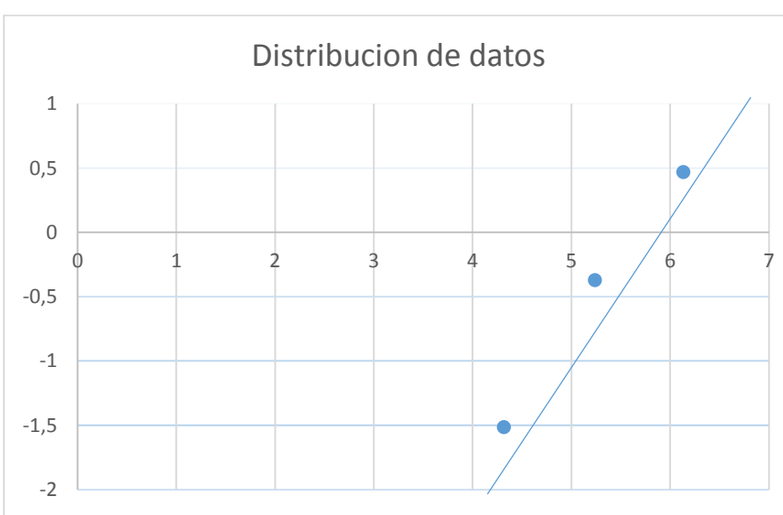



Grafico 3-3: Distribución de datos modelo de Weibull Sub sistema nº2

Obteniendo los parámetros de la recta:

Tabla 3-9: Parámetros de la distribución de Weibull

| | |
|---|---|
| pendiente (β) | 1,093249354 |
| intersección (b) | -6,188447112 |

Se procede a insertarlos a la ecuación de confiabilidad de Weibull para generar la curva de confiabilidad que representara el comportamiento del equipo en función al periodo estudiado.

Aplicando la ecuación de confiabilidad en los periodos definidos anteriormente obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 3-10: Confiabilidad de la distribución de Weibull

| tiempo entre fallas | R(t) | F(T) |
|---|---|---|
| 75 | 0,79293495 | 0,20706505 |
| 188 | 0,530746231 | 0,469253769 |
| 461 | 0,184799064 | 0,815200936 |

Esto nos indica el comportamiento de la confiabilidad y el aumento en la probabilidad de ocurrencia, esto esta dado en función a las fallas del año 2018, con esta información junto a los parámetros de escala y forma es posible graficar una curva de confiabilidad.

Curva confiabilidad Chaqueta:

El grafico a continuación es una representación del comportamiento que tuvo el tornillo en el periodo estudiado, es decir en el eje y se encuentra la confiabilidad graduada desde 0 hasta un 100%, en el eje x se encuentra el transcurso del tiempo definido en horas, la curva nos indica la caída de confiabilidad que posee el componente atravez del tiempo.

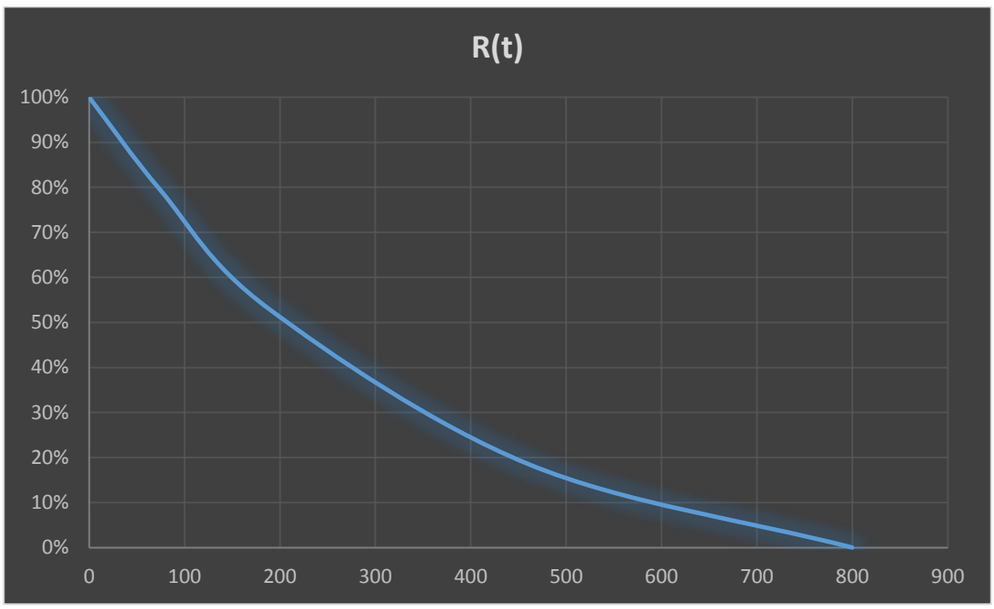



Grafico 3-4: Curva de confiabilidad Weibull Sub sistema nº2

Se observa en el grafico que a las 205 horas el componente alcanzara un 50% de confiabilidad, por ende, es el tiempo en el cual se recomendara generar una acción.

MTBF:

Los resultados es posible contrastarlos con otro criterio llamado MTBF(Tiempo medio entre fallas) el cual aplicado a este componente indica el tiempo promedio en que presenta un inconveniente, esto se lleva acabo dividiendo el tiempo total de funcionamiento del equipo que es de 1178,7 [H] en la cantidad de fallas que presento el tornillo, resultando un MTBF de **392 [Hrs].** Esto nos demuestra que el equipo es poco confiable en ese periodo por ello es necesario tomar acción antes de este tiempo.

### 3.3.3 Análisis Subsistema Nº3: Acoplamiento.

**Función**: Transmite torque

Tabla 3-11: FMEA Sub sistema nº3

| **M. de falla.** | **Causas** | **Efecto Local** | **Efecto superior** | **Efecto final** |
|---|---|---|---|---|
| Se cortan pernos | Des alineamiento | Mal funcionamiento de acoplamiento | No se transmite torque<br>-Daño en contra eje o acoplamiento | Cocedor no opera |
| Desgaste de empaquetaduras en uniones de ejes | -Des alineamiento<br>-Torques excesivos | Contacto metal-metal entre acoplamiento, reductor y contra eje | -Daño contra eje<br>-Daño reductor | Cocedor no opera |

- **Método de detección:**

- Verificar alineamiento
- Inspección visual de empaques

- **Acciones correctivas:**

- Alinear conjunto contra eje- reductor-motor
- Evaluar torques de partida
- Cambio de empaquetaduras

Análisis basado en confiabilidad: Acoplamiento

Para la aplicación del modelo de Weibull al acoplamiento utilizamos los tiempos entre fallas (TBF) obtenidos de los informes mecánicos, para ubicar los puntos en el grafico encontraremos las coordenadas del eje x aplicando logaritmo natural a los tiempos entre fallas TBF, y doble logaritmo natural al inverso de uno menos el rango medio $Fi$ (Estimador de probabilidad explicado en marco teórico).

Los valores representados se encuentran en la tabla 3-12 esta nos permitirá ubicar tres puntos en un plano cartesiano de los cuales se obtendrá una recta de regresión, así la pendiente de esta recta será el parámetro de escala β y junto a la intersección con el eje y se calcula el parámetro de forma $\eta$.

Tabla 3-12: Distribución de datos modelo de Weibull Sub sistema nº3

| i | Tiempo entre fallas | fi | x=ln(ti) | y=ln[ ln( 1 / (1- Fi ) ) ] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 193 | 0,205 | 5,262690189 | -1,51412 |
| 2 | 346,5 | 0,5 | 5,847882819 | -0,37106 |
| 3 | 531,7 | 0,8 | 6,276079421 | 0,47 |

Al expresar los valores en un grafico de puntos, es posible encontrar la recta con el método de los mínimos cuadrados, luego de esta recta se obtiene su pendiente y su intersección con el eje y, esto es posible con rutinas de cálculos, pero dado las herramientas como excel a las que tengo acceso es posible simplificarlo y encontrar los parámetros con comandos.

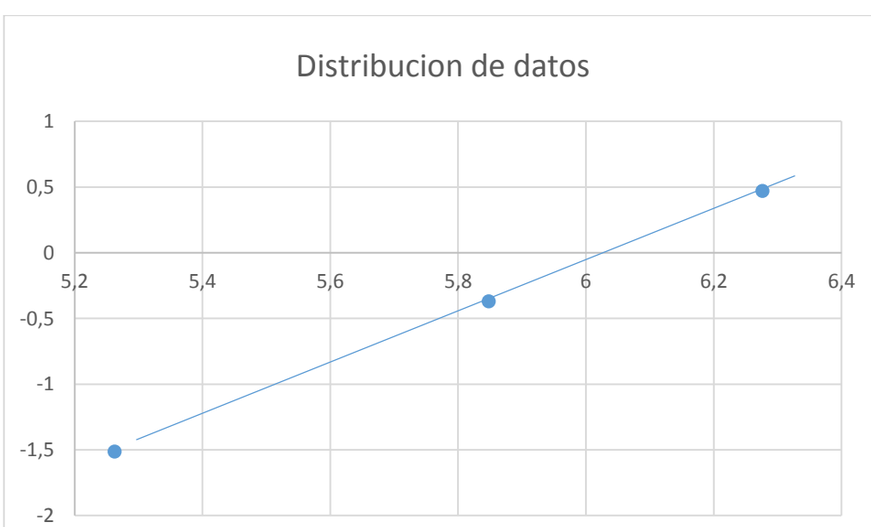



Grafico 3-5: Distribución de datos modelo de Weibull Sub sistema nº3

Obteniendo los parámetros de la distribución.

Tabla 3-13: Parámetros de la Distribución Weibull Sub sistema nº3

| | |
|---|---|
| Pendiente (β) | 1,957633006 |
| Intersección (b) | -1,81728822 |

Se procede a insertarlos a la ecuación de confiabilidad de Weibull para generar la curva de confiabilidad que representara el comportamiento del equipo en función al periodo estudiado.

Aplicando la ecuación de confiabilidad en los periodos definidos anteriormente obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 3-14: Confiabilidad de Weibull Sub sistema nº3

| Tiempo entre fallas | R(t) | F(T) |
|---|---|---|
| 193 | 0,657056299 | 0,342943701 |
| 346,5 | 0,451044872 | 0,548955128 |
| 531,7 | 0,280445558 | 0,719554442 |

Esto nos indica el comportamiento de la confiabilidad y el aumento en la probabilidad de ocurrencia, esto esta dado en función a las fallas del año 2018, con esta información junto a los parámetros de escala y forma es posible graficar una curva de confiabilidad.

Curva confiabilidad: Acoplamiento.

El grafico a continuación es una representación del comportamiento que tuvo el tornillo en el periodo estudiado, es decir en el eje y se encuentra la confiabilidad graduada desde 0 hasta un 100%, en el eje x se encuentra el transcurso del tiempo definido en horas, la curva nos indica la caída de confiabilidad que posee el componente atravez del tiempo.

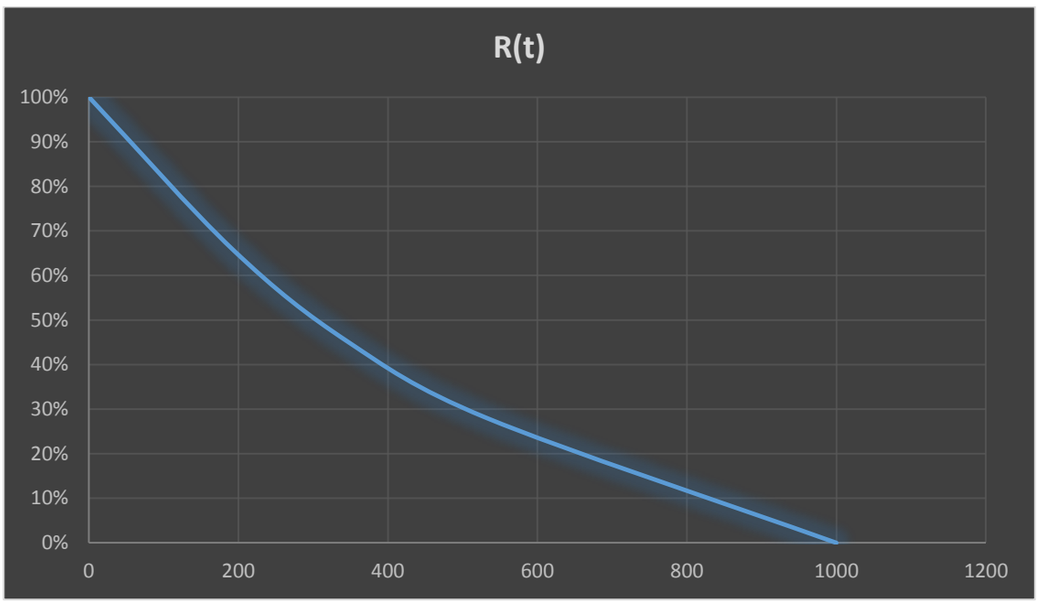



Grafico 3-6: Curva de confiabilidad Weibull Sub sistema nº3

Se observa en el grafico que a las 315 horas el componente alcanzara un 50% de confiabilidad, por ende, es el tiempo en el cual se recomendara generar una acción.

MTBF:

Los resultados es posible contrastarlos con otro criterio llamado MTBF(Tiempo medio entre fallas) el cual aplicado a este componente indica el tiempo promedio en que presenta un inconveniente, esto se lleva acabo dividiendo el tiempo total de funcionamiento del equipo que es de 1178,7 [H] en la cantidad de fallas que presento el tornillo, resultando un MTBF de **392 [Hrs].** Esto nos demuestra que el equipo es poco confiable en ese periodo por ello es necesario tomar acción antes de este tiempo.

### 3.3.4 Análisis subsistema Nº4: Descansos contra eje.

**Función**: Soportar el contra-eje

Tabla 3-15: FMEA Sub sistema nº4

| **M. de falla.** | **Causas** | **Efecto Local** | **Efecto superior** | **Efecto final** |
|---|---|---|---|---|
| -Desgaste por fatiga superficial<br>-Desgaste abrasivo<br>-Desgaste adhesivo<br>-Desgaste corrosivo | -Des alineamiento<br>-Lubricación inadecuada<br>-Contaminación de lubricante con material particulado del ambiente<br>-Problemas de sello | Mal funcionamiento del contra eje | -Daño en contra eje<br><br>-Daño en acoplamiento<br><br>-no transmite tensión a la cadena | Cocedor no opera |

- **Método de detección:**
- Inspección de lubricante
- Análisis sintomáticos
- inspecciones visuales

- **Acciones correctivas:**
- Lubricación
- Cambio del rodamiento
- Cambio del conjunto descanso-rodamiento

Vida útil Rodamientos Skf

Las siguientes ecuaciones están dadas por los fabricantes de rodamientos skf, los cuales estandarizan el funcionamiento de sus productos en función a las cualidades de fabricación.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{p}$$

Donde:

C: Capacidad de carga dinámica

P: Carga dinámica sometida al rodamiento

p: Factor de 10/3 por ser un rodamiento de rodillos

Luego para obtener la vida útil en **horas**

$$L_{10H} = \frac{10^6}{60\ x\ [Rpm]} L_{10}$$

Resulta una Vida útil nominal de **773.088,8 [Horas]** lo cual es inferior debido a factores de ambiental y de lubricación, aun así esto demuestra que se encuentra **Sobredimensionado**.

### 3.3.5 Análisis subsistema Nº5: Contra eje

**Función:** Transmite torque a Sprocket motriz.

Tabla 3-16: FMEA Sub sistema nº5

| M. de falla. | Causas | Efecto Local | Efecto superior | Efecto final |
|---|---|---|---|---|
| Perdida de dimensiones de contra eje por desgaste | -Atascamiento de la pesca en la entrada provocando que se estanque el equipo<br>-Des alineamiento | Mal funcionamiento de contra eje | -Daños en descansos<br>-Daños en acoplamiento | Cocedor no opera |

- **Método de detección :**

- Análisis sintomático
- Medición de diámetros
- Verificar juegos

- **Acciones correctivas:**

- Mecanizado de eje.
- Recuperaciones dimensionales.

### 3.3.6 Análisis subsistema Nº6: Descansos tornillo

**Función:** Soportar el tornillo helicoidal central.

Tabla 3-17: FMEA Sub sistema nº6

| **M. de falla.** | **Causas** | **Efecto Local** | **Efecto superior** | **Efecto final** |
|---|---|---|---|---|
| Desgaste por:<br>-Fatiga superficial<br>-Abrasivo<br>-Adhesivo<br>-Corrosivo | -Des alineamiento<br>-Lubricación inadecuada<br>-Contaminación de lubricante con material particulado del ambiente<br>-Problemas de sello | Mal funcionamiento de tornillo | Daños en helicoides de tornillo<br>- | cocedor no opera |

- **Método de detección:**
- Inspección de lubricante
- Análisis sintomáticos
- inspecciones visuales

- **Acciones correctivas:**
- Lubricación
- Cambio del rodamiento
- Cambio del conjunto descanso-rodamiento

**Vida útil Rodamientos Skf:**

Las siguientes ecuaciones están dadas por los fabricantes de rodamientos skf, los cuales estandarizan el funcionamiento de sus productos en función a las cualidades de fabricación.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{p}$$

Donde:

C: Capacidad de carga dinámica

P: Carga dinámica sometida al rodamiento

p: Factor de 10/3 por ser un rodamiento de rodillos

Luego para obtener la vida útil en horas

$$L_{10H} = \frac{10^6}{60\ x\ [Rpm]}\ x\ L_{10}$$

Resultando una vida útil nominal de 6.733.785 [Horas] Indicándonos que las capacidades del rodamiento están **sobredimensionadas.**

Fuente: Pagina oficial Skf.

### 3.3.7 Análisis subsistema Nº7: Sprocket motriz y conducido

**Función**: Transmisión de torque mediante la cadena.

Tabla 3-18: FMEA Sub sistema nº7

| M. de falla. | Causas | Efecto Local | Efecto superior | Efecto final |
|---|---|---|---|---|
| -Dientes rotos<br>-Desgaste<br>-Cadena trepa sprocket | -Carga de choque<br>-Des alineamiento<br>-Elongación de cadena excesiva<br>-Mala lubricación | -Aumento de desgaste en las piezas | -Posibles daños con mayores consecuencias(involucrar conjunto contra eje) | Cocedor no opera |

- **Método de detección:**
- Inspección visual
- Medición de eslabones de la cadena
- Medición de diámetros de sprocket

- **Acciones correctivas:**
- -Cambio de sprocket y realinear
- -Restablecer procedimientos de Lubricación
- -Reducir carga de choque

### 3.3.8 Análisis subsistema Nº8: Cadena de transmisión

**Función**: Transmitir energía mecánica de Sprocket motriz al conducido

Tabla 3-19: FMEA Sub sistema nº8

| **M. de falla.** | **Causas** | **Efecto Local** | **Efecto superior** | **Efecto final** |
|---|---|---|---|---|
| -Se corta la cadena<br>-Estiramiento de eslabones de cadena.<br>-cadena trepa sprocket | -Carga de choque<br>-Lubricación inadecuada<br>-Factores ambientales inadecuados | -Aumento de desgaste<br>-Sonidos excesivos | -Posibles daños con mayores consecuencias(Involucra conjunto contra eje) | Cocedor no opera |

- **Método de detección :**
- Medición de eslabones de la cadena.
- Inspecciones a Sprocket

- **Acciones correctivas:**
- Cambio de cadena
- Evaluar impacto de las partidas.
- Restablecer procedimientos de lubricación

### 3.3.9 Análisis subsistema Nº9: Reductor cyclo

**Función:** Reduce rpm entregada por el motor para aumentar el torque entregado.

Tabla 3-20: FMEA Sub sistema nº9

| **M. de falla.** | **Causas** | **Efecto Local** | **Efecto superior** | **Efecto final** |
|---|---|---|---|---|
| -Daño en eje<br>-Juego en engranajes<br>-Ruido excesivo | -Des alineamiento motor-reductor<br>-Fugas de aceite<br>-Aprietes internos inadecuados<br>-Mal montaje | Mal funcionamiento de reductor | -Posibles daños en elementos internos de reductor. | Cocedor no opera |

- **Método de detección:**
- Revisión general de reductor
- Escuchar con un estetoscopio mecánico los ruidos del rodamiento y de los engranes.
- Revisión de aprietes.
- Análisis sintomáticos
- Revisión de aceite
- Revisar bomba de aceite y sus conductos.

- **Acciones correctivas:**
- Reducir impacto de las partidas.
- Alineación
- Reponer aceite de reductor.

**CAPITULO Nº4** : Propuesta de solución.

## 4.1 **FALLAS IDENTIFICADAS**

Es importante tener presente que dentro del periodo de estudio no se manifestaron todas las fallas que tiene el equipo en lapsos mas largos, comprendiendo este margen y analizando las fallas presentadas en el periodo de estudio los cuales se encuentran anexadas al documento nos encontramos:

### 4.1.1 Fallas por fatiga

Las principales fallas mecánicas existentes en el equipo son consecuencia de la variable de torque que genera la pesca para oponerse al desplazamiento, o en casos de atolla miento de pesca en la entrada del equipo. Estos esfuerzos son transmitidos en todo el sistema llevándolo en ocasiones a limites de carga de algunos componentes.

### 4.1.2 Fallas por exposición y desgaste

Las fallas por exposición a humedad y desgaste se presenta en la chaqueta y el tornillo. ; principalmente rupturas que posee debido a los impactos de sobrepresión junto a la corrosión, esto trae como consecuencia que el equipo pierda temperatura y presión no procesando correctamente los niveles de pesca requeridos, junto a eso la contaminación del vapor que es devuelto a la zona de calderas e imposibilita la operación normal del equipo.

### 4.1.3 Fallas en Elementos rodantes

Las principales fallas presentes son consecuencia de des alineamientos esto implica en la concentricidad de los ejes junto a un aumento en el consumo eléctrico; estos elementos giratorios presentan al comienzo leves vibraciones que llevan a que se corte los pernos del acoplamiento junto con deformar el contra eje y desgastar rodamientos de descansos.

### 4.1.4 Fallas por ineficiente extracción de vahos

Las tapas del equipo están ubicadas en la parte superior estas impiden que se filtren vahos al ambiente protegiendo al personal de la zona a la exposición de gases toxicos. La ineficiente extracción de vahos genera desgaste prematuro en las empaquetaduras generando una falla de seguridad ambiental.

### 4.1.5 Otras fallas

El cocedor esta expuesto a un ambiente seco, esto ayuda al desgaste y deterioro de algunos elementos del sistema por ende es necesario considerarlo en análisis de diseño de propuesta.

### 4.1.6 Clima

En coronel poseen un clima húmedo por estar ubicado en la costa, en verano temperaturas de 40ºC o superior en sector cocedores, en invierno no baja de 30º C

### 4.1.7 Paros Emergencia

Gran parte de los paros de emergencias son debido a la contaminación del vapor ya que debe tener condiciones de inocuidad por estar trabajando con productos de consumo humano indirecto.

## 4.2 GENERALIDADES APLICADAS AL MANTENIMIENTO ESPECIFICO DEL COCEDOR.

En lo que respecta al sistema motriz, el tornillo y la camisa del cocedor se deben controlar los siguientes parámetros, para asegurar el correcto funcionamiento, aplicando los distintos tipos de mantenimientos mencionados:

### 4.2.1 Alineamientos

Cuando dos ejes se encuentra desalineados, se generan esfuerzos adicionales en el acoplamiento que genera un mayor consumo de energía, además estos esfuerzos se transforman en una carga adicional sobre los rodamientos, lo que conducirá a un desgaste prematuro de estos y por lo tanto un acortamiento de la disponibilidad de la maquina

### 4.2.2 Protección de sobrepresión del vapor

Cuando se produce sobre presión en la chaqueta o el tornillo en sectores donde existe desgaste de espesor se generan rupturas, estas se podrían evitar con la instalación de una válvula de alivio de presión o un disco de ruptura ubicado en la alimentación de vapor del sector, esto evitaría el aumento de presión que trae como consecuencia la ruptura de la chaqueta o el tornillo.

### 4.2.3 Nivel de materia prima dentro del cocedor

La alimentación de la materia prima es de forma manual con válvulas de guillotina de accionamiento neumáticos y un operador, en ocasiones el nivel de la materia prima no es el suficiente para la capacidad del cocedor, esto genera perdidas por reducir la capacidad y la eficiencia productiva del equipo. En el caso contrario cuando es sobrecargado el cocedor de materia prima genera esfuerzos mayores a los del diseño por ende genera ruptura de chaveta de contra eje o la ruptura de pernos del acoplamiento.

### 4.2.4 Lubricación de los componentes

La lubricación en los componentes nos permite tener el uso energético mas optimo, además de prevenir el desgaste prematuro en los elementos del equipo.

### 4.2.5 Espesores de la camisa y el tornillo.

La disminución de espesores son debido a la corrosión presente en el interior del equipo, al estar en contacto con la materia prima y sales marinas se ocasiona corrosión por diferentes factores, corrosión por picaduras, por la sensibilidad que presenta debido a la temperatura y corrosión por fracturas bajo tensión.

### 4.2.6 Estado de la extracción de vahos.

La materia prima al ser intervenida térmicamente emite gases residuales en su procesos de cocción las cuales tienen altos porcentajes de agentes contaminantes que resultan no amigables con el ambiente, por ende, requieren ser extraídos y tratados en otros sectores de la planta, además estos gases dañan las empaquetaduras de las tapas provocando desgastes prematuros y como consecuencia la filtración de gases al ambiente.

## 4.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

A continuación se presenta una generalidad en las actividades que requiere el equipo cocedor para poder obtener un estado predecible de fallas.

Semanal

- ✓ Revisión de nivel de aceite del reductor
- ✓ Revisión de posibles fugas de aceite
- ✓ Limpieza del área.
- ✓ Inspeccionar extracción de vahos
- ✓ Inspeccionar empaquetaduras de tapas.
- ✓ Inspección y lubricación de conjunto cadena sprockets.

Mensual

- ✓ Revisar alineación de conjunto motor-reductor-contra eje.
- ✓ Escuchar, con un estetoscopio mecánico, los ruidos del rodamiento y de los engranes de reductor.
- ✓ Inspección de termografía a chaqueta y tornillo
- ✓ Medición de espesores a la chaqueta y tornillo

Anual

- ✓ Revisión general del reductor
- ✓ Revisar el apriete del conjunto de componentes.
- ✓ Chequeo de juego de rodamientos y cambio de grasa.
- ✓ Cambio de empaquetaduras en tapas de cocedores.
- ✓ Chequeo de cadena motriz de cocedor, cambiar si es necesario.
- ✓ Aplicar análisis sintomáticos a elementos giratorios.
- ✓ Analizar el lubricante de los descansos.

## 4.4 DESARROLLO MANTENIMIENTO PROGRAMADO

### 4.4.1 Mantenimiento preventivo programado

El siguiente conjunto de actividades permite mantener estable los parámetros operacionales del equipo, reduciendo las variaciones que suceden en el sistema.

Tabla 4-1: Mantención Preventiva Programada

| Nº | **Mantención Preventiva** | **Frecuencia** | **Ejecuta** |
|---|---|---|---|
| **1** | Revisión de nivel de aceite del reductor | Semanal | Lubricación |
| **2** | Revisión de posibles fugas de aceite reductor | Semanal | Mecánico |
| **3** | Limpieza del área. | Semanal | Asist. Mecánico |
| **4** | Inspeccionar extracción de vahos | Semanal | Supervisor |
| **5** | Inspeccionar empaquetaduras de tapas. | Semanal | mecánico |
| **6** | Inspección y lubricación de conjunto cadena sprockets. | Diario | mecánico |
| **7** | Revisar alineación de conjunto motor-reductor-contra eje. | Mensual | Supervisor |
| **8** | Revisión general del reductor | Anual | mecánico |
| **9** | Revisar el apriete del conjunto de componentes. | Mensual | Mecánico |
| **10** | Chequeo de juego de rodamientos y cambio de grasa. | Anual | Mecánico |
| **11** | Cambio de empaquetaduras en tapas de cocedores. | Anual | Mecánico |
| **12** | Chequeo de cadena motriz de cocedor, cambiar si es necesario. | Anual | Mecánico |

### 4.4.2 Mantenimiento predictivo programado

El siguiente programa tiene como objetivo entregar criterios que permitan identificar a tiempo anomalías en los componentes mas críticos, para poder generar acciones correctivas que logren reducir las detenciones no programadas.

Tabla 4-2: Mantención Predictiva Programada

| Nº | Mantención Predictiva programada | Frecuencia | Ejecuta |
|---|---|---|---|
| 1 | Escuchar, con un estetoscopio mecánico, los ruidos del rodamiento y de los engranes de reductor. | mensual | Supervisor |
| 2 | Inspección de termografía a chaqueta y tornillo | Mensual | Supervisor |
| 3 | Medición de espesores a la chaqueta y tornillo | Mensual | Mecánico |
| 4 | Aplicar análisis sintomáticos a elementos giratorios(Vibración). | anual | Analista sintomático de la empresa |
| 5 | Analizar el lubricante de los descansos. | Anual | Analista sintomático de la empresa |

## 4.5 INSPECCIONES Y COMPROBACIONES

Los siguientes Checklist tienen como objetivo mantener controlado los parámetros mas generales que afectan en las principales fallas, esto con el fin de tener un seguimiento y poder acondicionar y sistematizar el plan con el deterioro del equipo a través del tiempo**.**

**Equipo detenido.**

El equipo detenido nos permitirá la inspección de los siguientes

Tabla 4-3: CheckList Semanal con equipo detenido

| **Checklist Semanal Personal de mantención.** | | |
|---|---|---|
| **Nº** | **Actividad** | **Estado** |
| 1 | Verificar algún deterioro en el sector de alimentación de la materia prima que indique atollamientos. | |
| 3 | Aplicar tintas penetrantes a helicoides del tornillo. | |
| 4 | Inspección del estado de acoplamiento | |
| 5 | Inspeccionar estados de empaque de uniones de acoplamiento | |
| 6 | Inspeccionar estado de empaques de tapas de la camisa | |
| 7 | Inspección visual estado de piñones | |

**Equipo en operación**.

Tabla 4-4: Check List Semanal con el equipo en operacion

| **Checklist Semanal Personal de mantención** | | |
|---|---|---|
| **Nº** | **Actividad** | **Estado** |
| 1 | Verificar fugas en camisa o eje | |
| 2 | Verificar atascamiento de la cadena a los piñones | |
| 3 | Verificar Ruido excesivo en conjunto Cadena-Sprocket | |
| 4 | Verificar temperatura de descansos | |
| 5 | Verificar alimentación de pesca | |
| 6 | Verificar temperatura en funcionamiento del conjunto motor reductor- contra eje | |
| 7 | Verificar ruido excesivo en reductor | |

## 4.6 **OPTIMIZACIONES PARA EL SISTEMA**

### 4.6.1 Automatización de alimentación de materia prima

Como se menciono anteriormente es necesario medir los parámetros de niveles dentro del equipo, ya que la inspección visual de un operador no es suficiente para mantener el equipo en sus niveles mas óptimos, esto lleva a que baje su eficiencia productiva presentando fallas y detenciones.

### 4.6.2 Válvula de alivio o disco de ruptura en alimentación vapor

El objetivo de la instalación de un método de protección al equipo a la sobrepresión es complementar los métodos predictivos de perdida de espesores que provocan las detenciones no programadas, así es posible estandarizar mas las rupturas controlando el desgaste con presiones constantes todo el tiempo.

**CAPITULO Nº5**: Estudio económico y evaluación técnica de la propuesta.

## 5.1 **NORMA**

Según la norma francesa AFNOR 60.010 el costo global de mantención estará dado por

Costo Global de Mantenimiento

CGM = Ci + Cf + Ca + Csi

Donde:

Ci: Costo de intervención asociado a mano de obra
Cf: Costo de la falla por no producción
Ca: Costo de almacenamiento
Csi: Costo del repuesto

El Costo de falla por no producción que es el costo de mas alto valor bajara considerablemente, ya que el plan asegurara los horarios mas óptimos para aplicar métodos de detección y en función a eso generar las acciones correctivas pertinentes que nos aseguren el correcto funcionamiento del equipo en sus horarios de proceso.

Aun siendo procesos intermitentes las ventas de la empresa en ocasiones son diarias o semanales por ende es requerida la disponibilidad total de los equipos en esos periodos.

## 5.2 COSTO DE FALLA EN HORARIO DE PROCESO (CF)

El costo de falla en horario de proceso estará dado por los niveles de pesca que no serán procesados en este tiempo, se entiende que de las 40 toneladas que atraviesan el equipo dentro de una hora solo el 20% es lo que posteriormente se convierte en harina y en el producto que vende la empresa, debido a ello se expresa de la siguiente forma:

Valor de la harina: 1350 [USD/Ton]
Capacidad cocedor: 40 [Ton/H]

Especificación de la materia prima:

20% solido
80%Liquido

40 [Ton/H] x 0,2 = 8 [Ton/H]

8 [Ton/H] x 1350 [USD] = 10800 [USD/H] el costo de una falla en una HORA.

Debido a que no es un proceso continuo no es posible definir la cantidad de horas de proceso en un día, esto es variable pero la intermitencia de los procesos, beneficia la disminución de estos costos. Ya que proporciona mas tiempos intermedios para realizar las actividades de mantención.

## 5.3 HORAS DE DETENCIÓN DEL COCEDOR.

Primero definiremos la cantidad de horas de detención del equipo debido a un modo de falla, presente en el periodo expresados en la tabla 26 y nos indica el tiempo total que se encontrara detenido, esto considera que tratamos con un sistema térmico por ende contempla el tiempo de enfriamiento del equipo.

Tabla 5-1: Tiempo de intervención de componentes críticos del equipo

| Equipo | Tiempo de intervención | | |
|---|---|---|---|
| | Tiempo de intervención | Tiempo para disipar el calor | Total |
| Tornillo | 4 [H] | 6 [H] | 10 [H] |
| Chaqueta | 4 [H] | 6 [H] | 10 [H] |
| Acoplamiento | 4 [H] | - | 4 [H] |

En este contexto operacional el costo de falla en horario de proceso lo definirá el tiempo que tardan en habilitar el otro cocedor que en promedio son **3 horas.**

## 5.4 COSTOS DE FALLA DE LA TEMPORADA 2018

[Costo Falla en una hora de producción] x 3 [H] = [Costo por perdida de producción]

Resultados:

Tabla 5-2: Costo perdida de producción por falla

| Equipo | Costo de falla por perdida de producción 2018 |
|---|---|
| Tornillo | 32.400 USD |
| Chaqueta | 32.400 USD |
| Acoplamiento | 32.400 USD |

Los valores de tornillo, chaqueta y acoplamiento son iguales ya que la variación de este costo dependerá del tiempo de traspaso de la materia prima y habilitación de otro cocedor.

## 5.5 DESCRIPCIÓN DE COSTOS GLOBALES DE MANTENCIÓN TEMPORADA 2018

Según la norma francesa AFNOR 60.010 el costo global de mantención estará dado por la suma de los siguientes:

Tabla 5-3: Costos por modo de falla año 2018

| Modo de Falla | C rep | Ci | Cf | Ca | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Ruptura en tornillo | USD 136 | USD 236 | **USD 32.400** | USD 460 | 33232 |
| Ruptura en Camisa | USD 136 | USD 236 | **USD 32.400** | USD 460 | 33232 |
| Se Cortan pernos de acoplamiento | USD 50 | USD 94 | **USD 32.400** | USD 100 | 32644 |

A continuación un grafico que indica la distribución de los costos de mantención**.**

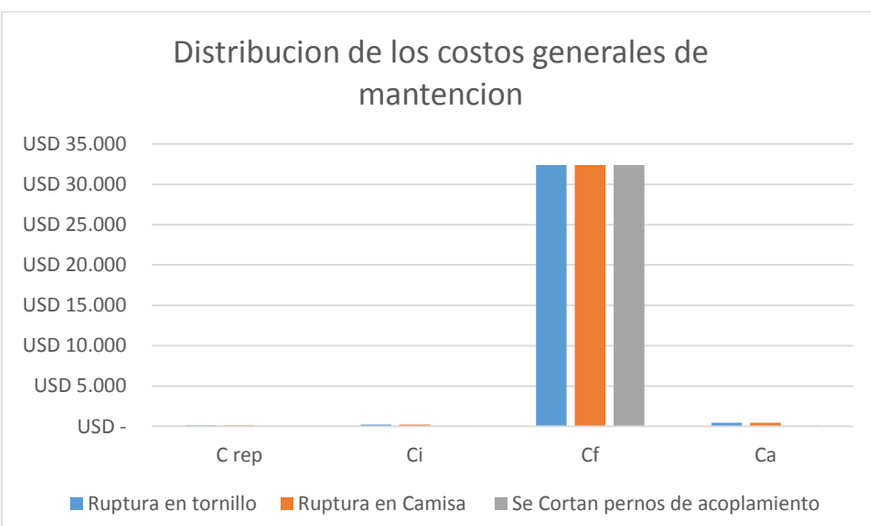



Grafico 5-1: Distribución de costos de mantención año 2018

Se puede observar que los principales costos son asociados a los de falla por no producción, esto nos lleva a definir la importancia de la continua operación del equipo, además la necesidad de una estrategia de mantenimiento de este sector del proceso. Que consiga reducir o eliminar estos gastos.

## 5.6 COSTOS DE MANTENCIÓN TOTALES EN PERIODO 2018

Tabla 5-4: Costo de mantención totales en el periodo 2018

USD

| Modo de Falla | Total | Cantidad | Total costo mantención. |
|---|---|---|---|
| Ruptura en tornillo | 33.232 | 4 | 132.928 |
| Ruptura en Camisa | 33.232 | 3 | 99.696 |
| Se Cortan pernos de acoplamiento | 32.644 | 3 | 97.932 |
| | | Total CGM | 330.556 |

El equipo se encuentra en deterioro y los tiempos entre fallas expresados en el periodo nos indicaron las frecuencias mas ideales para intervenirlo con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos.

## 5.7 ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE COSTOS

Como se menciono en el capitulo 3 los componentes se encuentran dispuestos en serie y como los componentes mas críticos se encuentran con una confiabilidad del 50% , entonces la probabilidad de que puedan operar continuamente en un contexto definido estará dado por la probabilidad de que no presente falla ningún componente, es decir, hay que considerar una reducción de gastos de:

$$R_{Total} = R_{tornillo} \times R_{Chaqueta} \times R_{Acoplamiento}$$

$$R_{Total} = 12{,}5\%$$

Con la implementación de la propuesta se estima reducir mínimo en un **12,5%** las detenciones no programadas en horarios de proceso, esto se pretende lograr incidiendo en el costo mas alto, es decir invertir en mano de obra, repuestos, y almacenamiento para así poder bajar el costo de no producción por fallas, por ende una estimación de reducción podría expresarse de la siguiente forma:

Tabla 5-5: Estimación de reducción de gastos en función a la confiabilidad

| Año | Proyecciones de gastos [USD] | |
|---|---|---|
| | Costo de mantención | Gasto por detenciones no programadas |
| 2018 | 330.556 | 324.000 |
| 2019 | 290.056 | 283.500 |

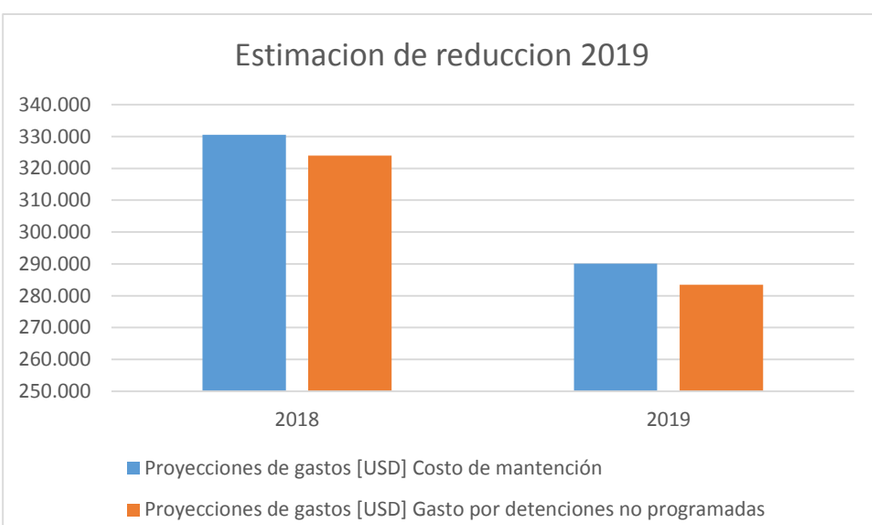



Grafico 5-2: Estimación de reducción 2019

## 5.9 EVALUACIÓN TÉCNICA.

En lo que respecta al aspecto técnico de la implementación, se observa la diferencia que existe en función de los tiempos de detenciones debido al mantenimiento correctivo con el que se trabaja, sin embargo la propuesta pretende eliminar estos tiempos, logrando sistematizar el mantenimiento para que sea posible ejecutarlo en los horarios mas óptimos.

Como antes mencionamos los componentes como lo es la chaqueta y el tornillo requieren de tiempo adicional antes de la intervención, debido a que operan con temperaturas de 100 ºC, esto implica en el tiempo en que se encuentra fuera de servicio el equipo, el cual tomara un total de 10 horas.

Los siguientes cuadros comparativos nos indican la diferencia que existe en la intervención y en los tiempos al tener una estrategia abordando las fallas.

### 5.9.1 Tornillo

Para el caso del tornillo se pretende realizar seguimiento al desgaste para así poder determinar los sectores mas vulnerables e intervenir en el momento preciso.

Tabla 5-6: Evaluación técnica Tornillo

| **Imponderable:** | **Desgaste de tornillo** | |
|---|---|---|
| **Tornillo** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Realizar análisis predictivo | - |
| **Acción 2** | Comparar características | - |
| **Acción 3** | Reparar en horarios de detención | Reparar cuando se presenta la falla |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 Hrs. |
| **Tiempo fuera de servicio** | 4 hrs | 10 hrs |

### 5.9.2 Chaqueta

La **chaqueta** posee el mismo modo de fallo que el tornillo y es consecuencia de las mismas variables por ende el seguimiento será de la misma forma, esto nos indicara el tiempo en que se deberá ejecutar la reparación

Tabla 5-7: Evaluación técnica Chaqueta

| **Imponderable:** | Desgaste de Chaqueta | |
|---|---|---|
| **Chaqueta** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Realizar análisis predictivo | - |
| **Acción 2** | Comparar características | - |
| **Acción 3** | Reparar en horarios de detención | Reparar cuando se presenta la falla |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 Hrs. |
| **Tiempo fuera de servicio** | 4 hrs | 10 hrs |

### 5.9.3 Acoplamiento

Las fallas en el acoplamiento son consecuencia de los des alineamiento o los choques de torque debido a la pesca, esto se pretende abordar desde antes que se genera la ruptura de los pernos, asi esto no sucederá en horarios de proceso y podremos controlar el costo de la detención no programada.

Tabla 5-8: Evaluación técnica Acoplamiento

| **Imponderable:** | Ruptura de pernos de acoplamiento | |
|---|---|---|
| **Acoplamiento** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Verificar alineamiento de conjunto | - |
| **Acción 2** | Programar una detención del equipo. | - |
| **Acción 3** | Reparar en horarios de detención | Reparar cuando se presenta la falla |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 Hrs. |
| **Tiempo fuera de servicio** | 4 hrs | 4 hrs |

### 5.9.4 Descansos

Los descansos del contra eje y el tornillo se encuentran sobredimensionados en cuanto a carga y revoluciones, esto nos indica que si se encuentran en funcionamiento dentro de sus parámetros de carga y velocidad la variable de alineamiento es la que daña y provoca el 100% de las averías del estos componentes, la propuesta contempla en el aspecto predictivo poder determinar cuando será el momento mas preciso de cambio y con ello **adquirir el repuesto con los tiempos óptimos.**

Tabla 5-9: Evaluación técnica Descansos

| **Imponderable:** | Fallo en descansos | |
|---|---|---|
| **Descansos** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Realizar análisis predictivo | - |
| **Acción 2** | Alinear conjunto | - |
| **Acción 3** | Protección de descansos y aumento de vida útil | Cambio de descansos cuando falle |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 Hrs. |
| **Tiempo fuera de servicio** | 4 hrs | 3 días |

### 5.9.5 Contra eje

El contra eje es un componente que en el mantenimiento correctivo dejaba fuera de servicio al equipo, un lapso tiempo que tardan en enviar a mecanizar para recuperar sus ajustes o fabricar uno nuevo, por ende la detección a tiempo de este modo de falla nos optimiza tiempo en conceptos de días, detectando a tiempo las anomalías nos permite adelantarnos a la falla.

Tabla 5-10: Evaluación técnica Contra eje

| **Imponderable:** | Desgaste excesivo de contra eje | |
|---|---|---|
| **Contra eje** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Realizar análisis predictivo | - |
| **Acción 2** | Alinear conjunto | - |
| **Acción 3** | Protección de contra eje, aumento en su vida útil | Reparar cuando se presenta la falla o cambiar |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 hrs |
| **Tiempo fuera de servicio** | 4 hrs | 3 días |

### 5.9.6 Sprockets

Los sprocket son componentes que no suelen presentar fallas. Aun así es necesario estar inspeccionando constantemente debido a que se encuentra en serie con todos los componentes y su falla provocaría la detención del equipo.

Tabla 5-11: Evaluación técnica Sprockets

| **Imponderable:** | Fallo en sprockets | |
|---|---|---|
| **Sprockets** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Realizar inspecciones visuales y lubricación | - |
| **Acción 2** | Verificar ruido atascamiento de cadena | - |
| **Acción 3** | Reparar en horarios de detención | Reparar cuando se presenta la falla |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 Hrs. |
| **Tiempo fuera de servicio** | 0 hrs | 1 día |

### 5.9.7 Cadena

En la cadena se genera estiramiento y junto con los sprocket pueden ir fallando de manera simultanea debido a la sinergia que poseen en el aspecto motriz del equipo.

Tabla 5-12: Evaluación técnica Cadena

| **Imponderable:** | Cadena | |
|---|---|---|
| **Cadena** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Realizar inspecciones visuales y lubricación | - |
| **Acción 2** | Verificar ruido o atascamiento en piñones | - |
| **Acción 3** | Reparar o cambiar en horarios de detención | Reparar cuando se presenta la falla |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 Hrs. |
| **Tiempo fuera de servicio** | 3 hrs | 3 hrs. |

### 5.9.8 Reductor

El reductor estará siendo sometido a lo largo de la temporada de proceso a múltiples estrategias de mantenimiento predictivo, el cual nos ira indicando el estado el componente con ello se podrá tomar decisiones de mantenimiento mas optimas eliminando las detenciones no programadas.

Tabla 5-13: Evaluación técnica Reductor Cyclo

| **Imponderable:** | Reductor cyclo | |
|---|---|---|
| **Reductor** | **Con implementación** | **Sin implementación** |
| **Acción 1** | Realizar análisis predictivo | - |
| **Acción 2** | Comparar características | - |
| **Acción 3** | Reparar en horarios de detención | Reparar cuando se presenta la falla |
| **Tiempo de no producción** | 0 [Hrs] | 3 hrs |
| **Tiempo fuera de servicio** | 1 día | 1 día |

# CONCLUSIÓN

Lo expuesto a lo largo de este trabajo nos permite arribar las siguientes conclusiones

La necesidad de una estrategia que sea capaz de entregarnos ciertos niveles conocimiento del estado de las maquinas utilizada, ya que dentro de este rubro la producción no esta determinada por otra cosa que no sea la salud de los equipos.

Los resultados son comentados con el personal de planta con el objetivo de poder validar mis teorías de las frecuencias que fueron definidas mediante procedimientos matemáticos, así fue posible aunar la teoría con la experiencia.

Gran parte del análisis de componentes se basó en la comparación de las características técnicas que poseían junto con los parámetros operacionales a los que eran sometidos, esto nos permitió definir en qué estado de operación se encontraba nos ayudó también a entender las fallas y sus causas.

Así fue posible ir componente por componente asignándole un nivel de confianza en periodos de operación y contexto dado, en el caso de los descansos fue sencillo debido a que los fabricantes como lo es SKF, estandarizan sus componentes en función a las cargas a las que son sometidos junto a las velocidades; así observando el contexto operacional de los descansos fue posible definir la cantidad de horas que podría encontrarse en operación.

Esto conectaba con el criterio del personal de mantención el cual nos indicó: que transcurren mas de dos años antes de fallar un descanso, exceptuando que omitan el des alineamiento del conjunto, esto sucede cuando no desean tener perdidas por no producción y deciden terminar de procesar antes de intervenir.

El mantenimiento predictivo programado pretende realizar seguimiento del desgaste del equipo, buscando los tiempos óptimos para ejecutar la mantención.

**BIBLIOGRAFIAS Y FUENTES DE INFORMACION**

**Bibliografía y fuentes:**


I. PISTARELLI, Alejandro J. Manual de mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización. 1a ed. Buenos Aires, Argentina: El autor, 2010. 696 p. ISBN 978-987- 05-8420-9.

II. Memoria del XXI Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría 2010

III. Scientia et Technica Año XVIII, Vol. 18, No 2, Agosto de 2013. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

IV. Catálogo de motor reductores "SEW EURODRIVE CHILE LTDA".

V. http://www.skf.com/

**ANEXO A:** FALLAS MENCIONADAS EN MANUSCRITOS MECANICOS

| COMPONENTE INVOLUCRADO | TRABAJO EJECUTADO | FECHA |
|---|---|---|
| **ACOPLAMIENTO FALK 2110** | Cambio de machones por desgaste gracias al des alineamiento | 02-04-18 |
| | Se cambia empaquetadura en unión de ejes, desgaste excesivo por ruptura de pernos | 25-05-18 |
| | Se cortan pernos de acoplamientos de contra ejes. | 22-06-18 |
| **CHAQUETA** | Se cambia pasador y se suelda orejas cortadas a perno de sujeción tapa nº2 | 23-03-18 |
| | Se suelda ruptura en camisa de cocedor nº2 | 21-04-18 |
| | Se presenta ruptura en superficie de chaqueta | 08-05-18 |
| **TORNILLO** | Se suelda cocedor nº2 presenta 2 roturas en tornillo central en 2 lugares | 06-03-18 |
| | Se repara ruptura en punta de eje alimentación vapor tornillo zona costura soldadura | 21-05-18 |
| | Se suelda rotura en tornillo de cocedor n°2 | 13-06-18 |
| | Se revisa y suelda roturas en helicoide de tornillo. | 31-07-18 |

**ANEXO B**: HORARIOS DE PROCESO DE LINEAS 1, 2, 3 Y 4.

| HORAS DE OPERACIÓN [HRS.] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **Cocedor 1** | **Cocedor 2** | **Cocedor 3** | **Cocedor 4** | **HORAS DE PROCESO** |
| **DICIEMBRE** | | | | | |
| 26-12-17 | 5 | 5 | | | 5 |
| 27-12-17 | 4 | 4 | | | 4 |
| 28-12-17 | | | | | |
| 29-12-17 | | | | | |
| 30-12-17 | | | | | |
| 31-12-17 | 2,5 | 2,5 | | | 2,5 |

| ENERO | | | | | HORAS DE PROCESO |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-01-18 | | | | | |
| 02-01-18 | | | | | |
| 03-01-18 | 3 | | | | |
| 04-01-18 | | | | | |
| 05-01-18 | | | | | |
| 06-01-18 | 2,5 | 2,5 | | | 2,5 |
| 07-01-18 | | | | | |
| 08-01-18 | 3 | 3 | | | 3 |
| 09-01-18 | | | | | |
| 10-01-18 | 5,5 | 5,5 | | | 5,5 |
| 11-01-18 | | 2 | 2 | | 2 |
| 12-01-18 | | 2 | 2 | | 2 |
| 13-01-18 | | 2,3 | 2,3 | | 2,3 |
| 14-01-18 | | | | | |
| 15-01-18 | | 2,3 | 2,3 | | 2,3 |
| 16-01-18 | | 2,5 | 2,5 | | 2,5 |
| 17-01-18 | | | | | |
| 18-01-18 | | 6,8 | 6,8 | | 6,8 |
| 19-01-18 | | | | | |
| 20-01-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 21-01-18 | | | | | |
| 22-01-18 | | | | | |
| 23-01-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 24-01-18 | | | | | |
| 25-01-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 26-01-18 | | | | | |
| 27-01-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 28-01-18 | | | | | |
| 29-01-18 | | | | | |
| 30-01-18 | | 5 | 5 | | 5 |
| 31-01-18 | | | | | |

| FEBRERO | | | | | HORAS DE PROCESO |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-02-18 | | | | | 0 |
| 02-02-18 | | 6 | 6 | | 6 |
| 03-02-18 | | | | | 0 |
| 04-02-18 | | | | | 0 |
| 05-02-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 06-02-18 | | 7 | 7 | | 7 |
| 07-02-18 | | | | | 0 |
| 08-02-18 | | 10 | 10 | | 10 |
| 09-02-18 | | 5 | 5 | | 5 |
| 10-02-18 | | 20 | 20 | | 20 |
| 11-02-18 | | 9 | 9 | | 9 |
| 12-02-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 13-02-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |
| 14-02-18 | | 13 | 13 | | 13 |
| 15-02-18 | | 23 | 23 | | 23 |
| 16-02-18 | | 8,8 | 8,8 | | 8,8 |
| 17-02-18 | | 4,5 | 4,5 | | 4,5 |
| 18-02-18 | | 6 | 6 | | 6 |
| 19-02-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 20-02-18 | | 6 | 6 | | 6 |
| 21-02-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 22-02-18 | | 8 | 8 | | 8 |
| 23-02-18 | | 7 | 7 | | 7 |
| 24-02-18 | | 5 | 5 | | 5 |
| 25-02-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 26-02-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 27-02-18 | | 5 | 5 | | 5 |
| 28-02-18 | | 4,5 | 4,5 | | 4,5 |

| MARZO | | | | | HORAS DE PROCESO |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-03-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 02-03-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 03-03-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 04-03-18 | | 2,5 | 2,5 | | 2,5 |
| 05-03-18 | | 2,5 | 2,5 | | 2,5 |
| 06-03-18 | | 2,7 | 2,7 | | 2,7 |
| 07-03-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 08-03-18 | | 4,3 | 4,3 | | 4,3 |
| 09-03-18 | | 18 | 18 | | 18 |
| 10-03-18 | | 21 | 21 | | 21 |
| 11-03-18 | | 23 | 23 | | 23 |
| 12-03-18 | | 16 | 16 | | 16 |
| 13-03-18 | | 16 | 16 | | 16 |
| 14-03-18 | | 11 | 11 | | 11 |
| 15-03-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 16-03-18 | | 7 | 7 | | 7 |
| 17-03-18 | | | | | 0 |
| 18-03-18 | | | | | 0 |
| 19-03-18 | | 19,5 | 19,5 | | 19,5 |
| 20-03-18 | | 22,5 | 22,5 | | 22,5 |
| 21-03-18 | | 24 | 24 | | 24 |
| 22-03-18 | | 14 | 14 | | 14 |
| 23-03-18 | | 9 | 9 | | 9 |
| 24-03-18 | | 4,5 | 4,5 | | 4,5 |
| 25-03-18 | | | | | 0 |
| 26-03-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 27-03-18 | | 8 | 8 | | 8 |
| 28-03-18 | | 12,5 | 12,5 | | 12,5 |
| 29-03-18 | | 16,5 | 16,5 | | 16,5 |
| 30-03-18 | | | | | 0 |
| 31-03-18 | | 3 | 3 | | 3 |

| ABRIL | | | | | HORAS DE PROCESO |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-04-18 | | 2,5 | 2,5 | | 2,5 |
| 02-04-18 | | 9 | 9 | | 9 |
| 03-04-18 | | 12 | 12 | | 12 |
| 04-04-18 | | 9 | 9 | | 9 |
| 05-04-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 06-04-18 | | 4,5 | 4,5 | | 4,5 |
| 07-04-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 08-04-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |
| 09-04-18 | | 2,5 | 2,5 | | 2,5 |
| 10-04-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 11-04-18 | | | | | 0 |
| 12-04-18 | | 6 | 6 | | 6 |
| 13-04-18 | | 15,5 | 15,5 | | 15,5 |
| 14-04-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 15-04-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 16-04-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 17-04-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |
| 18-04-18 | | 8 | 8 | | 8 |
| 19-04-18 | | 12 | 12 | | 12 |
| 20-04-18 | | 12 | 12 | | 12 |
| 21-04-18 | | 2 | 2 | | 2 |
| 22-04-18 | | 2 | 2 | | 2 |
| 23-04-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 24-04-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 25-04-18 | | 4,5 | 4,5 | | 4,5 |
| 26-04-18 | | 6 | 6 | | 6 |
| 27-04-18 | | | | | 0 |
| 28-04-18 | | | | | 0 |
| 29-04-18 | | 5 | 5 | | 5 |
| 30-04-18 | | | | | 0 |

| MAYO | | | | | HORAS DE PROCESO |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-05-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 02-05-18 | | 8 | 8 | | 8 |
| 03-05-18 | | 3,5 | | | 3,5 |
| 04-05-18 | | | | | 0 |
| 05-05-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 06-05-18 | | | | | 0 |
| 07-05-18 | | 4,5 | 4,5 | | 4,5 |
| 08-05-18 | | 24 | 24 | | 24 |
| 09-05-18 | | 24 | 24 | | 24 |
| 10-05-18 | | 19 | 19 | | 19 |
| 11-05-18 | | 13 | 13 | | 13 |
| 12-05-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |
| 13-05-18 | | 2 | 2 | | 2 |
| 14-05-18 | | | | | 0 |
| 15-05-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 16-05-18 | | 8,5 | 8,5 | | 8,5 |
| 17-05-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 18-05-18 | | 8,5 | 8,5 | | 8,5 |
| 19-05-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |
| 20-05-18 | | 2 | 2 | | 2 |
| 21-05-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 22-05-18 | | 9,5 | 9,5 | | 9,5 |
| 23-05-18 | | 18 | 18 | | 18 |
| 24-05-18 | | 11 | 11 | | 11 |
| 25-05-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 26-05-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |
| 27-05-18 | | | | | 0 |
| 28-05-18 | | 20 | 5 | | 20 |
| 29-05-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |
| 30-05-18 | | 5,5 | 5,5 | | 5,5 |
| 31-05-18 | | 6,5 | 6,5 | | 6,5 |

| JUNIO | | | | | HORAS DE PROCESO |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-06-18 | | 11,5 | 11,5 | | 11,5 |
| 02-06-18 | | 10,5 | 10,5 | | 10,5 |
| 03-06-18 | | 7,5 | 7,5 | | 7,5 |
| 04-06-18 | | | | | 0 |
| 05-06-18 | | | | | 0 |
| 06-06-18 | | | | | 0 |
| 07-06-18 | | | | | 0 |
| 08-06-18 | | | | | 0 |
| 09-06-18 | | 1,5 | 1,5 | | 1,5 |
| 10-06-18 | | | | | 0 |
| 11-06-18 | | 6 | 6 | | 6 |
| 12-06-18 | | 9 | 9 | | 9 |
| 13-06-18 | | 5 | 5 | | 5 |
| 14-06-18 | | 12,5 | 12,5 | | 12,5 |
| 15-06-18 | | 13 | 13 | | 13 |
| 16-06-18 | | 16,5 | 16,5 | | 16,5 |
| 17-06-18 | | | | | 0 |
| 18-06-18 | | 2,5 | 2,5 | | 2,5 |
| 19-06-18 | | 21 | 21 | | 21 |
| 20-06-18 | | 11 | 11 | | 11 |
| 21-06-18 | | 20 | 20 | | 20 |
| 22-06-18 | | 10 | 10 | | 10 |
| 23-06-18 | | 8 | 8 | | 8 |
| 24-06-18 | | | | | 0 |
| 25-06-18 | | 7 | 7 | | 7 |
| 26-06-18 | | 7 | 7 | | 7 |
| 27-06-18 | | 9 | 9 | | 9 |
| 28-06-18 | | 6 | 6 | | 6 |
| 29-06-18 | | 5,5 | | | 5,5 |
| 30-06-18 | | 4,5 | | | 4,5 |

| JULIO | | | | | HORAS DE PROCESO |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-07-18 | | | | | 0 |
| 02-07-18 | | | | | 0 |
| 03-07-18 | | 5,5 | | 5,5 | 5,5 |
| 04-07-18 | | | | | 0 |
| 05-07-18 | | 3 | 3 | | 3 |
| 06-07-18 | | | | | 0 |
| 07-07-18 | | | | | 0 |
| 08-07-18 | | | | | 0 |
| 09-07-18 | | | | | 0 |
| 10-07-18 | | | | | 0 |
| 11-07-18 | | | | | 0 |
| 12-07-18 | | | | | 0 |
| 13-07-18 | | 3,5 | 3,5 | | 3,5 |
| 14-07-18 | | | | | 0 |
| 15-07-18 | | | | | 0 |
| 16-07-18 | | | | | 0 |
| 17-07-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 18-07-18 | | | | | 0 |
| 19-07-18 | | | | | 0 |
| 20-07-18 | | 4 | 4 | | 4 |
| 21-07-18 | | | | | 0 |
| 22-07-18 | | | | | 0 |
| 23-07-18 | | 8 | 8 | | 8 |
| 24-07-18 | | | | | 0 |
| 25-07-18 | | | | | 0 |
| 26-07-18 | | | | | 0 |
| 27-07-18 | | 5 | 5 | | 5 |
| 28-07-18 | | 15 | 5 | | 15 |
| 29-07-18 | | | | | 0 |
| 30-07-18 | | | | | 0 |
| 31-07-18 | | 12 | 12 | | 12 |
| | | | | | |
| | 25,5 | 1178,7 | 1112,2 | 5,5 | 1178,7 |