

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



**MODELO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD EN COMPLEJO
INDUSTRIAL ASERRADERO Y REMANUFACTURA**

Informe de Habilitación Profesional
Presentado en conformidad a los requisitos
Para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico

Profesor guía:
Sr. Osvaldo Amigo Riquelme

JONATHAN ALFREDO BOBADILLA BRITO
CONCEPCIÓN-CHILE

2015

AGRADECIMIENTOS

Siento que es necesario tomarme un tiempo para poder dar gracias a todos quienes estuvieron y están conmigo en el fin de esta etapa.

Nicole Marinao Sepulveda polola, amiga y compañera incondicional, nunca me dejaste caer, siempre una palabra de aliento, un abrazo, un beso, parte de lo que soy ahora y de lo que consigo es mérito tuyo.

Mis padres y hermana, nunca dejare de darles las gracias por tanto amor y comprensión, por aguantar tantas noches de estudio, cuando éramos como 8 metiendo ruido discutiendo por algún ejercicio jajaja, nunca dijeron nada.

Por ultimo a toda mi familia, amigos y cercanos, gracias por los consejos, por creer en mí, infinitas gracias.

SUMARIO

Para el apoyo en la toma de decisiones de las personas involucradas en la gestión de mantenimiento se entrega una serie de indicadores que permiten medir el desempeño de las actividades desarrolladas durante el proceso de mantención, concerniente a mantener los activos operativos para las labores productivas, y los resultados que estas generan para las plantas de Aserradero Horcones 1 y Remanufactura Horcones de Aserraderos Arauco S.A.

De acuerdo a este modelo se establecen los responsables, el nivel organizacional, el tipo de indicador y una serie de otras características agrupadas en fichas técnicas de indicadores, de manera tal que cada nivel pueda realizar gestión y así concretar sus objetivos propuestos, alineados a la estrategia organizacional.

Se obtienen valores mensuales de KPI's para un tiempo de 4 años y 6 meses según datos entregados por el sistema de información de la empresa (SAP logon) y obtenidos en terreno, esto con el fin de evaluar la gestión del departamento de mantención, oportunidades de mejorar y su evolución durante los últimos años.

Los indicadores calculados se emplean en el análisis de confiabilidad y de desempeño, determinando áreas, sistemas y subsistemas que resulten críticos y prioritarios para la consecución de logros de producción.

De acuerdo a los resultados obtenidos los desempeños más bajos se tienen en las áreas de Aserradero y Secado para la planta Aserradero Horcones 1, mientras que para la planta de Remanufactura Horcones las áreas son Finger y Molduras.

La variable que afecta en mayor grado la Disponibilidad de los procesos productivos es la Confiabilidad determinada por los bajos TMEF debido a la alta frecuencia de fallas de operación y propias del proceso.

En Confiabilidad se calculan las curvas del indicador para subsistemas de la Línea principal de Aserradero y para Remanufactura sobre los subsistemas de la Moldurera 22 (B) consiguiendo valores distorsionados debido a los múltiples modos de fallas presentes en los datos.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
1.- PROCESOS PRODUCTIVOS.....	3
1.1.-ASERRADERO.....	3
1.1.1.-Clasificación y Descortezado.....	3
1.1.2.-Aserrío.....	3
1.1.3.-Clasificación y empaquetado.....	3
1.1.4.-Reaserrío.....	3
1.1.5.-Baño antimanchas.....	3
1.1.6.-Secado.....	3
1.1.7.-Cepillado.....	3
1.2.-REMANUFACTURA.....	4
1.2.1.-Selectiva.....	4
1.2.2.-Trozado.....	4
1.2.3.-Finger.....	4
1.2.4.-Moldurera.....	4
1.2.5.-Pintado.....	4
1.2.6.-Escuadrado.....	4
2.- MARCO TEORICO.....	5
2.1. MANTENIMIENTO.....	5
2.1.1.- Historia del mantenimiento.....	5
2.1.1.1.- Primera generación.....	5
2.1.1.2.- Segunda generación.....	6
2.1.1.3.- Tercera generación.....	6
2.1.2.-Objetivos del mantenimiento.....	7
2.1.3.-Funciones básicas del mantenimiento.....	7
2.1.4.-Gestión del mantenimiento.....	8
2.1.5.- Implementación de la gestión del mantenimiento.....	9

2.1.5.1.-Plan de Mantenimiento.....	9
2.1.6.-Políticas de mantención.....	10
2.1.7.-Tácticas de mantenimiento.....	11
2.1.8.-Tipos de mantenimiento.....	12
2.1.9.-Sistema kantiano de mantenimiento.....	13
2.1.9.1.-Sistema integral de mantenimiento.....	13
2.1.10.-Variables del mantenimiento.....	14
2.2.-INDICADORES.....	16
2.2.1.-Características de los indicadores.....	16
2.2.2.-Principales funciones de los indicadores.....	17
2.2.3.-Beneficios derivados de los indicadores de gestión.....	17
2.2.4.-Indicadores claves de desempeño (KPI).....	18
2.2.5.-Importancia de los indicadores en mantenimiento.....	19
2.2.6.-Tipos de KPI en mantenimiento.....	19
2.2.7.-Indicadores de mantenimiento de clase mundial.....	20
2.3.-SISTEMAS DE INFORMACIÓN (SI).....	21
2.3.1.-Definición de un sistema de información.....	22
2.3.2.-Dato, información y sistema.....	22
2.3.3.-Actividades básicas de un SI.....	23
2.3.4.-Sistemas integrales de información.....	23
2.3.5.-Sistemas de información para la gestión del mantenimiento.....	23
2.4.-CONFIABILIDAD.....	24
2.4.1.-Falla.....	24
2.4.2.-Falla funcional.....	24
2.4.3.-Clasificación de las fallas.....	24
2.4.4.-Ingeniería de confiabilidad.....	25
2.4.4.1.-Conceptos básicos.....	25
2.4.5.-Distribuciones de probabilidades.....	28
2.4.5.1.-Distribución Exponencial.....	28
2.4.5.2.-Distribución de Weibull.....	28

3.-DEFINICIÓN DEL MODELO DE INDICADORES.....	30
3.1. FORMALIZACIÓN DE INDICADORES.....	30
3.1.1.- Selección de indicadores.....	30
3.1.2.-Denominación del indicador.....	30
3.1.3.-Forma de cálculo y fuente de información.....	31
3.1.4.-Forma de representación.....	31
3.1.5.-Definición de responsabilidades.....	31
3.1.6.-Definición de objetivos.....	32
3.1.7.-Creación de fichas para indicadores.....	32
3.2.-APLICACIÓN DEL MODELO DE INDICADORES.....	33
3.2.1.-Priorización.....	34
3.2.1.1.-Diagrama de Jack knife o de dispersión logarítmica.....	34
4.-DESARROLLO.....	35
4.1.-SELECCIÓN DE INDICADORES.....	35
4.2.-DESCRIPCIÓN Y FORMA DE CÁLCULO DE INDICADORES.....	38
4.2.1.-TPPR.....	38
4.2.2.-OT's emitidas.....	39
4.2.3.-Confiabilidad (R).....	39
4.2.4.-Disponibilidad (D).....	40
4.2.5.-TMEF.....	40
4.2.6.- Frecuencia de fallas (λ).....	40
4.2.8.-Costo de mantenimiento por unidad de producción.....	43
4.3.-FICHAS TÉCNICAS PARA INDICADORES.....	43
5.-APLICACIÓN DEL MODELO DE INDICADORES.....	46
5.1.-TRATAMIENTO DE DATOS.....	48
5.1.1.-Ubicaciones técnicas.....	49
5.1.2.-Averías.....	49
5.1.3.-Repercusiones.....	49
5.1.4.-Puestos de trabajo responsables.....	49
5.1.5.-Tipo de orden de trabajo.....	50

5.2.-TABLAS.....	50
6.-ANÁLISIS DE INDICADORES.....	50
6.1.-CONSIDERACIONES GENERALES.....	50
6.2.-ASERRADERO HORCONES 1.....	51
6.2.1.-Consideraciones.....	51
6.2.2.-Disponibilidad.....	52
6.2.3.-TMEF.....	55
6.2.4.-TPPR.....	58
6.2.5.-Confiabilidad.....	64
6.2.5.1-Jack knife.....	64
6.2.5.1.1.-Áreas.....	64
6.2.5.1.1.-Sistemas.....	66
6.2.5.2.-Determinación de equipos.....	67
6.2.5.3.-Elección del modelo.....	70
6.2.5.3.1.-Subsistema Log Pos.....	70
6.2.6.-Frecuencia de fallas.....	72
6.2.7.-OT's emitidas.....	75
6.2.8.-Costo de mantenimiento por unidad de producción.....	80
6.3.- REMANUFACTURA HORCONES.....	83
6.3.1.-Consideraciones.....	83
6.3.2.-Disponibilidad.....	83
6.3.3.-TMEF.....	88
6.3.4.-TPPR.....	91
6.3.5.-Confiabilidad.....	96
6.3.5.1-Jack knife.....	96
6.3.5.1.1.-Áreas.....	96
6.3.5.1.2.-Sistemas.....	98
6.3.5.2.-Determinación de equipos.....	99
6.3.5.3.- Elección del modelo.....	101
6.3.5.3.1 Subsistema Moldurera 22BL (B).....	101

6.3.6.-Frecuencia de fallas.....	103
6.3.7.- OT's emitidas.....	107
6.3.8.-Costo de mantención por unidad de producción.....	112
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES.....	120
BIBLIOGRAFIA.....	123
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Funciones básica del mantenimiento.....	8
Figura 2.2: Método de mejora continua PDCA.....	9
Figura 2.3: Figura Sistema integrado de ingeniería de fábricas: mantenimiento – maquinas – producción (Mora, 2009).....	14
Figura 2.4: Relación entre Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.....	15
Figura 2.5: Modelo para la definición de la estrategia de mantenimiento (Crespo, 2007).....	19
Figura 2.6: Conexión entre indicadores de proceso y de resultado.....	21
Figura 2.7: Relación entre datos, información y sistema.....	22
Figura 2.8: Relación entre tiempos promedios	27
Figura 2.9: Curva de la bañera; parámetro β asociado al tipo de falla y etapa en la del activo.....	29
Figura 3.1: Ficha de indicadores.....	33
Figura 3.2: Integración del modelo de indicadores al proceso de mejora continua.....	34
Figura 3.3: Diagrama de Jack Knife.....	35
Figura 4.1: Recopilación de indicadores claves de desempeño (KPI's) en mantenimiento.....	41
Figura 4.2: Matriz de indicadores.....	42
Figura 4.3: Gráfico de líneas con marcadores, Disponibilidad del área molduras año 2014.....	44
Figura 4.4: Gráfico de barras, TMEF del sistema Finger industrial 4000 año 2012.....	45
Figura 4.5: Ficha técnica del indicador Disponibilidad.....	46
Figura 6.1: % de fallas por puesto de trabajo responsable, línea principal Aserradero.....	54
Figura 6.2: Evolución del TMEF para el sistema línea principal aserradero periodo	

2014-2015.....	57
Figura 6.3: Evolución del TMEF para el subsistema Vislanda periodo 2014-2015.....	58
Figura 6.4: TPPR Área Secado periodo 2011-2015.....	60
Figura 6.5: Evolución del TPPR en sistema cámara de secado Hildebrand periodo 2011-2015.....	61
Figura 6.6: Evolución del TPPR en sistema cámara de secado Mahild periodo 2011-2015.....	61
Figura 6.7: Diagramas de Jack Knife para las Áreas de Aserradero Horcones 1.....	64
Figura 6.8: Diagramas de Jack Knife para los sistemas del área Aserradero.....	66
Figura 6.9: Distribución de datos mediante modelo Exponencial, subsistema LogPos.....	70
Figura 6.10: Distribución de datos mediante modelo Weibull, subsistema LogPos.....	70
Figura 6.11: Curva de confiabilidad para el subsistema Log Pos.....	71
Figura 6.12: Acumulado de fallas para la Línea principal de Aserradero periodo 2011-2015.....	73
Figura 6.13: Frecuencia de fallas línea principal aserradero periodo 2014-2015.....	74
Figura 6.14: Frecuencia de fallas subsistema “CHIPPER #2” periodo 2014-2015.....	75
Figura 6.15: Frecuencia de fallas subsistema “Transportador separador de laterales” periodo 2014-2015.....	75
Figura 6.16: N° de OT’s emitidas según tipo de orden, Aserradero Horcones 1.....	76
Figura 6.17: Evolución por años del N° de OT’s emitidas Aserradero Horcones 1.....	76
Figura 6.18: Cantidad de OT’s emitidas de acuerdo a su tipo área Secado periodo 2011-2015.....	78
Figura 6.19: Numero de órdenes preventivas y correctivas durante el primer semestre de los años 2014 y 2015.....	79
Figura 6.20: Evolución del costo de mantención por unidad de producción en área Aserradero periodo 2013-2015.....	81
Figura 6.21: Evolución de los costos de mantención y unidades producidas en área Aserradero periodo 2013-2015.....	82
Figura 6.22: % de fallas por puesto de trabajo responsable, área Finger.....	87
Figura 6.23: Evolución TMEF del sistema Trozado optimizado línea N°1 periodo 2012-2015...	90
Figura 6.24: TMEF del subsistema Trozador Opticut N°1 periodo 2012-2015.....	91

Figura 6.25: TTPR anuales de áreas productivas Remanufactura Horcones.....	93
Figura 6.26: TTPR sistema Moldurera 23 (A) periodo 2011-2015.....	94
Figura 6.27: Diagramas de Jack Knife para las Áreas de Remanufactura Horcones.....	96
Figura 6.28: Diagramas de Jack Knife para los sistemas del área Molduras.....	98
Figura 6.29: Distribución de datos mediante modelo exponencial subsistema Moldurera 22 BL (B).....	101
Figura 6.30: Distribución de datos mediante modelo Weibull subsistema Moldurera 22 BL (B).....	102
Figura 6.31: Distribución de los datos de TEF para la obtención de la curva de confiabilidad subsistema Moldurera 22 BL (B).....	102
Figura 6.32: Curva de confiabilidad para el subsistema Moldurera 22BL (B).....	102
Figura 6.33: Fallas acumuladas sistema Finger Grecon HS 200 periodo 2014-2015.....	103
Figura 6.34: Frecuencia de fallas en subsistema Finger Grecon HS 200 periodo 2014-2015.....	104
Figura 6.35: Frecuencia de fallas en subsistema transporte de paletas de alimentación HS 200 periodos 2014-2015.....	104
Figura 6.36: N° de OT's emitidas según tipo de orden Remanufactura Horcones.....	107
Figura 6.37: Evolución por años del N° de OT's emitidas Remanufactura Horcones.....	107
Figura 6.38: OT's emitidas de acuerdo a su tipo área Trozado periodo 2011-2015.....	110
Figura 6.39: Numero de órdenes preventivas y correctivas durante el primer semestre de los años 2014 y 2015.....	111
Figura 6.40: Evolución de los costos de mantención y unidades producidas área Molduras periodo 2011-2015.....	114
Figura 6.41: Costo de mantención por unidad de producción Moldurera 23 (C) año 2013.....	115
Figura 6.42: Evolución de los costos de mantención y unidades producidas sistema Moldurera 23 (C) año 2013.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Tercera generación del mantenimiento (Moubray, 2004).....	6
Tabla 4.1: Indicadores utilizados en Aserradero y Remanufactura v/s indicadores propuestos....	37
Tabla 5.1: Transacciones utilizados y datos de interés.....	47

Tabla 5.2: Criterios de Filtrado en tablas dinámicas.....	48
Tabla 6.1: Promedio anual de Disponibilidad por áreas, Aserradero Horcones 1.....	52
Tabla 6.2: TMEF y TPPR del sistema Línea principal de Aserradero, periodo 2015.....	53
Tabla 6.3: Efecto de la disminución del N° de fallas sobre la Disponibilidad.....	54
Tabla 6.4: N° de fallas por puesto de trabajo responsable, línea principal de Aserradero.....	54
Tabla 6.5: Promedio anual de TMEF por área.....	55
Tabla 6.6: N° de fallas y su repercusión.....	56
Tabla 6.7: TMEF de sistemas del área Aserradero periodo 2015.....	57
Tabla 6.8: Promedio anual de TPPR por área.....	59
Tabla 6.9: TPPR de sistemas cámaras de secado Hildebrand y Mahild, periodos 2011-2015 y 2014-2015.....	60
Tabla 6.10: Promedio anual de TPPR para subsistemas de la cámara de secado Mahild.....	62
Tabla 6.11: Promedio anual de TPPR para trabajos mecánicos y eléctricos.....	63
Tabla 6.12: N° de fallas por puesto de trabajo.....	68
Tabla 6.13: N° de fallas por tipo de repercusión.....	69
Tabla 6.14: N° de fallas imputadas a mantención.....	69
Tabla 6.15: Modelo de confiabilidad utilizado para subsistemas de la Línea principal de Aserradero.....	71
Tabla 6.16: Frecuencia de fallas periodo 2011 – 2015.....	72
Tabla 6.17: Frecuencia de fallas periodo 2014-2015.....	72
Tabla 6.18: Relación porcentual de ordenes ZPP y ZAM, Aserradero Horcones 1.....	77
Tabla 6.19: Distribución de OT emitidas por área.....	77
Tabla 6.20: Relación porcentual de ordenes ZAM y ZPP, área Secado.....	78
Tabla 6.21: Relación porcentual ordenes ZAM y ZPP primer semestre años 2014 y 2015, área Secado.....	80
Tabla 6.22: Promedio anual de costo de mantención por unidades producidas de áreas productivas.....	80
Tabla 6.23: Costos de mantención.....	82
Tabla 6.24: Costos de mantención preventivas y correctivas.....	82
Tabla 6.25: Promedio anual de Disponibilidad por áreas, Remanufactura Horcones.....	84

Tabla 6.26: Promedio de TMEF y TPPR para las áreas productivas, periodo 2014 – 2015.....	85
Tabla 6.27: Disponibilidad para distintos valores de TMEF.....	86
Tabla 6.28: Repercusión de la disminución de un 20% de intervenciones en el aumento de Disponibilidad, sistemas y área Finger.....	86
Tabla 6.29: N° de fallas por puesto de trabajo responsable, área Finger.....	87
Tabla 6.30: Diferencias de TMEF en áreas de Remanufactura Horcones.....	88
Tabla 6.31: Promedios anuales de TMEF de áreas constantemente intervenidas.....	89
Tabla 6.32: Promedio anual de TPPR por áreas.....	82
Tabla 6.33: TPPR de moldureras periodos 2011 – 2015 y 2014 – 2015.....	94
Tabla 6.34: Media anual de TPPR mecánico y eléctrico para subsistema moldurera 23 C(A).....	95
Tabla 6.35: N° de fallas por puesto de trabajo.....	100
Tabla 6.36: N° de fallas por tipo de repercusión.....	100
Tabla 6.37: Modelo de confiabilidad utilizado para subsistemas.....	103
Tabla 6.38: Frecuencia de fallas periodo 2011 – 2015.....	104
Tabla 6.39: Frecuencia de fallas periodo 2014 – 2015.....	104
Tabla 6.40: Relación porcentual de ordenes ZPP y ZAM, Remanufactura Horcones.....	108
Tabla 6.41: Distribución de OT emitidas por áreas.....	109
Tabla 6.42: Relación porcentual de ordenes ZAM y ZPP, área Trozado.....	110
Tabla 6.43: Relación porcentual de ordenes ZPP y ZAM primer semestre años 2014 y 2015, Área Trozado.....	111
Tabla 6.44: Promedio anual de costos de mantención por unidades producidas, áreas Remanufactura Horcones.....	112

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de título se desarrolla en las oficinas de empresas Arauco ubicadas en San Pedro de la paz, en este lugar se encuentra la subgerencia de mantenimiento del negocio Maderas encargada, entre otras cosas, de la gestión de activos y del cumplimiento de las estrategias para esta área de negocio. A su cargo tiene 13 plantas las que se dividen en 8 Aserraderos, 4 plantas de Remanufactura y 1 de Bioenergía ubicadas entre Constitución y San José de la Mariquina en la Región de los Ríos.

De la transformación de la materia prima proveniente de la recolección forestal se obtiene madera aserrada la cual puede ser el producto final o bien sometido a nuevas transformaciones en Remanufactura obteniendo un producto de mayor valor agregado. Ambos procesos generan materiales de calidad que son distribuidos a los distintos clientes que posee la empresa a nivel mundial.

Los procesos antes mencionados deben ser constantemente medidos y evaluados de manera de estar atentos a eventuales cambios que surjan de la operación normal de los equipos, por eso nace la necesidad de obtener métricas que denoten claramente la efectividad y/o eficiencia de las acciones impuestas para el aumento de índices orientados a la productividad tanto de Aserradero como de Remanufactura.

A lo largo de la vida útil de los equipos se pueden obtener datos que ayudan a la toma de decisiones de los grupos particularmente involucrados con ellos, como son los departamentos de mantenimiento y producción quienes establecen su comunicación a través de las máquinas.

La madurez con la que cuenta esta empresa sugiere dar pasos hacia un mantenimiento que involucre directrices utilizadas en empresas líderes a nivel mundial, filosofías de trabajo probadas y aceptadas, apuntando siempre a obtener una mayor rentabilidad y calidad de los productos, sin despreocupar los aspectos de seguridad, impacto ambiental ni tampoco el operacional.

Durante el desarrollo de este proyecto piloto se revisan los indicadores utilizados para la gestión de mantenimiento del negocio Maderas y los que se presentan en libros y documentos especializados en gestión de activos los cuales esclarecen la actualidad de la disciplina, se seleccionan los que representen aspectos claves de control, se formalizan mediante fichas técnicas que muestran las características de cada uno y posteriormente se aplican en las plantas de Aserradero y Remanufactura ubicadas en el complejo industrial Aserradero Horcones obteniendo

valores de áreas y equipos con el objeto de analizar la evolución de la administración utilizando para ello diagramas de Jack knife y recursos estadísticos que ayudan a tomar decisiones en cuanto a que activos resultan críticos para las tareas productivas o cuales presentan mayores oportunidades de mejora.

OBJETIVOS

General

- Obtener indicadores que permitan orientar la gestión de mantenimiento para lograr maximizar la disponibilidad de los activos.

Específicos

- Determinar indicadores claves de mantenimiento de amplio uso en la industria.
- Elaborar fichas técnicas de indicadores.
- Analizar la evolución del mantenimiento por medio de los valores entregados por los indicadores
- Aplicar métodos de análisis concernientes a priorizar áreas, sistemas y/o equipos.

1.- PROCESOS PRODUCTIVOS

1.1.-ASERRADERO

De las plantas de Aserradero se obtienen 2 productos que son madera elaborada verde y seca. Los procesos involucrados se describen a continuación:

1.1.1.-Clasificación y Descortezado: la materia prima llamada rollizos es descortezada y luego clasificada según su diámetro en buzones.

1.1.2.-Aserrío: los rollizos son ingresados a esta línea donde son escaneados con el objeto de obtener el máximo aprovechamiento de la madera. De este proceso se obtienen maderas laterales y centrales llamados múltiplos.

1.1.3.-Clasificación y empaquetado: las tablas producidas por la línea principal son inspeccionadas de manera visual y por un escáner clasificándolas de acuerdo a su calidad y dimensiones en buzones. De este proceso se obtiene madera elaborada verde.

1.1.4.-Reaserrío: los múltiplos son cortados por equipos sierras huincha donde se obtiene madera verde de bajo espesor.

1.1.5.-Baño antimanchas: se someten a esto solo los paquetes que lo especifiquen. Consiste en un baño en una solución fungicida disuelta en agua y luego destilada, proceso que dura cerca de 10 minutos

1.1.6.-Secado: en esta etapa se secan paquetes de laterales que no hayan pasado por el baño antimanchas, disminuyendo su contenido de humedad hasta valores cercanos al 10%. De este proceso se obtiene madera elaborada seca.

1.1.7.-Cepillado: la madera se pule en sus 4 caras de acuerdo a especificaciones de los clientes obteniendo madera elaborada seca y cepillada.

1.2.-REMANUFACTURA

El objetivo de las plantas de Remanufactura es procesar la madera seco-cepillada proveniente de Aserradero transformándola en molduras, marcos de puertas y ventanas. Las etapas involucradas en el proceso son:

1.2.1.-Selectiva: transforma la madera lateral de aserradero en madera de ancho fijo llamada RIP. Esta se clasifica de acuerdo a sus características para pasar directamente a ser moldureada (madera clear) o a ser trozada para generar moldura Finger.

1.2.2.-Trozado: transforma la madera RIP en trozos de largos variables libres de defectos llamados Blocks, también se obtienen Custock y RIP moldura sólida.

1.2.3.-Finger: los Blocks son ranurados en sus extremos para luego ser pegados con un adhesivo especial formando Blanks.

1.2.4.-Moldurera: los Blanks son transformados en Moldura Finger a través de un compartido de sierras huinchas para luego ser moldureados generando un perfil con características exigidas por los clientes. La madera clear es transformada en moldura sólida.

1.2.5.-Pintado: se realiza en una cámara de vacío, el producto se seca pasando por un horno continuo, las imperfecciones se pulen.

1.2.6.-Escuadrado: se escuadran productos para marcos de puertas y ventanas, dimensionados de acuerdo a los diferentes pedidos.

2.- MARCO TEORICO

Se dará a conocer los temas bases involucrados en el estudio de indicadores de Confiabilidad y Mantenimiento.

2.1.- MANTENIMIENTO

Es una de las disciplinas industriales que ha experimentado más cambios en el último tiempo, esto debido al aumento y variedad de equipos con los que debe tratar, estos además son cada vez más complejos, lo que lleva a nuevos métodos de mantenimiento, especialización del personal y adecuación de la organización y sus responsabilidades.

Mantenimiento se define como el conjunto de acciones realizadas con el fin de mantener un bien en condiciones con tal que este pueda desempeñar su función de acuerdo a su contexto operacional.

Mantenimiento según ISO 14224:2006 es una “combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluidas las acciones de supervisión, con la intención de retener un ítem, o restaurarlo a un estado en el que pueda realizar una función requerida.”

2.1.1.- Historia del mantenimiento

De acuerdo a la literatura se establecen 3 generaciones en la historia del mantenimiento las cuales se describen a continuación:

2.1.1.1.- Primera generación

En sus inicios el mantenimiento, relegado como una tarea al mando de operaciones, era el encargado de socorrer a los distintos bienes que necesitaran ser reparados, la función así descrita se remonta a principios de siglo, y era realizada por la misma gente de operaciones. Cuando la industria empezó a utilizar los sistemas de producción en serie, siendo Henry Ford con la industria del automóvil, pionero en ello, y utilizado más adelante en la segunda guerra mundial se empezaron a gestar los primeros planes de mantención para atender las distintas averías que significaban pérdidas de tiempo, con esto aparece un nuevo concepto conocido hoy en día como mantenimiento correctivo.

2.1.1.2.- Segunda generación

Su segundo periodo se establece con la entrada de la segunda guerra mundial, la producción en este contexto era muy grande por lo cual el equipamiento no debía fallar. El mantenimiento dejó de ser una función que se preocupaba netamente de reparar, ahora también había que adelantarse a la aparición de fallas, dando lugar al concepto que hoy conocemos como mantenimiento preventivo.

La dependencia hacia las maquinas ya estaba establecida y cualquier intervención mayor demandaba altos costos. Los costos de mantenimiento comenzaron a crecer rápidamente en relación a otros costos operacionales esto propició el desarrollo de sistemas de planeamiento y control del mantenimiento.

2.1.1.3.- Tercera generación

Los cambios en la generación en la que nos encontramos se pueden clasificar en: nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas.

Estos cambios son tratados por Jhon Moubray en su libro “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, los puntos más importantes propuesto por el autor se resumen en la tabla N°1.

Tabla 2.1: Tercera generación del mantenimiento (Moubray, 2004)

<u>Nuevas expectativas</u>	<u>Nuevas investigaciones</u>	<u>Nuevas técnicas</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor disponibilidad y confiabilidad • Mayor seguridad • Mejor calidad del producto • No deteriorar el medio ambiente • Mayor duración de los equipos • Mayor contención de los costos 	<ul style="list-style-type: none"> • Se hace más manifiesto que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva una máquina en funcionamiento y sus posibilidades de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de monitoreo de la condición • Sistemas de expertos • Técnicas de gestión de riesgos • Modos de falla y análisis de efectos • Confiabilidad y mantenibilidad

2.1.2.-Objetivos del mantenimiento

Ciertamente la realidad productiva de las diferentes empresas es distinta, por ello antes de fijar los objetivos se hace necesario contextualizar la situación del mantenimiento, estableciendo con esto metas alcanzables en pos de la estrategia definida.

Algunos objetivos establecidos por los departamentos de mantenimiento se enuncian a continuación:

- ✓ Mejoramiento continuo de la confiabilidad
- ✓ Mejoramiento continuo de la mantenibilidad
- ✓ Mejoramiento continuo de la eficiencia global de las instalaciones
- ✓ Conservación del patrimonio de la planta durante toda su vida útil
- ✓ Optimización de los costos globales de mantenimiento
- ✓ Mejoramiento de la estabilidad de los procesos productivos
- ✓ Mejoramiento de la seguridad y del cuidado ambiental
- ✓ Desarrollo de la planificación de trabajos
- ✓ Mejoramiento continuo de la capacidad profesional del personal de mantenimiento

2.1.3.-Funciones básicas del mantenimiento

El mantenimiento entendido como un servicio, tiene funciones básicas que pueden resumirse en: reparar, mantener, preservar, mejorar y proyectar las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos o componentes con los cuales cuenta la empresa para su sistema de producción.

Reparar: resolver las averías que se generan en la planta, para devolverle el estado de funcionamiento perdido a causa de dichas averías, en el menor tiempo y con el menor costo posible.

Preservar: realizar las intervenciones establecidas para su correcta conservación y, así, incrementar la vida útil de los activos, contrarrestando su deterioro mediante la definición de los ciclos de lubricación, limpieza y protección de los procesos de desgaste y corrosión.

Mantener: programar la forma más adecuada de intervenciones a los equipos, individualizando los componentes sobre los cuales se debe actuar de forma preventiva con reemplazos o revisiones, en vez de esperar simplemente a que se produzca la avería.

Mejorar: modificar el diseño del equipo para reducir el costo del mantenimiento en el futuro. Comprende actividades de todo tipo, tendientes a eliminar las necesidades de mantenimiento (mejorar para no reparar) para corregir las fallas de manera integral a mediano plazo mediante la modificación de elementos del equipo.

Proyectar: participar en proyectos sobre los equipos para transmitirle al proyectista la experiencia y el conocimiento de los aspectos relativos al mantenimiento de los equipos utilizados actualmente. Esto asegura que, en el proyecto de un nuevo equipo o en la modificación de uno existente, se tenga en cuenta los factores que en cada caso inciden en el mantenimiento, tanto para evitar que deje de operar como para facilitar las operaciones del mantenimiento.

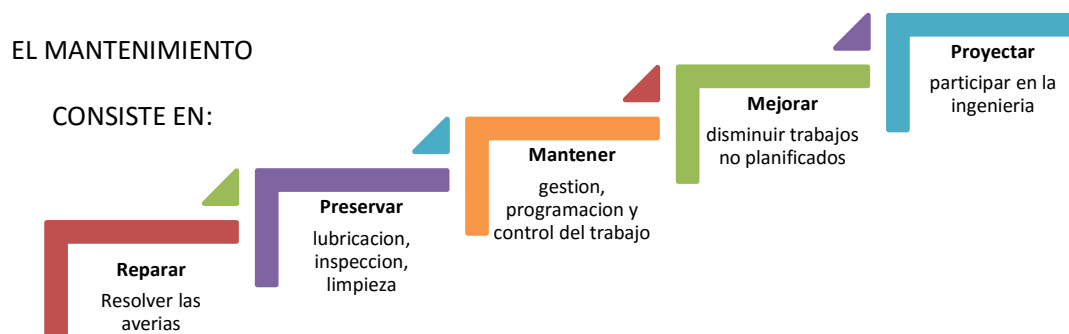


Figura 2.1: Funciones básicas del mantenimiento, elaboración propia.

2.1.4.-Gestión del mantenimiento

Gestión se entiende como la administración y utilización eficiente y/o eficaz de recursos tanto humano, financieros y tecnológicos orientados a la obtención de objetivos estratégicos establecidos por la empresa.

La gestión del mantenimiento por lo tanto debe administrar los recursos entregados por la organización y dirigirlos de manera tal de maximizar el tiempo en que los equipos puedan estar disponibles para producir, ejecutando de buena manera la función por la cual fueron adquiridos.

Un sistema de gestión de activos a lo largo del ciclo de vida puede resumirse en 4 preguntas claves que dan a entender de manera sencilla un orden en el pensamiento de cualquier implicado en el tratamiento y ejecución del mantenimiento:

- ¿Qué se debe hacer?
- ¿Cuándo debe hacerse?
- ¿Cómo debe hacerse?
- ¿Quién debe hacerlo?

2.1.5.- Implementación de la gestión del mantenimiento

Lo primero es definir un plan directriz de actuación. Este plan debe establecer las diferentes etapas que se llevarán a cabo para la implementación definitiva de la gestión de mantenimiento, que deberá guardar coherencia con el plan estratégico de la empresa.

2.1.5.1.-Plan de Mantenimiento

Para la elaboración del plan es necesario realizar un análisis de la situación de la empresa y de su entorno, las características de funcionamiento y los recursos con que cuenta. En esta etapa se descubre qué es lo que realmente se está haciendo, y cómo se está desarrollando.

Para realizar el plan es conveniente aplicar el método por fases denominado P.D.C.A., figura N°2 (Plan Do Check Act, traducido al español Planificar Ejecutar Controlar Actuar) que se basa en la aplicación de un proceso de acción cíclica y sistemática para la obtención de la mejora continua en el desarrollo de la gestión de mantenimiento.

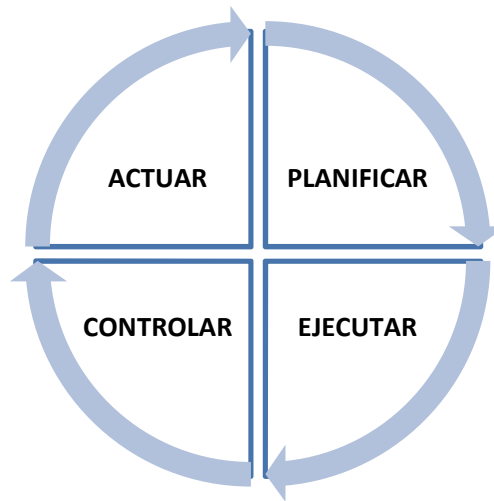


Figura 2.2: Método de mejora continua P.D.C.A., elaboración propia.

Planificar: de acuerdo a los recursos disponibles y la situación actual, se debe definir los objetivos de la gestión de mantenimiento para luego realizar el plan, estos deben ser lo más concretos posible así será más fácil alcanzarlos.

Ejecutar: una vez fijado el punto de partida y los objetivos a los que se quiere llegar, se debe gestionar los recursos disponibles para lograrlos.

Controlar: es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, el control de los resultados se realizará en comparación con las metas prefijadas.

Actuar: de acuerdo a las desviaciones encontradas se debe corregir y actuar sobre la planificación y ejecución, estableciendo con esto la retroalimentación del sistema.

2.1.6.-Políticas de mantención

Estas buscan tener, idealmente, los equipos siempre operando, como eso no ocurre se buscan alternativas para evitar los tiempos improductivos. Las políticas habituales de mantención son:

Reparación del equipo una vez producida la falla: esta política de mantenimiento correctivo es adoptada en equipos que pueden ser reparados y donde su fallo no repercute en el funcionamiento del sistema global.

Mantener equipos redundantes: practica bastante utilizada en la industria, se deja uno o varios equipos en estado de espera, estos sistemas se encuentran en paralelos y/o stand by. De esta forma se consigue un aumento en la confiabilidad.

Mantenión del equipo antes de que falle: utilizada en equipos de importancia en la producción donde se requiere garantizar Confiabilidad. Lograr encontrar el momento oportuno para realizar el mantenimiento preventivo es lo más difícil, ya que frecuencias altas de intervención encarece el costo, por otro lado frecuencias más bajas disminuye la confiabilidad del equipo. Otro método empleado en esta política es el mantenimiento predictivo.

2.1.7.-Tácticas de mantenimiento

Se refieren a diferentes formas que pueden adoptar las empresas para manejar y operar el mantenimiento, mejorando su efectividad y con esto aumentando la disponibilidad y confiabilidad en los equipos a la par que se disminuyen costos por mantenimiento.

Dentro de las diferentes tácticas de mantenimiento, las más utilizadas por las organizaciones son: Mantenimiento productivo total (TPM) y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

TPM: Esta táctica de origen occidental pero implementada con magníficos resultados en la industria automotriz oriental, específicamente la japonesa, mantiene la filosofía de que el mejoramiento del equipo involucra a toda la organización desde quien opera la maquina hasta los altos dirigentes. De este tipo de pensar emerge un nuevo concepto el cual se refiere a la “calidad”, cualidad diferenciadora y aportadora de valor de los productos asiáticos. A partir de esto el TPM se masifica y se empieza a implementar en todo el mundo.

Los pasos específicos para desarrollar el programa del TPM se realizan acorde a las necesidades y realidades de cada empresa.

El TPM procura cuatro principios fundamentales: satisfacción del cliente, dominio de los procesos y sistemas de producción, implicar a personas a través del mantenimiento autónomo y el aprendizaje y la mejora continua.

RCM: Esta táctica nace de la industria de la aviación comercial, en la década del 70 en Estados Unidos. Se presenta como una guía en la gestión del mantenimiento, dado que identifica las frecuencias en las actividades de mantenimiento a los activos más importantes en un contexto operacional, permite distribuir de mejor manera los recursos dispuestos para la gestión del mantenimiento y de acuerdo a los modos de falla establecer los efectos sobre la seguridad, operaciones y medio ambiente.

El RCM se puede definir como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual (Moubray, 2001, 2004).

El RCM utiliza no solo los 3 tipos de mantenimiento (correctivo, modificativo, preventivo), sino la mayoría de los instrumentos avanzados específicos de orden técnico y se apoya en la mayoría de herramientas básicas y avanzadas genéricas; esta es la gran diferencia con el TPM, que es de enfoque social humanista, mientras que el RCM es básicamente técnico.

2.1.8.-Tipos de mantenimiento

A través de los años se han creado nuevas formas de enfrentar el mantenimiento en pos de obtener una mayor disponibilidad y confiabilidad de los equipos y sistemas. En la literatura se mencionan diferentes tipos o técnicas de mantenimiento, pero éstos se logran sintetizar en 3 conceptos: correctivo, modificativo y preventivo.

Mantenimiento correctivo: Está pensado en reparar las fallas o defectos a medida que se van produciendo. Es el proceso más básico de atención del mantenimiento ya que su actuar se establece cuando ocurre una falla que dificulta el funcionamiento normal del equipo.

Mantenimiento modificativo: Consiste en, de acuerdo a la etapa de vida del activo (niñez, vida útil, vejez) modificar alguna parte de su diseño, esto basado previamente en un análisis de

mantenimiento, el que determina de acuerdo a las necesidades de la empresa cuando y que alterar o adaptar. Todo esto con el objeto de aumentar la mantenibilidad y confiabilidad del equipo.

Mantenimiento preventivo: Es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua.(Torres, 2005)

Existen 2 ramas asociadas a este tipo de mantenimiento las cuales son:

- **Mantenimiento sistemático:** grupo de tareas que se realizan sobre un ítem siguiendo un programa de mantenimiento establecido, según el tiempo de trabajo, la cantidad producida, los kilómetros recorridos, de acuerdo con una periodicidad fija o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repite de forma periódica.
- **Mantenimiento predictivo:** técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de un equipo, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Ninguno de los tipos de mantenimiento se realiza de forma exclusiva en las plantas, sino que se utiliza una adecuada combinación de ellas en beneficio de la explotación de los equipos, lo que se denomina mantenimiento planificado.

2.1.9.-Sistema kantiano de mantenimiento

Mora en su libro “Mantenimiento. Planificación, ejecución y control” utiliza esta perspectiva para presentar de forma lógica, coherente y estructurada las relaciones de los distintos implicados en la gestión de activos, para de esta forma comprender de mejor manera su interconexión en la formación de un sistema integral de mantenimiento.

Este enfoque sistémico kantiano considera que se puede estudiar cualquier sistema relacionando 3 elementos: personas, artefactos y entorno.

La parte intelectual o mental en mantenimiento es el aporte que realiza las personas, el entorno representa el contexto donde se desenvuelven los sistemas y los artefactos son todas las máquinas, sistemas de producción, sistemas de información, ordenes de trabajo, herramientas, insumos, etc..., los cuales son la parte real para realizar el mantenimiento.

Además este enfoque permite establecer y verificar relaciones entre elementos, por ejemplo entre personas, están los que explotan o que son directos usuarios de los equipos de fabricación (productores u operadores) y los encargados de cuidar o preservar el activo (mantenedores).

El modelo de la teoría de sistemas define a los departamentos de las empresas como módulos administrativos independientes (mantenimiento, producción, etc.), a los cuales los denomina unidades, y estos a su vez conforman un sistema con metas propias individuales y comunes al sistema (empresa). Un sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas. Las unidades a su vez se pueden considerar como elementos de un sistema cuando se encuentran relacionadas entre sí por alguna forma de interacción o interdependencia.

2.1.9.1.-Sistema integral de mantenimiento

Permite visualizar la conexión de las funciones de las unidades en un sistema de ingeniería de fábricas donde se relacionan los mantenedores, los productores y las máquinas, de esta forma el sistema kantiano permite establecer las primeras leyes de mantenimiento de acuerdo a las siguientes relaciones:

- ✓ Producción- máquinas: gobernada por la Confiabilidad
- ✓ Mantenimiento-máquina: gobernada por la Mantenibilidad
- ✓ Mantenimiento-máquina-producción: gobernada por la Disponibilidad

Siendo este último el parámetro más importante del sistema.

Además se desprende que la relación entre operadores-máquina-mantenedores es cerrada, pero es abierta entre operadores y mantenedores, de tal forma que las mejores relaciones entre producción y mantenimiento deben hacerse con los equipos y no en forma directa.

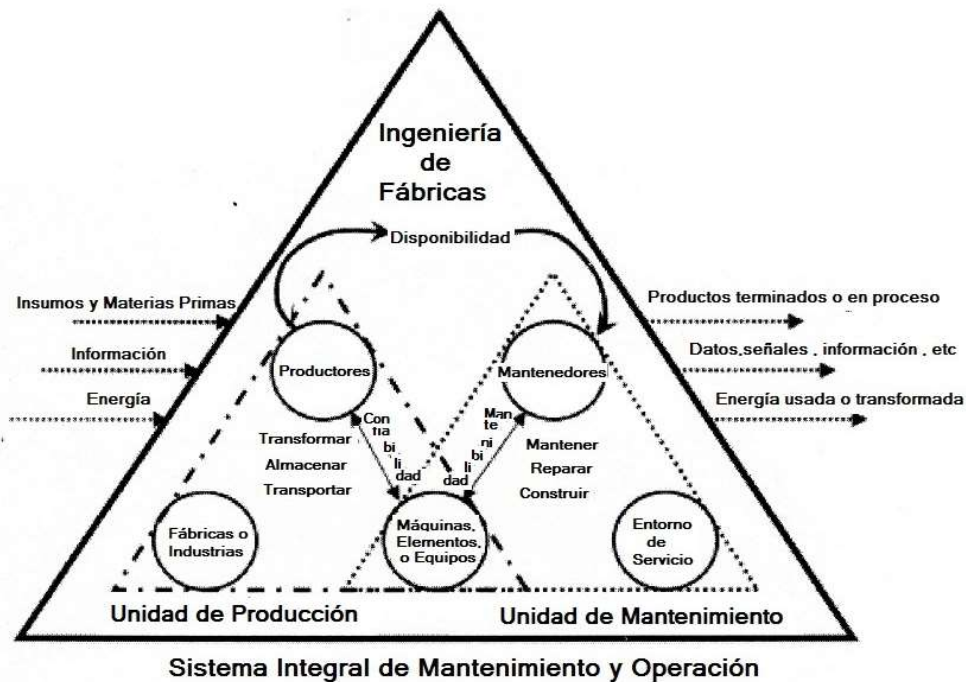


Figura 2.3: Sistema integrado de ingeniería de fábricas: mantenimiento-maquinas-producción (Mora, 2009)

2.1.10.-Variables del mantenimiento

Para poder verificar el actuar del mantenimiento se hace necesario poder definir variables que ayuden en la mejora de la actividad y aumenten la probabilidad de uso de equipos, a continuación se presentan las más significativas:

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo o sistema desarrolle la función por la cual fue adquirido sin presentar fallas que mermen su operación en un periodo de tiempo dado y bajo un determinado contexto operacional.

Mantenibilidad: Es la probabilidad de que un equipo o sistema pueda ser reparado a una condición óptima de operación en un periodo de tiempo dado, esto bajo una determinada metodología y recursos de mantenimiento.

Disponibilidad: Proporción de tiempo en el cual el equipo o sistema estuvo en condiciones de ser usado.

La relación que existe entre estas variables se ve reflejada en la Figura N°4 donde se aprecia que para lograr una mayor disponibilidad es necesario contribuir en el aumento de la confiabilidad o de la mantenibilidad

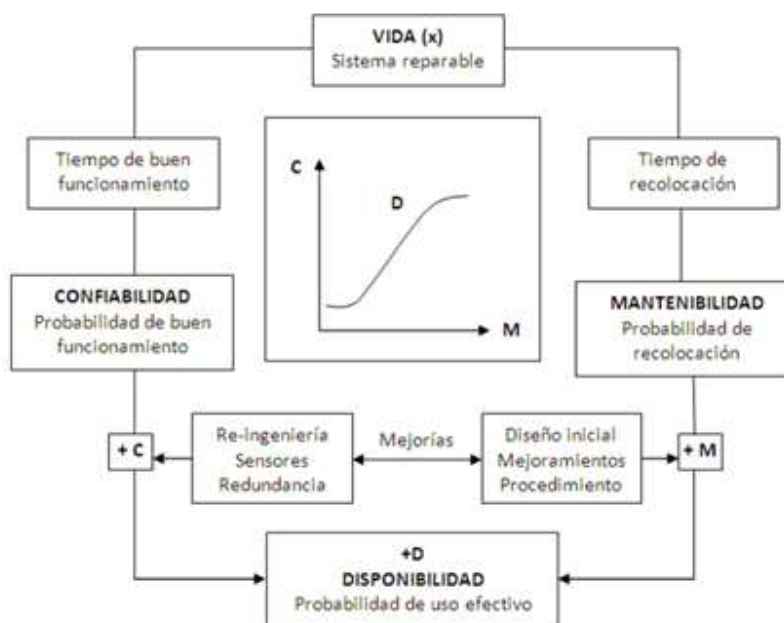


Figura 2.4: Relación entre Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad

2.2.-INDICADORES

Para poder realizar el control y evaluación de la gestión de mantenimiento es necesario poder medir parámetros relacionados con el desempeño de la actividad. Estos parámetros nos aportan información valiosa para la toma de decisiones y el aprendizaje continuo empresarial.

La definición más usual de un indicador es: un hecho cuantificado que mide la eficacia y/o la eficiencia de todo o parte de un proceso o de un sistema (real o simulado), con referencia a una norma, un plan o a un objetivo, determinado o aceptado en un cuadro estratégico de la empresa. (Amendola, 2011)

Establecer métricas de gestión permite a los actores involucrados en la toma de decisiones realizar modificaciones con base, éstas sugeridas por variaciones (tendencias) mostradas en los valores arrojados por indicadores de desempeño. De esta forma se puede orientar la toma de acciones correctivas o preventivas sobre algún proceso, de tal manera de optimizar el mantenimiento.

La importancia de tener indicadores y por qué medir se puede resumir en la siguiente cita:

“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”.

Lord Kelvin.

2.2.1.-Características de los indicadores

Las características fundamentales que deben cumplir los indicadores de mantenimiento, siempre con la mirada puesta en lo que se desea alcanzar son las siguientes:

- Pocos, pero suficientes para analizar la gestión.
- Claros de entender y calcular.
- Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué.

Es por ello que los indicadores deben:

- Identificar los factores claves del mantenimiento y su afectación a la producción.
- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión.
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer unos valores plan o consigna que determinen los objetivos a lograr.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados o consigna.
- Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presentan.

2.2.2.-Principales funciones de los indicadores

La función fundamental del uso de indicadores es la reducción drástica de la incertidumbre, de la angustia y la subjetividad, con el consecuente incremento de la efectividad de la organización y el bienestar de todos los trabajadores. Las principales funciones de los indicadores son las siguientes:

- Apoyar y facilitar la toma de decisiones
- Controlar la evolución en el tiempo de los principales procesos y variables.
- Racionalizar el uso de la información.
- Adoptar normas y patrones efectivos y útiles para la organización.
- Planificación y la prospección de la organización
- Desarrollar sistemas de remuneración e incentivos.
- Comprensión de la evolución, situación actual y futura de la organización.
- Favorecer la participación de las personas en la gestión de la organización.

2.2.3.-Beneficios derivados de los indicadores de gestión

Existen diversos beneficios, dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

1. **Satisfacción al cliente:** si la satisfacción al cliente es una prioridad para la empresa, lo comunicara a su personal y enlazara la estrategia con los indicadores de gestión, de modo que el personal se dirija en dicho sentido y se logren los resultados esperados.
2. **Monitoreo del proceso:** el mejoramiento continuo solo puede ser desarrollado si son revisados continuamente los indicadores, estos permiten detectar oportunidades para implementar acciones de mejora.
3. **Benchmarking:** si una organización pretende sobresalir debe compararse para ver en qué nivel se encuentra, esta práctica se facilita si se tiene indicadores como referencia.
4. **Gestión del cambio:** a través del sistema de medición las personas pueden ver si su trabajo está siendo aporte para el logro de las metas empresariales
5. **Seguridad:** asegurar una operación que evite riesgos al personal, a las instalaciones, al medio ambiente y a la producción.

6. **Incremento de la disponibilidad:** tomar las acciones y decisiones más acertadas para incrementar la disponibilidad de los equipos.
7. **Optimización de costos:** cumplir con los objetivos y las metas de la empresa al mínimo costo.

2.2.4.-Indicadores claves de desempeño (KPI)

No hay herramienta más poderosa en la administración actual que los KPI (key performance indicators), estos nos indican si la implementación de la estrategia de gestión nos lleva por el camino correcto hacia el cumplimiento de los objetivos establecidos, tanto para los departamentos como para los de la organización.

Existen varias métricas de desempeño, como el número de órdenes de trabajo emitidas o el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo, pero no todas tienen la característica de ser “claves” para el éxito de la organización, este atributo que poseen algunos indicadores es otorgado por las empresas. Ya que por ejemplo un indicador clave de desempeño para una empresa manufacturera puede ser la disponibilidad de equipos de producción, este no necesariamente será clave en una empresa de marketing donde seguramente sus indicadores claves de desempeño estarán orientados a la capacidad de difusión de productos.

De acuerdo a lo anterior se puede decir que la posibilidad de indicadores claves de desempeño es tan variada como el tipo de industrias o empresas, que de acuerdo a sus necesidades o realidades serán los KPI a seleccionar.

2.2.5.-Importancia de los indicadores en mantenimiento

En base a los objetivos y metas definidos por la empresa, el departamento de mantención debe seleccionar sus KPI, los cuales darán seguimiento a las políticas y estrategias de mantenimiento.

De acuerdo a la información que los indicadores vayan entregando se podrá tomar conciencia de que equipos y/o sistemas presentan mayores problemas de mantenimiento, donde se puedan aplicar mejoras e identificar oportunidades de desarrollo. La utilización de KPI se

enmarca dentro del modelo para la definición de la estrategia para mantenimiento resaltando su importancia en la consolidación de esta.

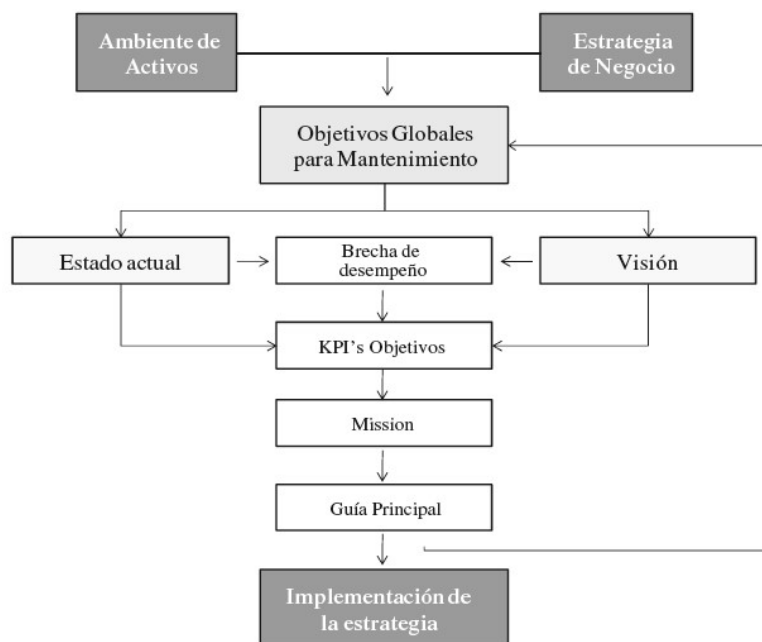


Figura 2.5: Modelo para la definición de la estrategia para mantenimiento
(Crespo, 2007)

2.2.6.-Tipos de KPI en mantenimiento

En la literatura se enuncian varias clasificaciones de KPI de mantenimiento, están los indicadores técnicos, de costos, de efectividad, secundarios, auxiliares, etc.

Desde una mirada global los indicadores de gestión del mantenimiento se pueden agrupar en KPI de proceso y de resultado.

KPI de proceso: miden y monitorean los procesos realizados para la consecución de un buen desempeño de la planta y equipos. En otras palabras proveen información de que tan bien se están gestionando los trabajos destinados a mantener la función de los activos de la empresa.

KPI de resultado: miden y monitorean las consecuencias de la buena o mala gestión de los procesos de mantenimientos, estos también son llamados indicadores rezagados, y en definitiva representan el grado de disponibilidad y seguimiento de costos de los activos de la empresa.

Además estos indicadores se pueden dividir en dos categorías:

Indicadores de efectividad o eficacia: miden “la capacidad de lograr el efecto que se desea”, estos indicadores tienen que ver con hacer realidad un intento o propósito. La relación o métrica que describe a estos indicadores es:

$$\frac{\textit{Resultados alcanzados}}{\textit{Resultados planificados}}$$

Indicadores de eficiencia: miden el logro de las metas trazadas con la mínima utilización de recursos, a menudo relacionados con los costos. La relación o métrica que describe a estos indicadores es:

$$\frac{\textit{Recursos planificados}}{\textit{Recursos utilizados}}$$

2.2.7.-Indicadores de mantenimiento de clase mundial

Son indicadores estandarizados y utilizados en empresas líderes, orientadas hacia un mantenimiento “World Class”.

Sirven para poder hacer benchmarking, tener claridad de cómo están posicionadas nuestras estrategias de mantenimiento y tomar acciones correctivas apuntando hacia la buena gestión de los activos físicos. (Amendola, 2009)

Estos indicadores son:

- Tiempo promedio para fallar (TPPF) - mean time to fail (MTTF).
- Tiempo promedio para reparar (TPPR)- mean time to repair (MTTR)
- Tiempo promedio entre fallas (TMEF) - mean time between failures (MTBF)

- Confiabilidad (R)
- Disponibilidad (D)
- Índice de costo de mantenimiento por valor de reposición
- Índice de costo me mantenimiento por facturación (CMFT)

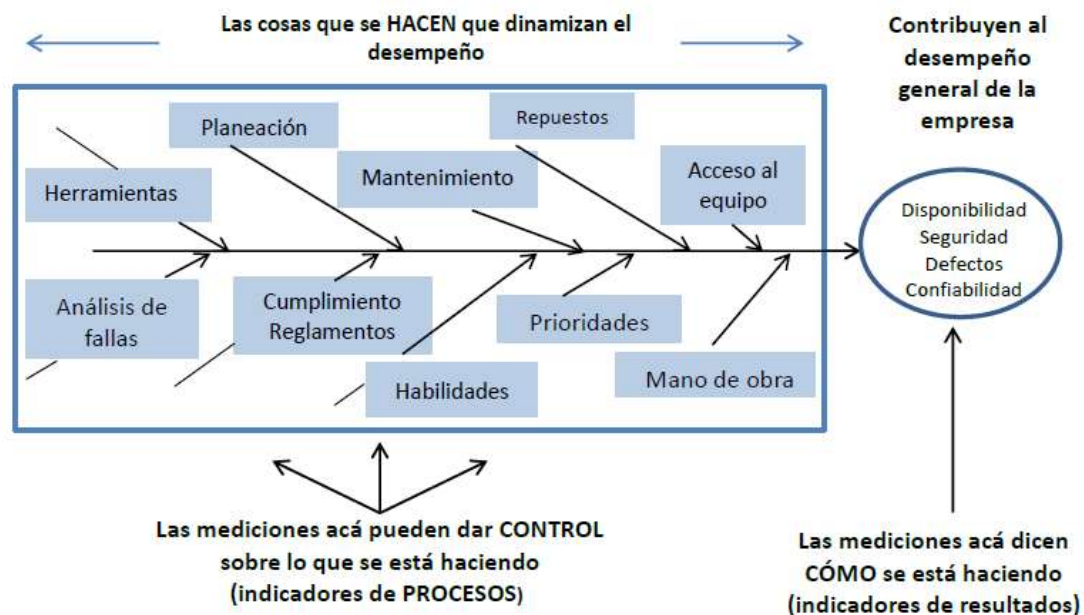


Figura 2.6: Conexión entre indicadores de proceso y resultado

2.3.-SISTEMAS DE INFORMACIÓN (SI)

En la actualidad las exigencias de estar siempre a la vanguardia y las presiones derivadas por el cumplimiento de las expectativas de los entes que se ven afectados por las actividades desarrolladas por las organizaciones, determinan la necesidad y la responsabilidad de tomar las decisiones más acertadas y que estas estén fundadas en acontecimientos ocurridos y significativos para la gestión. Es por ello que para llevar un registro de las operaciones que van sucediendo en una organización se debe contar con un sistema de información el cual tenga la capacidad de captar datos objetivos, útiles para la obtención de indicadores de gestión. Estos en un proceso posterior aportaran información la que luego de ser analizada permite tomar

decisiones. Este conocimiento no es inmediato, se requiere de un proceso largo de madurez empresarial.

2.3.1.-Definición de un sistema de información

Conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio. En un sentido amplio, un sistema de información no necesariamente incluye equipo electrónico (hardware), sin embargo en la práctica se utiliza como sinónimo de sistema de información computarizado.

2.3.2.-Dato, información y sistema

En los sistemas de información estos términos son básicos y fundamentales. Algunas personas tienden a utilizar estos conceptos de forma errónea, se pretende a continuación definirlos de forma clara y establecer su relación.

Dato: puede ser un número, una imagen, una palabra. Se establece como la materia prima para la obtención de información.

Información: son datos agrupados que de acuerdo a un contexto dado pueden tener significado para alguien.

Sistema: mecanismo por el cual se genera la información.

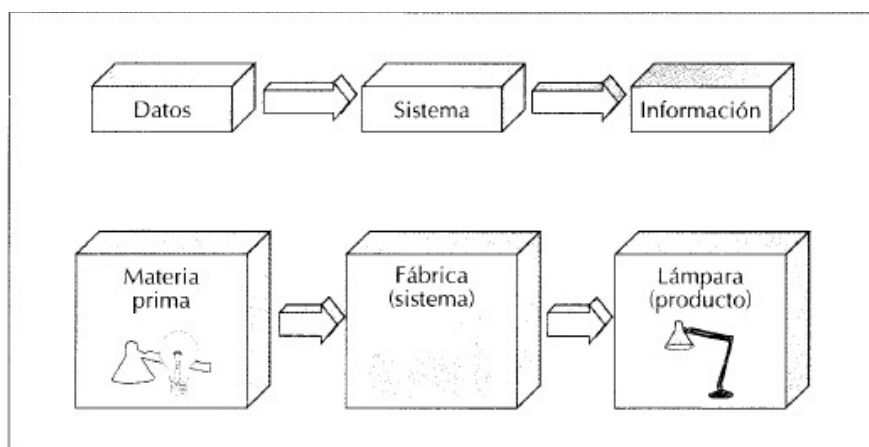


Figura 2.7: Relación entre datos, información y sistema

2.3.3.-Actividades básicas de un SI

1. **Entrada de información:** el SI toma los datos que requiere para procesar la información. Las entradas pueden ser manuales (digitación) o automáticas (sensores, módulos externos, etc.)
2. **Almacenamiento de información:** propiedad de la computadora, fundamental para guardar y posteriormente acudir a información que requiera el sistema. Esta información es guardada en estructuras denominadas archivos.
3. **Procesamiento de la información:** capacidad del SI para efectuar cálculos con datos recientes o ya almacenados de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecidas. Esta transformación proporciona información que puede ser utilizada en la toma de decisiones.
4. **Salida de la información:** capacidad de un SI para sacar la información procesada o bien datos de entrada al exterior. Las unidades típicas de salida son las impresoras y monitores.

2.3.4.-Sistemas integrales de información

Ampliamente utilizados en empresas multinacionales donde se hace necesario tener una base de datos común para todas las áreas o departamentos de la empresa, logrando con esto el manejo de un mismo lenguaje computacional. Los software's que ayudan a realizar esto son los llamados ERP (Enterprise Resource Planning), uno de los más populares es SAP Logon el que permite acceder (como cliente) a la base de datos del servidor de SAP donde se encuentran los módulos correspondientes a las distintos departamentos de la empresa.

2.3.5.-Sistemas de información para la gestión del mantenimiento

La planificación, ejecución y control de las tareas de mantenimiento requieren de un sistema de información ágil y seguro. Este debe ser capaz de capturar, procesar y mostrar información necesaria para gestionar la realización de actividades necesarias para asegurar los objetivos del mantenimiento.

Las características específicas de los sistemas de información en mantenimiento se describen en 5 módulos:

- 1. Administración del equipo:** contar con Información básica de los equipos (ubicación, identificación, historial de fallas, etc.)
- 2. Control de órdenes de trabajo:** proporcionar medios para informar los trabajos que se desea realizar.
- 3. Administración de las especialidades de mantenimiento:** poseer información de los trabajadores (cargo, edad, sueldo, especialidad, etc.)
- 4. Abastecimiento y control de materiales:** proveer información de la disponibilidad de insumos para la ejecución del mantenimiento.
- 5. Informes de desempeño:** mostrar el estado del mantenimiento por medio de resúmenes o gráficos de tendencia.

2.4.-CONFIABILIDAD

La confiabilidad es una variable importante del mantenimiento y podemos definirla como una propiedad de los equipos o sistemas, esto puede quedar más claro si pensamos que la confiabilidad es la probabilidad de que un activo realice su función sin presentar fallas en un periodo de tiempo dado y en un contexto operacional claramente definido, siendo las fallas las condicionantes para un correcto desempeño, estas establecen una primera aproximación de este parámetro.

Por ejemplo si el equipo no tiene fallas este es 100% confiable, a medida que este presenta más fallas su confiabilidad disminuye hasta llegar a un punto donde ya deja de ser confiable.

2.4.1.-Falla

Se define falla o avería como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. (Moubray, 2004).

2.4.2.-Falla funcional

Se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario. (Moubray, 2004).

2.4.3.-Clasificación de las fallas

Estas pueden ser clasificadas según modo, causa, efecto y mecanismo.

Modo: efecto local (síntoma) por el cual se observa la falla sobre el equipo.

Causa: circunstancias asociadas con el diseño, fabricación, instalación, uso y mantenimiento que han llevado a una falla.

Efecto: impacto de una falla en la función de un equipo o en la planta.

Mecanismo: físico, químico u otro proceso que conduce a una falla.

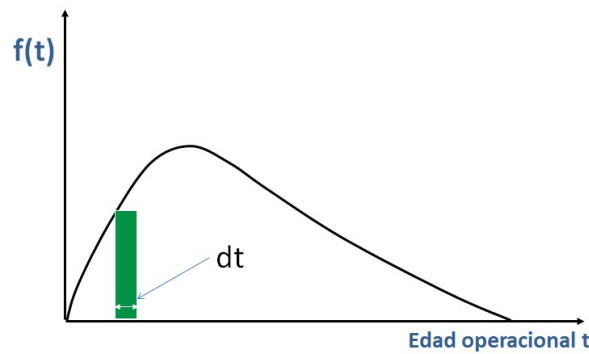
2.4.4.-Ingeniería de confiabilidad

Esta rama de la ingeniería surge en el desarrollo de la segunda guerra mundial, donde se requería que el material bélico no sufriera fallas. La ingeniería de confiabilidad se centra en procesos de eliminación de ellas y basa su análisis en métodos estadísticos y de probabilidades utilizando como recurso para el cálculo datos históricos de fallas de los componentes de equipos, cuantificando de esta forma intervalos de tiempos de fallos (tiempos de vida).

2.4.4.1.-Conceptos básicos

En estadística comúnmente se ocupan funciones de distribución y de densidad, para completar el análisis, en confiabilidad se emplean las funciones de confiabilidad o también llamada de fiabilidad y de tasa de fallas empleando como variable aleatoria positiva el tiempo de vida operacional de los componentes.

Densidad de probabilidad de fallas: Muestra la probabilidad instantánea de la ocurrencia de una falla en el intervalo $(t, t+dt)$. A partir de esta función se pueden conocer las demás.



Probabilidad acumulada de fallas: es el área bajo la curva de $f(t)$ y representa la probabilidad de fallo en un intervalo $(0,t)$ de un componente nuevo o como nuevo. También es llamada función de no confiabilidad o inconfiabilidad.

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt$$

Confiabilidad: sinónimo de buen funcionamiento o de supervivencia de un componente durante un periodo de tiempo, también llamado tiempo de misión. Matemáticamente podemos expresar la confiabilidad como la probabilidad de que un componente no falle durante el intervalo $(0, t)$.

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

Tasa de falla instantánea: numero esperado de fallas de un componente durante el intervalo $(t, t+dt)$.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Tiempo promedio para fallar: indicador de la vida media de componentes no reparables, representa el tiempo esperado para que el componente falle.

$$TPPF = \int_0^{\infty} tf(t)dt$$

Mantenibilidad: concepto asociado a la facilidad de reestablecer un componente a su función operativa, representa la probabilidad de que la reparación se realice en un tiempo t .

$$M(t) = \int_0^t f(t)dt$$

La función de densidad está referida a los tiempos de reparación.

Tiempo promedio para reparar: indicador del tiempo promedio donde el componente esta en reparación, comprende todos los tiempos entre la falla y la puesta en servicio.

$$TPPR = \int_0^{\infty} tf(t)dt$$

Tiempo medio entre fallas: indicador que representa el tiempo promedio en que el equipo no falla. Este tiempo está comprendido entre 2 fallas consecutivas. Medición básica para componentes que se pueden reparar.

$$TMEF = TPPR + TPPF$$

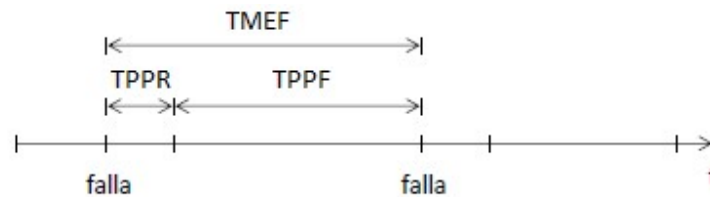


Figura 2.8: Relación entre tiempos promedios

Disponibilidad: La disponibilidad se expresa como

$$D = \frac{\text{tiempo real de operacion}}{\text{tiempo planificado de operacion}}$$

Según la norma ISO 14224:2006 tenemos disponibilidad operativa e intrínseca. La primera de interés para la parte operativa mientras la segunda es para la ingeniería de confiabilidad.

Disponibilidad operativa:

$$D_o = \frac{TMO}{TMO + TMD}$$

Dónde:

TMO: tiempo medio de operacion

TMD: tiempo medio de detencion

Disponibilidad intrínseca:

$$D_i = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR}$$

Esta ecuación se obtiene al considerar los tiempos de detención muy pequeños en relación a los tiempos de operación ($TMEF \approx$ tiempos de operación) y de considerar los retrasos logísticos como nulos ($TPPR \approx$ tiempos de detención).

2.4.5.-Distribuciones de probabilidades

Describen la probabilidad de que un evento suceda en el futuro. Son una herramienta fundamental para hacer inferencias y tomar decisiones en condiciones de incertidumbre de acuerdo a los valores entregados por la variable aleatoria en estudio, la cual puede ser discreta (número limitado de valores) o continua (infinitos valores).

En el caso de la confiabilidad la variable aleatoria en estudio es el tiempo, y los valores que se recopilan para el análisis son los tiempos entre fallas (TEF), los cuales representan una variable aleatoria continua (v.a.c.).

2.4.5.1.-Distribución Exponencial

Uno de los modelos matemáticos más utilizados para el cálculo de la confiabilidad es la distribución de probabilidad exponencial debido a la simplicidad de cálculo, ésta presenta una buena aproximación en aplicaciones prácticas.

Funciones

$$\begin{aligned} f(t) &= \lambda e^{-\lambda t} \\ F(t) &= 1 - e^{-\lambda t} \\ R(t) &= e^{-\lambda t} \\ \lambda(t) &= \lambda = cte \\ TMEF &= 1/\lambda \end{aligned}$$

2.4.5.2.-Distribución de Weibull

La distribución de Weibull tiene gran aceptación y aplicación en sistemas mecánicos, además de ser muy flexible y adaptable a una variedad de observaciones experimentales.

Funciones

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - y)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-y}{\eta}\right)^\beta}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-y}{\eta}\right)^\beta}$$

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

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - y)^{\beta-1}$$

Dónde:

β : *parametro de forma*

η : *parametro de escala o vida caracteristica*

y : *parametro inicial de localizacion*

En el estudio de la distribución se pueden dar diferentes combinaciones de los parámetros de Weibull con mecanismos de fallo particulares, dónde se le presta mayor atención al parámetro β :

- $\beta < 1$: la tasa de fallos disminuye con la edad sin llegar a cero, por lo que podemos suponer que nos encontramos en la juventud del componente.
- $\beta = 1$: La tasa de fallo se mantiene constante lo que nos indica una característica de fallos aleatoria o pseudo-aleatoria, a esta zona se le conoce como de madurez o de vida útil del componente.
- $\beta > 1$: la tasa de fallo se incrementa con la edad de forma continua lo que indica que nos encontramos frente a un componente con mecanismos de falla debido al desgaste, entramos a la vejez del activo.

A partir de estos valores se determina la etapa en la vida de un activo. Estas se pueden representar mediante la curva de Davies conocida como la curva de la bañera.

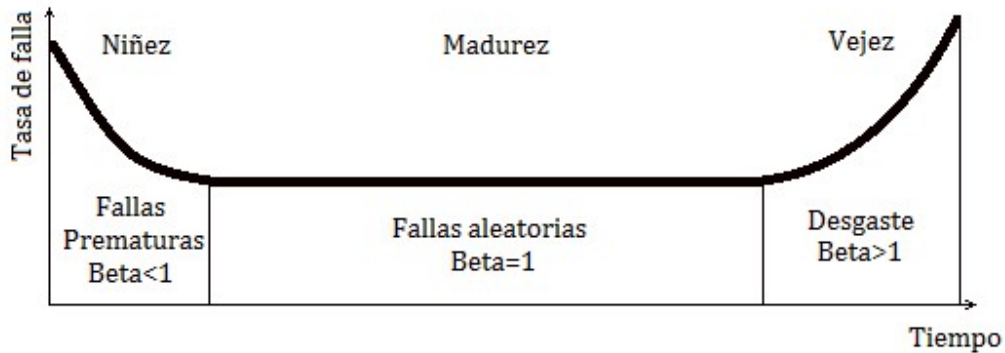


Figura 2.9: Curva de la bañera; parámetro β asociado al tipo de falla y etapa en la vida del activo.

3.-DEFINICIÓN DEL MODELO DE INDICADORES

3.1. FORMALIZACIÓN DE INDICADORES

Para la formalización de los indicadores se toma como referencia la norma UNE-66175 “Sistemas de gestión de calidad. Guía para la implementación de sistemas de indicadores” que como su nombre lo indica es una guía para conseguir los indicadores adecuados para el control de la gestión de cualquier área, departamento o empresa.

Para la selección de los KPI de mantenimiento se deben concretar reuniones con el responsable de la subgerencia de mantenimiento para revisar la realidad de indicadores de desempeño empleados en Aserradero y Remanufactura y los que son utilizados en distintas empresas para la gestión del mantenimiento. De estas reuniones deben aflorar los indicadores que se tratan en esta memoria y que se estiman serán de gran ayuda para controlar y evaluar la evolución de procesos y resultados de las tareas de mantenimiento.

3.1.1.- Selección de indicadores

¿Qué indicadores interesa poner en marcha? Como se ha mencionado anteriormente existen varios, por no decir muchos indicadores que pueden ser implementados y que además resultan atractivos de utilizar. Sin embargo solo se deben elegir los que sean rentables para la organización, es decir, los que representen información relevante y que justifiquen los esfuerzos para su obtención.

Se establece a criterio general que la elección de los indicadores se realiza de acuerdo a la realidad de cada empresa, siendo indicadores claves de desempeño los que realmente representen un factor clave de éxito, en este caso para el departamento de mantención.

3.1.2.-Denominación del indicador

¿Sobre qué se quiere llevar la medida? Esta pregunta hace hincapié sobre que conceptos serán valorados, de manera de definir claramente su denominación y que este sea realmente representativo. Por ejemplo: índice de costos de mantenimiento correctivo, N° de órdenes de trabajo, confiabilidad, etc.

Lo importante del nombre que se pretende dar a un indicador es que éste no dé lugar a malas interpretaciones o ambigüedades, a menudo se usan términos comunes para referirse a algo en específico, si revisamos por ejemplo “índice de costos de mantenimiento correctivo” este nos dice que se quiere valorar el gasto que se realiza en las tareas de mantenimiento correctivo, pero no se esclarece que está referido a los gastos totales ni menos a que es una relación con el gasto total en mantenimiento. Por eso en ocasiones se hace necesario entregar un apartado de definiciones para el logro de una mejor interpretación.

3.1.3.-Forma de cálculo y fuente de información

¿Cómo se calcula? A partir de esta pregunta se debe determinar la manera de cómo obtener la información y como llegar al resultado. Los datos necesarios para determinar los indicadores serán capturados del sistema de información de mantenimiento, y para el cálculo primero se debe establecer una periodicidad la cual puede ser semanal, mensual, anual, etc. Los

indicadores pueden ser una cantidad, un grado de medida o estimación sobre una escala de valores, generalmente son valores porcentuales, una manera clásica de representación es la indicada a continuación:

$$\text{Indicador} = \frac{\text{variable } X}{\text{variable } Y} * 100$$

3.1.4.-Forma de representación

Este punto se refiere a la manera de exponer la información entregada por los indicadores, es conveniente para las empresas representar estos valores mediante métodos gráficos los cuales ayudan a una mejor y más rápida comprensión de lo que está pasando, de esta forma se pueden tomar acciones que modifiquen una evolución negativa.

Las formas más usuales de representación son gráficos y tablas.

3.1.5.-Definición de responsabilidades

Definir los responsables es útil para:

- ✓ La forma de obtener o captar la información. Seleccionar a los responsables de la captación de la información, de entre las personas implicadas en los procesos medidos, permite integrar fácilmente las tareas de esta captación en sus actividades habituales.
- ✓ El análisis y la explotación de los indicadores.
- ✓ La comunicación de los resultados a los responsables y personas autorizadas.

3.1.6.-Definición de objetivos

Para una mejor utilización de los indicadores de gestión y control, se definen objetivos o umbrales a conseguir asociados a los diferentes indicadores.

La definición de marcas destinadas a comparar los valores obtenidos con los valores objetivos se da de la siguiente manera:

- ✓ Mínimo y/o máximo a respetar sin modificar el proceso.
- ✓ Valor a conseguir.
- ✓ Consecución sucesiva de valores en el tiempo.
- ✓ Valores históricos

3.1.7.-Creación de fichas para indicadores

Una vez realizada las actividades de selección y caracterización de los indicadores es necesario establecer un tipo de fichas de manera tal que la información que representa cada indicador se exponga de forma clara, ordenada y estructurada. Este documento deberá agrupar todos los puntos tratados en la formalización de los indicadores, permitiendo a quien se relacione con la gestión y control tener una visión clara de lo que se busca conseguir en el departamento de mantención.



 INDICADORES DE DESEMPEÑO 	
NOMBRE DEL INDICADOR	
TIPO DE INDICADOR	
NIVEL ORGANIZACIONAL	
DESCRIPCION:	EXPRESION MATEMATICA:
UNIDAD DE MEDIDA	
ADQUISICION DE DATOS	
RESPONSABLE	
OBJETIVO	
PERIODICIDAD	
FORMA DE REPRESENTACION:	

Figura 3.1: Ficha de indicadores

3.2.-APLICACIÓN DEL MODELO DE INDICADORES

La aplicación de este proyecto piloto se realizara en una planta definida por el subgerente de mantenimiento, enmarcado por el proceso de mejora continua P.D.C.A.

Se calcularan los distintos indicadores seleccionados, aplicando las métricas a subsistemas, sistemas y áreas, consiguiendo de esta forma tablas con datos tratados según los distintos criterios de filtrado, diferentes para cada indicador. La periodicidad de cálculo será de manera mensual para una cierta cantidad de años de manera tal de visualizar desviaciones en el desempeño de la gestión de mantenimiento.

A través del método de priorización de Jack knife se logra identificar áreas y sistemas críticos, los que posteriormente serán desglosados a nivel de subsistemas para identificar los activos que presentan el mayor número de intervenciones correctivas, convirtiéndolos en los elegidos para el cálculo del indicador de confiabilidad.

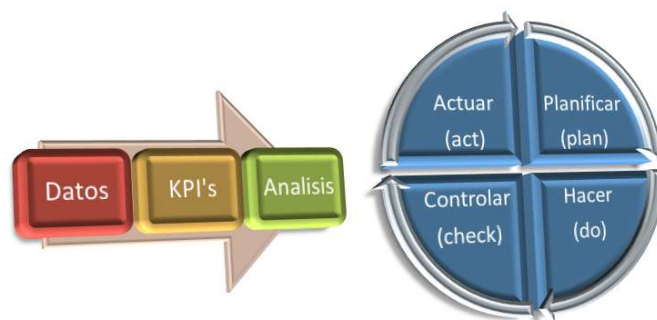


Figura 3.2: Integración del modelo de indicadores al proceso de mejora continua P.D.C.A.

Fuente: <http://www.typman.com/Mejora-continua.aspx>

3.2.1.-Priorización

Como en mantenimiento los recursos disponibles son limitados es necesario determinar donde avocar los esfuerzos. De esta forma la priorización se convierte en algo primordial, ésta determina que activos son los más críticos para el desarrollo de las actividades de producción y/o

seguridad del proceso y cuáles no, esto se realiza mediante la representación de variables cuantitativas y/o cualitativas.

3.2.1.1.-Diagrama de Jack knife o de dispersión logarítmica

Este tipo de diagrama logarítmico refleja la condición de operación de los equipos, establece mediante indicadores de mantenibilidad y confiabilidad el grado de criticidad de los activos analizados

La asociación de los indicadores frecuencia de falla y tiempo promedio para reparar a confiabilidad y mantenibilidad respectivamente facilita la toma de decisiones respecto a que destinar nuestra preocupación.

A partir de los valores promedio se generan 4 cuadrantes en el diagrama de Jack knife, (figura...), siendo los equipos o modos de falla ubicados en el cuadrante “agudas y crónicas”, buenos candidatos de análisis.

Además, a este grafico se le pueden agregar líneas de isoindisponibilidad las cuales permiten ver indisponibilidades, esto puede ser evaluado observando los puntos que estén por sobre las líneas, donde el más alejado es el responsable en mayor grado de los tiempos improductivos.

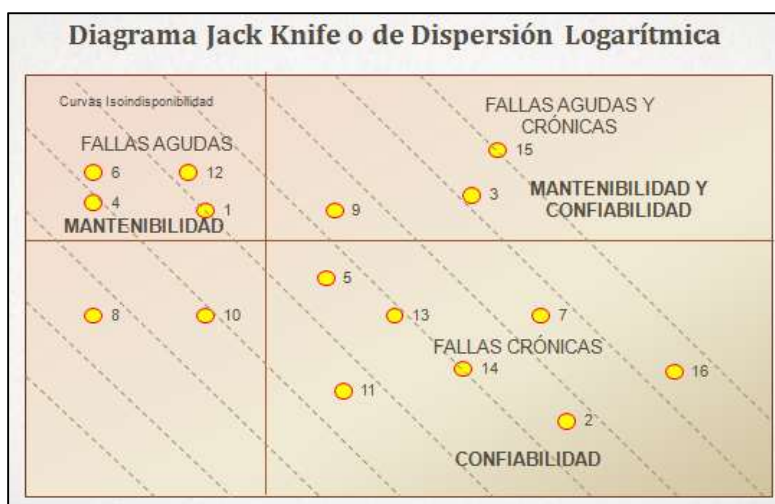


Figura 3.3: Diagrama de Jack knife, fuente: <http://kaizen-group.com.ar/es/nuestra-empresa-0>

La definición de cada cuadrante se presenta a continuación:

- **Agudos:** Son fallas que se repiten poco, pero que tardan mucho en repararse. Son típicas de sistemas confiables complejos que producen fallas catastróficas.
- **Crónicos:** Son fallas repetitivas y fáciles de reparar y que podrían ser minimizadas con estrategias de mantenimiento preventivo acorde a la falla.
- **Agudas crónicas:** Son fallas recurrentes y de gran complejidad para reparar, características de sistemas complejos.
- **Bajo control:** Son fallas poco habituales y fáciles de reparar, se les llama así porque en general no presentan una amenaza a la disponibilidad de los equipos.

4.-DESARROLLO

4.1.-SELECCIÓN DE INDICADORES

En una primera instancia, para conocer cuales indicadores están siendo utilizados en mantenimiento a nivel mundial, se acude a la literatura especializada encontrando varios autores dedicados a este y varios temas concernientes al estudio y mejora de la actividad.

En ausencia de normas dedicadas o alusivas al tema de indicadores en nuestro país, se recoge información referencial de normas internacionales tales como la norma española UNE-66175 edición 2003 y la norma ISO 14224 edición 2006.

Es así como se obtiene una primera recopilación de indicadores de mantenimiento y confiabilidad.

1. Desviación de la planificación
2. Ordenes de trabajo (OT's) por prioridad
3. OT en backlog
4. Tiempo promedio para reparar - TPPR
5. OT emitidas
6. OT asignadas para retrabajo
7. Recomendaciones técnicas pendientes

8. Horas hombre (HH) programadas
9. Cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo
10. N° de incidentes de seguridad, salud y medio ambiente
11. Confiabilidad - R
12. Disponibilidad - D
13. Tiempo promedio para fallas - TPPF
14. Tiempo medio entre fallas - TMEF
15. Utilización
16. Indisponibilidad
17. N° de intervenciones de mantenimiento no planificado
18. Mantenimiento no programado en parada de activo
19. Tasa o frecuencia de fallas
20. Costo de mantenimiento por costo de producción
21. Costo de mantenimiento preventivo
22. Costo de mantenimiento por HH
23. Costo de mantenimiento por unidad de reposición
24. Costo de mantenimiento correctivo
25. Costo de mantenimiento por unidad de producción

Los cuales, de acuerdo a lo que se obtiene de su medición, se pueden agrupar en distintas categorías dependiendo si son referentes a procesos o resultados de mantenimiento, figura N°15.

Si bien estos indicadores reflejan alguna situación atendible por mantenimiento, no necesariamente se deben utilizar todos, lo recomendable es una cantidad reducida, se recomienda el manejo de entre 6 a 8.

Un primer filtro para la selección de KPI's a tratar en este trabajo, es con la comparación de variables medidas por los indicadores utilizados en la empresa y los que se proponen, según muestra la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Indicadores utilizados en Aserradero y Remanufactura v/s indicadores propuestos

Utilizados	Propuestos
SCSM (alivio o sobrecarga de mantenimiento) $\frac{(HH \text{ planificadas notificadas})}{HH \text{ planificadas}} * 100$	Desviación de la planificación $\frac{(HH \text{ planificada ejecutadas})}{HH \text{ planificadas}} * 100$
NCFM (no conformidad del mantenimiento) $\frac{(N^\circ \text{ de operaciones planificadas} - N^\circ \text{ operaciones notificadas})}{N^\circ \text{ de operaciones planificadas}} * 100$	Cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo $\frac{OT \text{ mant. prev. terminadas}}{OT \text{ man. prev.}} * 100$
PLAPE (tareas del programa de mantenimiento) $\frac{oper. \text{ prev. planificadas}}{oper. \text{ prev. planificadas} + oper. \text{ prev. No planificadas}} * 100$	OT en backlog $\frac{OT (HH) \text{ pendientes por ejecucion}}{HH \text{ disponibles por semana}} * 100$
Costo preventivo V/S correctivo $\frac{\text{costo preventivo real}}{\text{costo correctivo real}} * 100$	costo de mantenimiento correctivo $\frac{\text{costo total de mantenimiento correctivo}}{\text{costo total de mantenimiento}} * 100$
Costo planificado V/S real $\frac{\text{costo preventivo planificado}}{\text{costo preventivo real}} * 100$	costo de mantenimiento preventivo $\frac{\text{costo total de mantenimiento preventivo}}{\text{costo total de mantenimiento}} * 100$
Detenciones <p>N° total de detenciones de planta independiente su repercusión</p>	Indisponibilidad $U' = 1 - D$
HH preventivo V/S correctivo $\frac{HH \text{ preventivas}}{HH \text{ correctivas}} * 100$	HH programadas por HH disponibles $\frac{HH \text{ programadas}}{HH \text{ disponibles}} * 100$

En la primera pareja de indicadores, claramente se quiere medir lo mismo, entendiendo por notificadas y ejecutadas la finalización de tareas.

NCFM tiene relación con las operaciones que se ejecutan de acuerdo a una cantidad programada en un tiempo determinado, entiéndase operaciones como las tareas que se solicitan dentro de una OT. De manera no tan particular, el indicador de cumplimiento del mantenimiento preventivo apunta hacia el término de OT's, esto incluye todas las actividades encerradas en ella, lo que de alguna forma ya se está midiendo.

PLAPE mide las operaciones programadas en relación a las que se podrían haber programado, en caso de que no sea un 100%, las tareas pendientes quedaran relegadas a una próxima programación. OT's en Backlog en cambio mide en términos de HH las actividades pendientes al final de un periodo.

Los indicadores de costos no tienen las mismas relaciones pero la determinación de los valores se puede hacer intercambiando variables, entendiendo costo real igual a costo total.

Con detenciones e indisponibilidad la relación tiene que ver con el cálculo de la no disponibilidad, en el primer caso, de los eventos que generan paro de maquinaria y el segundo los tiempos.

Al igual que con los indicadores de costos, en los indicadores de HH se pueden generar relacionando variables, en este caso las HH programadas son las HH planificadas las cuales contemplan a las HH preventivas y correctivas.

La segunda etapa de selección se realiza en conjunto con el subgerente de mantenimiento, determinando después de varias reuniones los 7 indicadores a calcular, agrupándolos en una matriz, figura N°16, la cual los caracteriza de acuerdo a:

- Nivel organizacional
- Responsable del indicador
- Tipo de indicador

4.2.-DESCRIPCIÓN Y FORMA DE CÁLCULO DE INDICADORES

4.2.1.-TPPR: este indicador señala el tiempo promedio en la ejecución del mantenimiento tras una falla. Permite evaluar el desempeño de la dotación de mantenedores como también caracterizar las fallas más complejas de reparar.

Está en función del diseño del equipo, características como la accesibilidad, repercuten enormemente en la rapidez del mantenimiento. Otros factores tales como contar con materiales, personal calificado, documentación y procedimientos prescritos influyen en el tiempo de detención.

Forma de cálculo y unidad de medida:

$$TPPR = \frac{\text{horas de fallos}}{N^{\circ} \text{ de fallos}}; \text{ hrs}$$

4.2.2.-OT's emitidas: es un indicador de amplio uso debido a la facilidad de su obtención, la información que se puede obtener resulta ser más representativa cuanto mayor sea la cantidad de OT que genera la planta (miles de OT's), de manera directa se puede desprender el tipo de trabajo relacionado (correctivo o preventivo) evaluando de esta forma el grado de utilización de las diferentes políticas de mantención.

4.2.3.-Confiabilidad (R): este indicador nos muestra la probabilidad de que no ocurra una falla. Que tan confiable resulta un activo para un tiempo llamado "tiempo de misión". De acuerdo a los valores entregados por los modelos de confiabilidad es posible determinar de manera aproximada el momento para realizar intervenciones. La disminución de incertidumbre trae beneficios tales como:

- Prever y optimizar los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento
- Modificar o diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar
- Calcular instantes óptimos de situación económica de equipos
- Establecer frecuencias optimas de intervenciones o inspecciones preventivas

La forma de cálculo varía de acuerdo al modelo utilizado.

Forma de cálculo y unidad de medida:

Exponencial

$$R(t) = e^{-\lambda * t}; \%$$

Weibull

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-y}{\eta}\right)^{\beta}}; \%$$

4.2.4.-Disponibilidad (D): Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado y en el caso de que hubiese tenido un fallo, este debió ser reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su restauración. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el TMEF y el TPPR, permiten a los responsables del mantenimiento evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

Forma de cálculo y unidad de medida:

$$D = \frac{TMEF}{TPPR + TMEF}; \%$$

4.2.5.-TMEF: Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la confiabilidad constituye el TMEF. La obtención de este indicador nos da una idea del tiempo promedio entre 2 fallas consecutivas, se emplea para uno o un grupo de equipos consiguiendo con esto una aproximación al tiempo de sucesión de fallas. Ampliamente utilizado para realizar gestión de mantenimiento debido a su simplicidad de cálculo.

Forma de cálculo y unidad de medida:

$$TMEF_{equipo} = \frac{\text{horas planificadas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} ; hrs$$

$$TMEF_{grupo} = \frac{\sum \text{horas planificadas de operacion}}{\sum N^{\circ} \text{ de fallas}} ; hrs$$

4.2.6.- Frecuencia de fallas (λ): éste, al igual que el TMEF, es un indicador indirecto de la confiabilidad de los activos. Mide la frecuencia de la ocurrencia de fallas durante un periodo de tiempo establecido. Resulta útil ver su evolución si se quiere analizar los resultados de estrategias de mantenimiento tendientes a minimizar la aparición de fallas. La manera de representarlo es dividiendo el número de fallas por alguna unidad de tiempo (N° de fallas/hrs, N° de fallas/mes, N° de fallas/año, etc...)

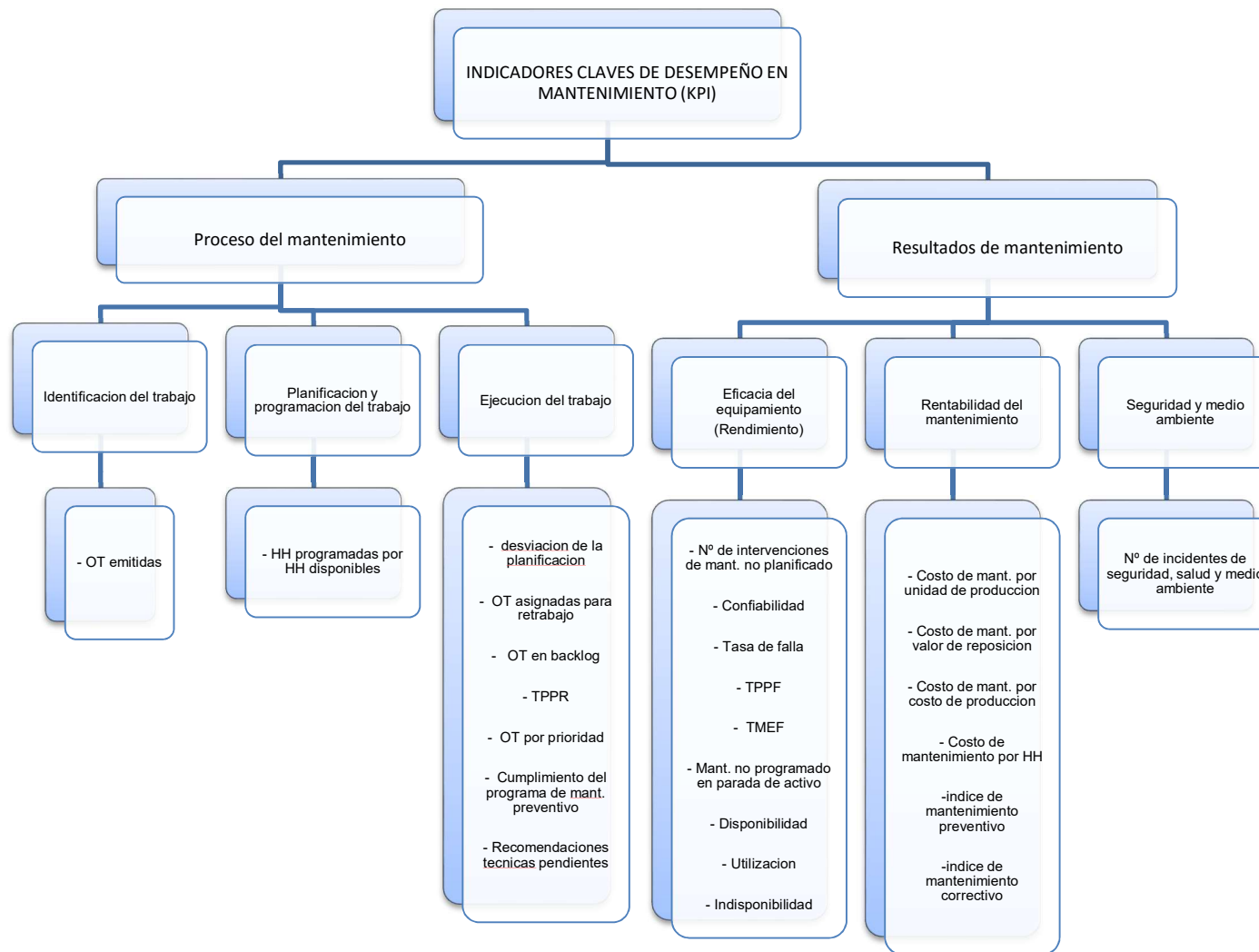


Figura 4.1: Recopilación de indicadores claves de desempeño (KPI's) en mantenimiento

Nivel organizacional	Procesos		Resultados		Responsables de los Indicadores
	Efectividad	Eficiencia	Efectividad	Eficiencia	
NIVEL ESTRATEGICO			Confiabilidad Disponibilidad		Jefe de mantencion Negocio Maderas-Paneles
NIVEL TACTICO	TPPR		TMEF	Costo de mant. Por unidad de produccion	Jefes de mantencion Planificadores
NIVEL OPERATIVO	OT emitidas		Frecuencia de fallas		Supervisores Mantenedores

Figura 4.2: Matriz de indicadores

Forma de cálculo y unidad de medida:

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ defallos}}{\text{unidad de tiempo}} ; \frac{1}{\text{mes}}$$

Una de las funciones principales de la gestión del mantenimiento de activos es optimizar los procedimientos y actuaciones de forma que los objetivos planteados se puedan lograr, con la limitante o condicionante de que la suma de todos los costos relacionados con el mantenimiento y pérdida de producción para la organización sean mínimos.

Los indicadores de costos sirven, por lo tanto, para medir el grado de eficiencia de la gestión de mantenimiento.

4.2.8.-Costo de mantenimiento por unidad de producción: mide el costo de mantenimiento por unidad de producción en un periodo dado. Permite visualizar mejoras o deficiencias en el desempeño de mantenimiento en relación a las unidades producidas.

Forma de cálculo y unidad de medida:

$$\text{Costo de mant. por unidad de produccion} = \frac{\text{costo total del mantenimiento}}{\text{total unidades producidas en el periodo}} ; \frac{\$}{m^3}$$

4.3.-FICHAS TÉCNICAS PARA INDICADORES

De acuerdo a lo expuesto anteriormente en este capítulo, se puede establecer la formalización de los indicadores, agrupando sus características en fichas, Anexo 4.

A continuación se muestran algunos ejemplos:

Ejemplo 1

Nombre: Disponibilidad

Tipo de indicador: Resultado – Efectividad

Nivel organizacional: Estratégico

Descripción: Permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que el activo cumple la función para la cual fue destinado.

Expresión matemática: $D = \frac{TMEF}{TPPR+TMEF}$

Unidad de medida: %

Responsable: Jefe de mantención negocio Maderas – Paneles

Objetivo: Medir porcentualmente la relación de tiempo en que el equipo estuvo operando y el tiempo que podría haber estado operando.

Adquisición de datos: Tablas de indicadores TMEF y TPPR

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: Gráfico de líneas con marcadores

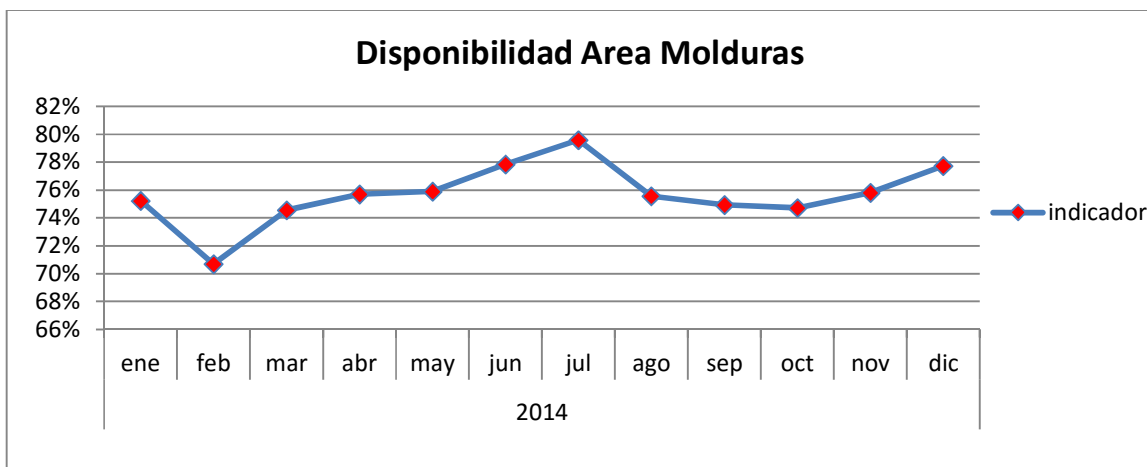


Figura 4.3: gráfico de líneas con marcadores; Disponibilidad del área de Molduras año 2014.

Ejemplo 2

Nombre: TMEF (tiempo medio entre fallas)

Tipo de indicador: Resultado – Efectividad

Nivel organizacional: Táctico

Descripción: Indica el intervalo de tiempo más probable entre falla.

Expresión matemática: $TMEF = \frac{\text{horas planificadas de operacion}}{\text{Nº de fallas}}$

Unidad de medida: Hrs

Responsable: Jefes de mantención, planificadores

Objetivo: determinar el tiempo promedio donde podría ocurrir una falla que involucre mantenimiento.

Adquisición de datos:-Nº de fallas: SAP, transacción IW69

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: grafico de barras

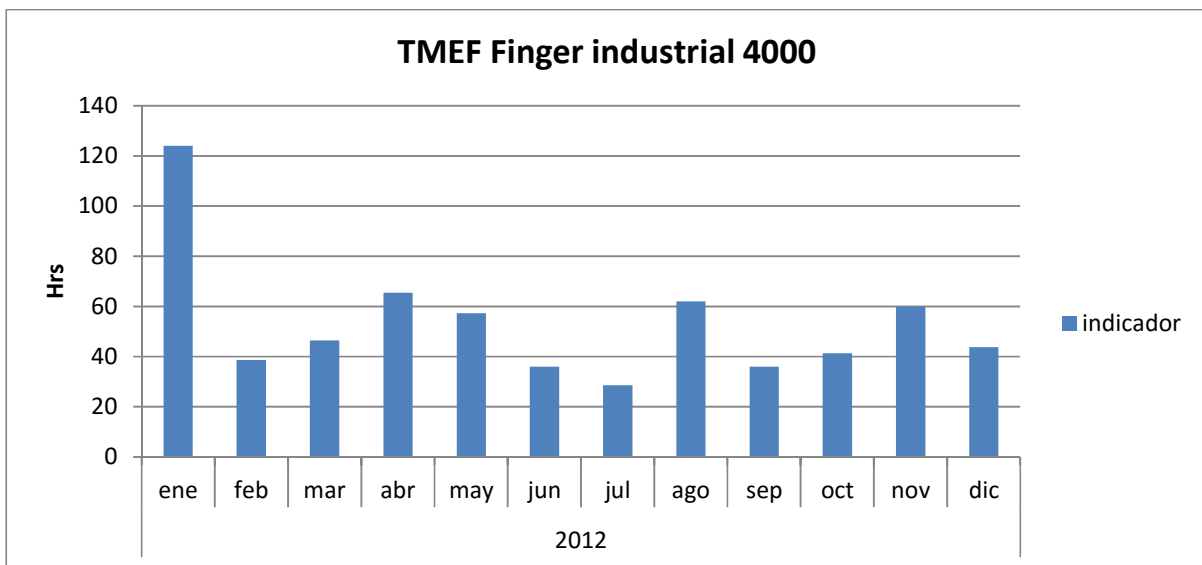


Figura 4.4: gráfico de barras, TMEF del sistema Finger industrial 4000 año 2012.

Se elabora un formato de fichas donde están considerados todos los puntos presentados en los ejemplos anteriores, esta ficha se presenta en la figura 4.5.

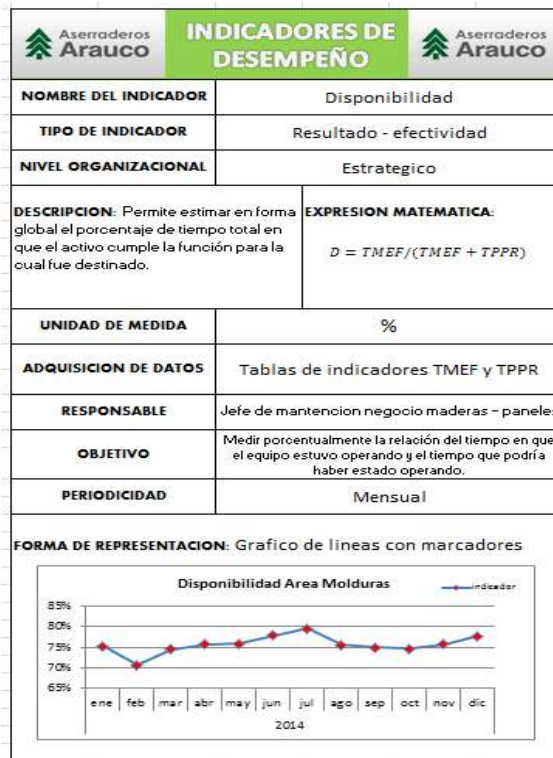


Figura 4.5: Ficha técnica de indicador “Disponibilidad”

5.-APLICACIÓN DEL MODELO DE INDICADORES

Los indicadores claves de desempeño serán calculados para las plantas:

- Aserradero Horcones 1
- Remanufactura horcones

Obteniendo para cada una valores de indicadores para los niveles:

- Áreas
- Sistemas
- Subsistemas

Estos serán calculados de manera mensual durante un periodo de 4 años y 6 meses, esto es desde el 01/01/2011 hasta 30/06/2015 por lo que se contará con valores promedios, porcentuales o totales de 54 meses agrupados en tablas.

Como el universo de áreas, sistemas y subsistemas es demasiado grande para revisarlos todos en esta memoria, se determina que el análisis de los distintos indicadores será aplicado de manera particular a los activos que resulten ser interesantes de acuerdo a los valores que muestren.

Caso aparte es el indicador de confiabilidad, ya que los datos históricos son utilizados para obtener la curva de confiabilidad, específicamente de equipos críticos, seleccionados del nivel de subsistemas.

Los datos utilizados para el cálculo de los indicadores se adquieren del sistema de información de la empresa llamado SAP logon 720. La manera de obtenerlos es por medio de transacciones (ventanas específicas para obtener información) y los distintos criterios de búsqueda que estas poseen.

Las transacciones utilizadas en este trabajo y los datos de importancia arrojados por estas se enuncian en la tabla 5.1.

A través de la transacción IW69 se pueden obtener de forma indirecta el tiempo entre fallas necesario para determinar la Confiabilidad.

Tabla 5.1: transacciones utilizadas y datos de interés

Transacción	Denominación	Datos obtenidos
IW69	Visualización de avisos de averías	Nº de fallas, tiempos de reparación
IW39	Visualización de ordenes	OT's emitidas
MCIS – S562	Análisis de costos	Costos reales de mantención

Las bases de datos que proporciona SAP son exportadas a Microsoft Excel, entorno donde se desarrolla el tratamiento previo de los datos utilizados para calcular los KPI's.

5.1.-TRATAMIENTO DE DATOS

La cantidad de datos procedentes de los registros almacenados en SAP resulta abrumadora, para el periodo considerado se manejan 193145 datos de fallas en Remanufactura y 90138 en aserradero. Sin embargo no todos son adecuados y solo una parte se utiliza para obtener los indicadores. Se adoptan diferentes criterios según el indicador y lo que éste quiere medir, esto se logra a través de tablas dinámicas, herramienta que facilita el filtrado de datos para posteriormente confeccionar tablas para las distintas ubicaciones técnicas.

Tabla 5.2: Criterios de filtrado en tablas dinámicas

Indicador	Criterios
OT' emitidas	Tipo de orden de trabajo
TMEF	Repercusión 1,2 y 3, Pto. de trabajo responsable 102 y 202, status de usuario mantención y mantención aprobada.
TPPR	Repercusión 1,2 y 3, Pto. de trabajo responsable 102 y 202, status de usuario mantención y mantención aprobada.
Frecuencia de fallas	Repercusión 2 y 3, Pto. de trabajo responsable 102 y 202, status de usuario mantención y mantención aprobada.
Confiabilidad	Repercusión 2 y/o 3, Pto. de trabajo responsable 102 y 202
Disponibilidad	Repercusión 2 y 3, todos los puestos de trabajo, status de usuarios que no figuren rechazados.
Costo de mantenimiento por unidad de producción	Costos reales de mantención

5.1.1.-Ubicaciones técnicas

Representan un área física y funcional, donde es posible instalar un objeto técnico (equipo), el cual también lleva un código que le permite ser identificado en el sistema de información.

La taxonomía utilizada en Aserradero y Remanufactura se representa de la siguiente forma:

Centro (planta)-Área<-Sistema-Subsistema-Equipo

Ejemplo:

AA03-020-LP1: Centro Aserradero Horcones 1-Area Aserradero - Sistema “línea principal de aserradero”

5.1.2.-Averías

Representan todas las detenciones ocurridas en los equipos que repercutan o no en la producción.

5.1.3.-Repercusiones

Se definen las detenciones de acuerdo a su repercusión en la producción, determinando de esta forma 3 tipos:

- Repercusión 1: sin afectación a la producción
- Repercusión 2: limita la producción
- Repercusión 3: afecta la producción

5.1.4.-Puestos de trabajo responsables

Existen diferentes responsables de las averías ocurridos durante el proceso productivo o en jornadas de mantenimiento, los cuales se representan con el código del centro más un número característico. Los puestos para Aserradero Horcones 1 son:

- AA03102: mecánico
- AA03202: eléctrico
- AA03701: operaciones
- AA03901: propio del proceso
- AA03902: externo del proceso
- AA03904: taller de afilado

5.1.5.-Tipo de orden de trabajo

Los códigos manejados para identificar el tipo de orden para los trabajos de mantenimiento y el significado de estas se muestra a continuación:

- ZAM: acciones correctivas
- ZPP: acciones preventivas
- ZFO: falla operacional

5.2.-TABLAS

Previo al análisis de los distintos indicadores es necesaria la confección de tablas donde encontrar los valores de indicadores para los distintos meses considerados, estos valores son conseguidos a su vez por los datos primarios recogidos desde las bases de datos entregadas por SAP y de los datos proporcionados por personal de planta.

Los indicadores TMEF, TPPR y Disponibilidad son obtenidos según tablas de N° de fallas, horas planificadas de operación y TPR.

La frecuencia de fallas y el Numero de OT's emitidas son obtenidos directamente de tablas dinámicas.

Confiabilidad es obtenida de tablas donde se evalúa la función de confiabilidad con distintos tiempos para obtener la curva de probabilidad de no fallo.

El indicador de costos es conseguido según tablas de costos de mantención, obtenidas de tablas dinámicas y otra con datos proporcionados por personal de planta con las producciones por área o por equipo.

6.-ANÁLISIS DE INDICADORES

6.1.-CONSIDERACIONES GENERALES

En lo siguiente se muestra un análisis de los resultados, la forma de cálculo se encuentra en el Anexo N°3.

Los gráficos y tablas fueron confeccionados de acuerdo a los valores obtenidos del cálculo de los distintos indicadores.

El análisis se realiza en base a tendencias o promedios obtenidos para periodos recientes de tiempo ya que no se poseen valores objetivos o metas para realizar comparaciones.

TMEF: Se considera el tiempo planificado de operación igual a todas las horas del día, ya que las mantenciones se realizan en horas productivas como también en jornadas improductivas, esto con el fin de revisar cada cuanto tiempo mantención interviene los equipos debido a fallas que afecten o no a la producción

Confiability: Debido a que la obtención del indicador analíticamente requiere mas trabajo que los demás la evaluación se realiza de manera particular a nivel de subsistemas de acuerdo al área y luego el sistema más crítico determinado por el método de priorización de Jack Knife.

Jack knife: Para la obtención de estos gráficos se consideran todos los puntos de trabajo y repercusiones de manera tal de poder ver durante los distintos periodos de tiempo considerados, la evolución del desempeño de las áreas y sistemas.

Elección del modelo: se define de acuerdo a la linealidad de la distribución de los datos de fallas y de acuerdo al valor del coeficiente de correlación R^2 .

Datos utilizados: Como el interés de este indicador es prever las fallas durante periodos de operación, los datos considerados para la obtención de los modelos de confiabilidad serán aquellas fallas mecánicas y eléctricas que resulten de la operación normal del equipo y que limiten o generen perdida de producción durante el periodo comprendido entre enero-2011 hasta junio-2015.

6.2.-ASERRADERO HORCONES 1

6.2.1.-Consideraciones

Disponibilidad: En la mayor parte de los procesos la disposición de los equipos es en serie lo que hace suponer que la falla de uno de estos ocasiona la detención de la línea de producción, salvo en el área de secado donde la detención de una cámara de secado limita la producción.

TMEF: El TMEF de las cámaras de secado es calculado para el grupo de equipos que componen los sistemas los que comparten características similares.

Jack knife: Para la realización de estos gráficos se determinó no incluir el área Planta de trozado ya que los datos obtenidos no evidencian la realidad del área, son poco confiables por lo que utilizarlos llevarían a errores en la priorización de los equipos.

6.2.2.-Disponibilidad

De acuerdo a los datos obtenidos en planta, se obtuvieron valores de Disponibilidad para los distintos niveles en la jerarquía de activos tocados en este trabajo.

Las áreas productivas más importantes son: Planta de trozado, Aserradero, Reaserrio, Secado y Cepillado.

La tabla 6.1 muestra la disponibilidad promedio obtenida durante los años de estudio.

Tabla 6.1: Promedio anual de Disponibilidad por área

Áreas	2011	2012	2013	2014	2015
Planta de trozado				100%	100%
Aserradero	62,7%	85,9%	74,0%	70,0%	68,9%
Reaserrio	99,0%	91,3%	83,1%	85,4%	91,9%
Secado	-55,8%	22,0%	85,0%	89,6%	85,0%
Cepillado	69,4%	89,5%	73,3%	82,4%	87,1%

De acuerdo a lo presentado en la tabla anterior se puede apreciar la disminución del indicador en el área de aserradero que durante el primer semestre del año 2015 registra su valor más bajo 68,9%. El aumento a partir del año 2013 en las áreas de Reaserrio y Cepillado logrando valores de un 91,9% y 87,1% respectivamente. El valor negativo de disponibilidad durante el año 2011 y el bajo porcentaje durante el 2012 en secado es debido a las múltiples fallas operacionales imputadas las que originan TMEF menores a los TPPR. Esta práctica se detiene a partir del mes de mayo del año 2012.

Punto aparte para Planta de trozados, si bien es cierto que en esta área se producen constantemente fallas, un 98% no afecta en la producción, por lo tanto el indicador obtenido del promedio de disponibilidad de sus sistemas resulta de un 100%.

Aumento de Disponibilidad

El área que durante el último tiempo presenta los valores más bajos de disponibilidad es Aserradero, área que cuenta con 14 sistemas.

Entre todos los sistemas el que influye en mayor medida en el desempeño del área es la línea principal de aserradero con el 60,8% de las fallas que afectan a la producción.

La tabla 6.2 muestra los valores mensuales de los indicadores de confiabilidad y mantenibilidad representados por el TMEF y TPPR para el periodo comprendido entre Enero hasta Junio del 2015.

Tabla 6.2: TMEF y TPPR del sistema Línea principal de Aserradero, periodo 2015.

INDICADOR	2015					
	ene	feb	mar	abr	may	jun
TPPR (HRS)	0,11	0,11	0,12	0,13	0,11	0,11
TMEF (HRS)	0,68	0,74	0,70	0,84	0,81	0,86

Claramente los problemas en el sistema están ligados a la frecuencia de fallas los cuales son inferiores a la hora de trabajo, situación que se repite en años anteriores. Las intervenciones no representan tiempos prolongados de detención configurando una buena mantenibilidad pero si resultan recurrentes disminuyendo la confiabilidad y por ende la disponibilidad.

Caso ficticio

Resulta interesante ver cómo afecta la disminución de las fallas en el indicador del sistema como también al área al que pertenece, para esto se determina evaluar la disponibilidad con un 20% menos de fallas.

El valor considerado como número de fallas es 487 para la línea principal y 799 para el área de Aserradero obtenido del promedio de los últimos 6.

El TPPR y tiempo planificado de operación (igual para ambos) fueron obtenidos del mismo modo para igual periodo.

Tabla 6.3: Efecto de la disminución del N° de fallas sobre la Disponibilidad

	Sistema	Área
	Línea principal	Aserradero
TPPR (hrs)	0,12	0,15
tiempos planificados (hrs)	372	372
N° de fallas	487	799
TMEF (hrs)	0,76	0,47
Disponibilidad	80%	68%
N° de fallas (20% menos)	390	702
TMEF_2 (hrs)	0,95	0,52
Disponibilidad_2	84%	71%

Ciertamente el aumento de la confiabilidad mejora el desempeño del sistema y del área, con un 20% menos de fallas el TMEF aumenta en un 25% en la línea principal obteniendo un incremento de 4 puntos porcentuales de disponibilidad, en Aserradero se tiene un 10,6% de aumento del TMEF consiguiendo 3 puntos porcentuales en el indicador.

Para mejorar la continuidad en el funcionamiento de los equipos, logrando aumentar su confiabilidad y por lo tanto su disponibilidad, es preciso detenerse en los responsables de las detenciones de manera de orientar de mejor forma la gestión hacia las fallas más recurrentes.

La tabla 6.4 y la figura 6.1 muestran la distribución de las fallas de acuerdo al puesto de trabajo responsable para los últimos 6 meses de la línea principal.

Tabla 6.4: N° de fallas por puesto de trabajo responsable. Línea principal Aserradero

Puesto de trabajo responsable	N° de fallas
Mantenimiento mecánica	118
Mantenimiento eléctrica	35
Operaciones	723
Propias del proceso	1205
Externas del proceso	534
Taller de afilado	304
Total	2919

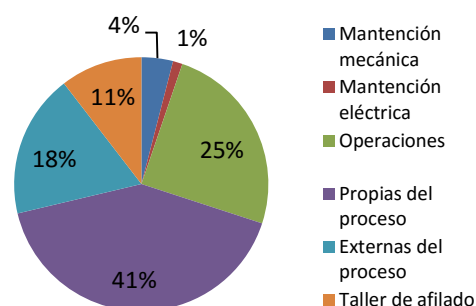


Figura 6.1: % de fallas por puesto de trabajo responsable, línea principal Aserradero

Un 84% de las fallas que cuartan la disponibilidad y por ende la producción del sistema son debidas a fallas operacionales, propias y externas del proceso, en menor número están las fallas responsabilidad de mantención las cuales suman un 5%.

Lograr hacer algo para disminuir las fallas que generan las mayores indisponibilidades ciertamente mejorara el desempeño del equipo.

Las fallas más frecuentes se nombran a continuación:

- Laterales cruzados
- Cambio de sierras por ralladura, oscilación o acuñamiento
- Actúa térmico
- Chequeo de medida
- Cambio esquema de corte

6.2.3.-TMEF

Los TMEF más bajos, tabla 6.5, se obtienen en las áreas Planta de trozado, Aserradero, Reaserrío, Secado y Cepillado, habitualmente intervenidas por mantención.

Tabla 6.5: Promedio anual de TMEF por área

Áreas	Denominación	TMEF (hrs)				
		2011	2012	2013	2014	2015
011	Área Taller Afilado	168,99	103,34	167,17	336,88	206,87
015	Planta de Trozado (LOG)			31,29	2,39	2,90
020	Área Aserradero	7,85	5,82	6,51	5,06	5,41
022	Área Reaserrío	61,93	68,90	59,00	73,99	80,68
025	Área Secado	11,81	14,89	13,35	12,30	8,42
026	Área Cepillado	23,16	44,10	40,01	34,65	28,17
030	Área Planta de agua	582,00	525,03	563,25	502,20	
040	Área Bodega	720,00	720,00			
045	Área general planta	625,20	568,20	473,33	399,25	510,00
050	Área Administración	744,00	744,00	720,00	732,00	
060	Área Talleres de mantención	291,23	436,50	536,89	295,45	224,20
083	Área Distribución eléctrica				744,00	
084	Área sala Compresores	606,00	434,00	523,20	577,71	608,00

Para el periodo de estudio el área que registra un promedio bajo es Aserradero con una media de 6,21 hrs, sin embargo durante un periodo reciente donde planta de trozado es administrada por Aserradero Horcones 1, esto es, entre enero del año 2014 y junio del 2015, el área antes mencionada obtiene una media de 2,56 hrs entre fallas.

Preciso es revisar de qué manera afectan las detenciones, con la finalidad de ver que fallas condiciona en mayor medida el indicador, esto es si generan o no pérdida de producción. Para el último año y medio de análisis, los valores se muestran en la tabla 6.6.

Tabla 6.6: N° de fallas y su repercusión.

Repercusión	Planta de trozado	Aserradero
1	5314	1423
2	4	17
3	74	1183

Ciertamente la frecuencia de fallas es más alta para Planta de trozado sin embargo sus fallas son en un 98,5% sin pérdida de producción, a diferencia de Aserradero donde la diferencia es más estrecha, estableciendo con esto que las fallas de repercusión 1 son las más usuales e influyentes sobre los TMEF de ambas áreas.

Sistemas

De acuerdo a los datos correspondientes al periodo enero – junio 2015, todos los sistemas del área presentaron alguna intervención, los más importantes de acuerdo al bajo valor del indicador se presentan en la tabla 6.7.

Tabla 6.7: TMEF de sistemas del área Aserradero periodo 2015

Primer semestre 2015		
Sistema	Denominación	TMEF (Promedio)
AA03-020-LP1	Línea principal aserradero	16,2
AA03-020-IT1	Ingreso de trozos	42,5
AA03-020-CA1	General Newnes	45,5
AA03-020-CT1	Canteo de tablas	54,2
AA03-020-MS1	Planta baja	67,5

Según los valores obtenidos el sistema más crítico es Línea principal de Aserradero con un TMEF de 16,2 hrs, lo que equivale a prácticamente una falla cada 2 turnos.

Para el sistema antes mencionado se obtiene la evolución del indicador, mostrado en la figura 6.2, durante los últimos 18 meses del periodo de estudio.

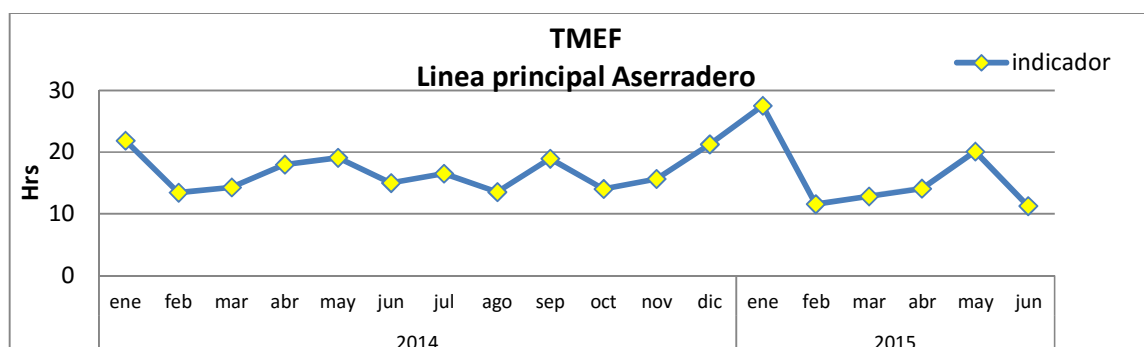


Figura 6.2: evolución del TMEF para el sistema Línea principal Aserradero periodo 2014-2015

Durante el año 2015 los valores del indicador resultan con un mes de enero de 27,5 hrs entre fallas valor promedio que disminuye durante febrero del mismo año consiguiendo uno de los TMEF más bajos del periodo de análisis, se observa una tendencia al alza hasta mayo pero el indicador vuelve a bajar en junio consiguiendo un registro de 11,25 hrs entre fallas, la media de este año es de 16,2 hrs.

Las fluctuaciones en el año 2014 resultan menores encontrándose los TMEF entre el rango de 21,88 hrs y 13,44 hrs consiguiendo una media de 16,8 hrs.

Subsistemas

De igual forma para los subsistemas se analiza el mismo periodo, durante el cual de un total de 29 equipos 26 presentaron fallas resultando ser crítico el subsistema “Vislanda” con un TMEF promedio de 200 hrs valor que resulta ser alto pero que a nivel de subsistemas, debido a que el número de fallas es menor, determina una baja confiabilidad.

Así como para sistemas, en la figura 6.3 se puede apreciar cómo ha cambiado el indicador para el subsistema en cuestión.

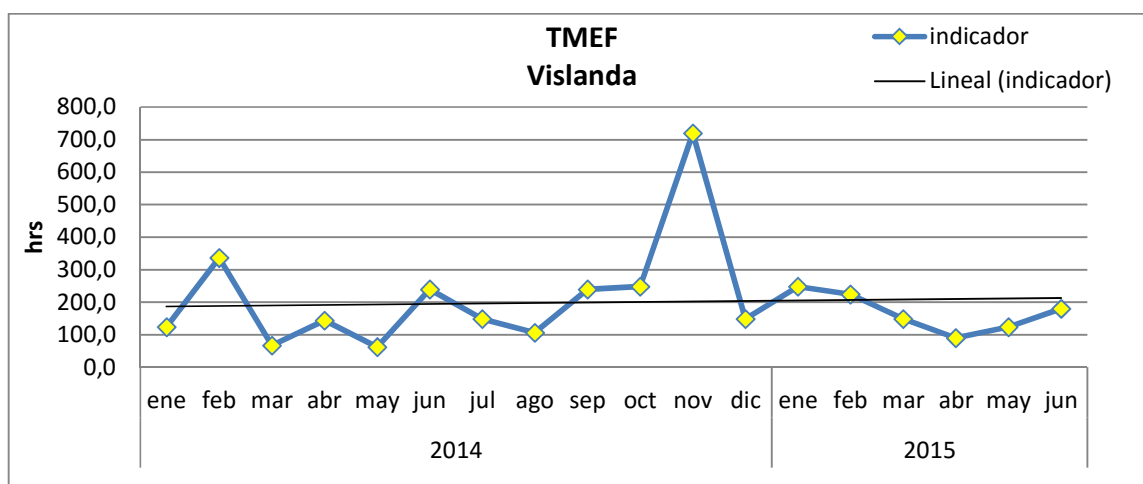


Figura 6.3: evolución del TMEF para el subsistema “Vislanda” periodo 2014-2015

El comportamiento del indicador durante el año 2014 y el primer semestre del 2015 muestra que este tiende a mantenerse dentro de las 100 y 300 hrs entre fallas, el mejor desempeño del equipo se tiene en el mes de noviembre del año 2014 con 720 hrs de TMEF resultado de solo 1 falla.

Para el año 2015 el valor más bajo de TMEF se obtiene en el mes de abril con 90 hrs debido a 8 fallas, 3 de repercusión 1 y 5 de repercusión 3.

6.2.4.-TPPR

Aserradero Horcones 1 cuenta con 15 áreas de las cuales 13 fueron intervenidas, de estas destacan por presentar una baja Mantenibilidad taller de afilado durante el año 2015 con un TPPR de 3,8 hrs y general planta en el año 2011 con 4,21 hrs y 2014 con 4,81 hrs. Sin embargo estos

valores no reflejan el desempeño histórico de mantenibilidad de las áreas antes nombradas y responden a hechos puntuales que condicionan el indicador debido a la baja frecuencia de fallas.

Por ejemplo, para el caso del taller de afilado durante abril del año 2015 ocurrieron 9 fallas, totalizando un tiempo para reparar de 51,5 hrs lo que da un TPPR de 5,72 hrs.

Para las áreas que frecuentemente requieren mantención destacan secado, cepillado y planta de trozado.

Tabla 6.8: Promedio anual de TPPR por área.

Áreas	Denominación	TPPR (Hrs)				
		2011	2012	2013	2014	2015
011	Área taller de afilado	1,66	1,57	1,87	2,19	3,80
015	Área planta de trozados			1,65	3,17	2,51
020	Área aserradero	1,54	1,52	1,61	1,69	1,96
022	Área reaserrio	2,27	2,30	2,02	2,39	2,18
025	Área secado	3,46	2,53	2,06	2,45	2,07
026	Área cepillado	2,07	2,29	3,26	2,76	1,53
030	Área Planta de agua	1,54	2,07	1,61	2,14	
040	Área Bodega	1,00	2,00			
045	Área general planta	4,21	1,11	2,27	4,81	2,28
050	Área Administración	0,50	1,50	1,25	1,50	
060	Área Talleres de mantención	0,68	1,55	0,91	2,85	1,73
083	Área Distribución eléctrica				0,50	
084	Sala de compresores	1,33	1,67	1,48	1,86	2,58

Se puede apreciar de la tabla altos TPPR, sin embargo los mayores tiempos son en fallas que no generan pérdida de producción, las cuales superan la hora de reparación.

Secado

Históricamente Secado ha mantenido un TPPR cercano a las 2 hrs valor que se vuelve reiterativo desde marzo del año 2012 hasta junio del 2015, figura 6.4.

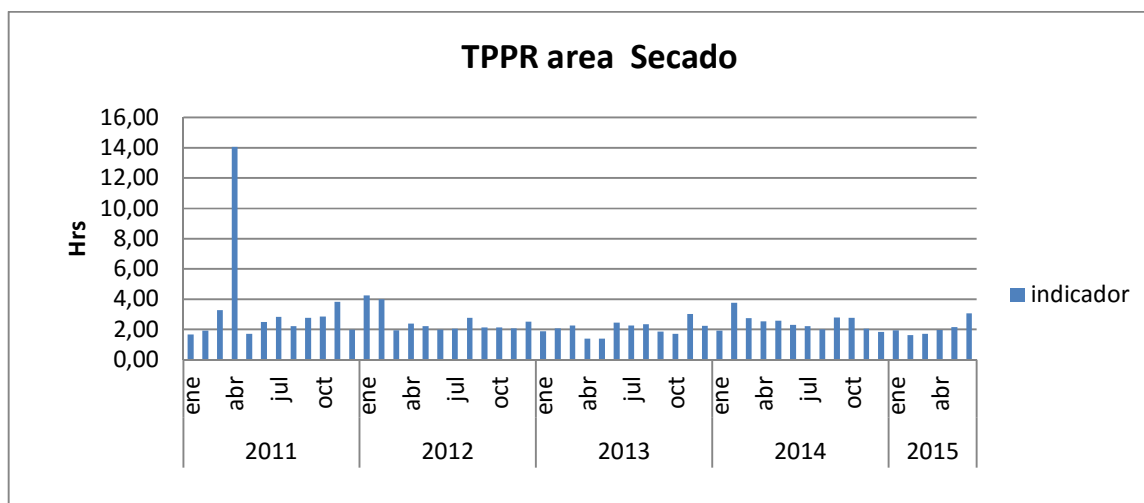


Figura 6.4: TPPR área Secado periodo 2011-2015

Resulta un caso atípico el mes de abril del año 2011 donde el TPPR alcanza las 14,06 hrs, esto debido a una falla estructural que derivó en la fabricación de 3 aletas de ventiladores para la cámara de secado Hildebrand.

Sistemas

De los 10 sistemas con que cuenta el área de secado los que registran TPPR altos son las cámaras de secado Mahild y Hildebrand, el Stacker de secado y el sistema de tratamiento de rieles. Si bien existen otros sistemas con altos TPPR, estos resultan ser los más importantes.

Cámaras de secado

La tabla 6.9 muestra los valores promedio de TPPR para el periodo completo de estudio y otro para un periodo más reciente observando que para ambas cámaras el tiempo para reparar y restablecer la función de los equipos no varía de manera significativa.

Tabla 6.9: TPPR cámaras de secado Hildebrand y Mahild, periodos 2011 – 2015 y 2014 –2015

Sistemas	Enero 2011-junio 2015	Enero 2014- junio 2015
Cámaras de secado Hildebrand	2,49	2,56
Cámaras de secado Mahild	2,50	2,49

La evolución del indicador se muestra en las figuras 6.5 y 6.6, de acuerdo a estos se puede apreciar que las mayores fluctuaciones se registran en la cámara de secado Mahild, los mayores TPPR se consiguieron en el año 2012 para ambas cámaras.

A partir de la media móvil se establece una mantenibilidad que tiende a mantenerse constante pudiendo establecer comportamientos futuros próximos al promedio, 2,5 hrs para la cámara Mahild y 2,49 hrs para la cámara Hildebrand.

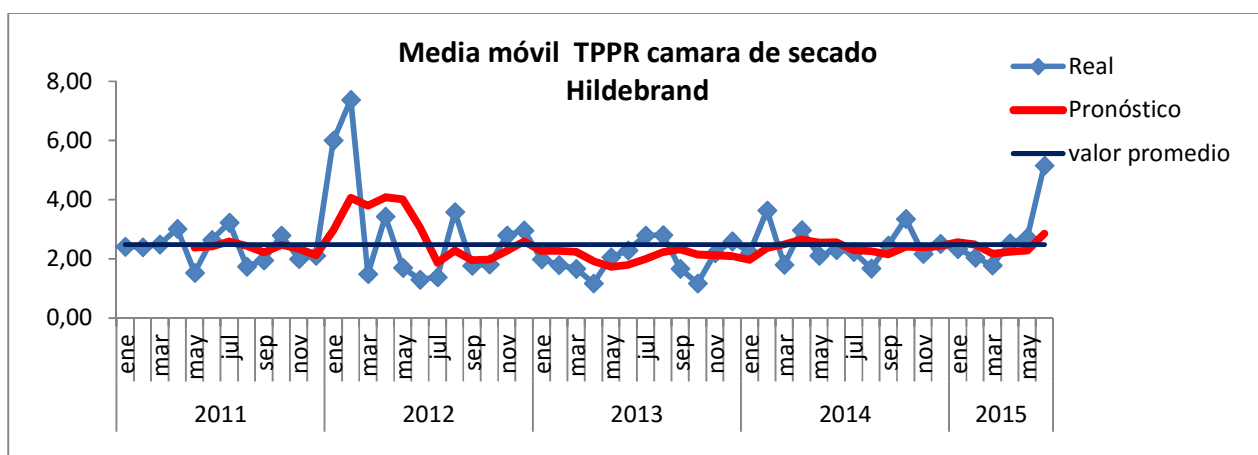


Figura 6.5: evolución del TPPR en sistema cámara de secado Hildebrand periodo 2011-2015

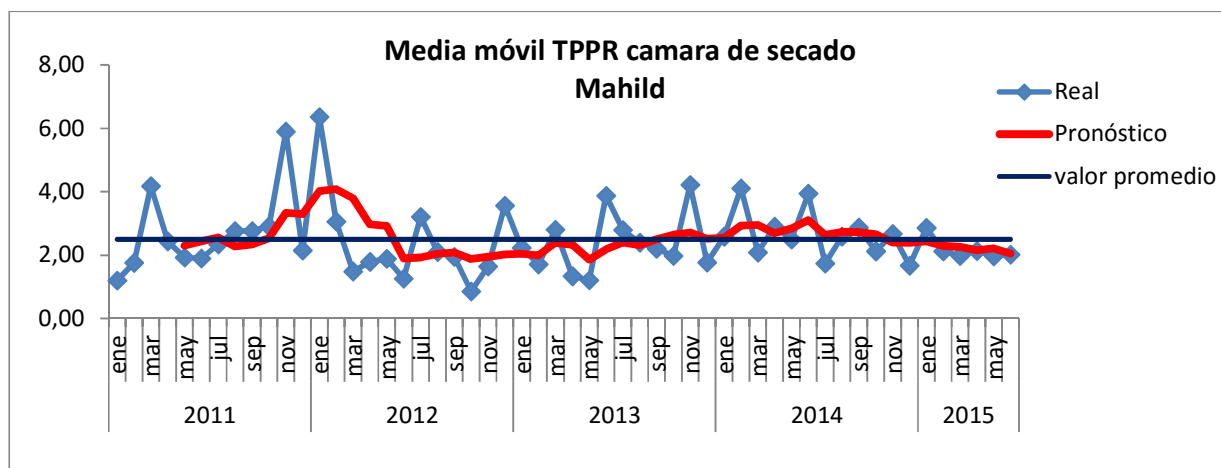


Figura 6.6: Evolución del TPPR en sistema cámara de secado Mahild periodo 2011-2015

Subsistemas

Se analiza lo sucedido con el indicador para la cámara de secado Mahild, la cual cuenta con 10 secadores donde todos presentaron alguna reparación durante el periodo de estudio.

En la tabla 6.10 se muestra el promedio del indicador para los distintos años de análisis.

Tabla 6.10: Promedio anual de TPPR para los subsistemas de la cámara de secado Mahild

Subsistemas	TPPR (Hrs)				
	2011	2012	2013	2014	2015
Secador # 13 Mahild convencional	2,53	3,79	2,69	3,10	2,29
Secador # 14 Mahild convencional	3,64	1,81	2,58	2,97	2,05
Secador # 15 Mahild convencional	2,96	2,13	1,79	2,78	3,77
Secador # 16 Mahild convencional	2,23	6,40	2,53	1,83	1,79
Secador # 17 Mahild convencional	2,30	2,44	2,31	2,02	1,92
Secador # 18 Mahild convencional	4,36	1,85	2,51	2,26	1,47
Secador # 19 Mahild convencional	2,51	2,09	2,46	1,78	1,32
Secador # 20 Mahild convencional	2,63	2,27	2,83	2,81	2,30
Secador # 21 Mahild convencional	2,55	1,72	2,12	1,98	1,66
Secador # 22 Mahild convencional	2,47	1,36	1,97	2,43	1,96

De acuerdo a la información entregada por la tabla se puede establecer que los secadores con tiempos bajos de reparación, lo que implica una baja mantenibilidad son los secadores #13 con valores entre 2,29 y 3,79 hrs y el secador #16 con TPPR entre 6,4 y 1,79 hrs.

El caso más desfavorable para el secador #13 fue en abril del año 2014 con un TPPR de 10,5 hrs, si bien no fue el mes con el tiempo para reparar más alto, solo se presentaron 2 fallas que determinan el valor del indicador siendo la reparación más prolongada la realizada a las ruedas del carro de secado que duró 12 hrs.

Para el secador #16 fue en enero del año 2012 con un TPPR de 21,45 hrs, siendo éste el mes con el mayor tiempo para reparar, se presentaron 4 fallas donde la reparación más extensa fue debido a un cambio de rieles dentro del secador que duró 83hrs.

La tabla 6.11 muestra el promedio anual del indicador para los puestos de trabajo mecánico y eléctrico de tal manera de ver los tiempos aproximados de resolución de fallas de las distintas disciplinas en los subsistemas antes vistos.

Tabla 6.11 Promedio anual de TPPR para los trabajos mecánicos y eléctricos

Subsistemas	Puestos de trabajo	TPPR (hrs)				
		2011	2012	2013	2014	2015
Secador # 13 Mahild convencional	mecánico	2,40	4,31	3,96	4,48	2,75
	eléctrico	1,92	3,19	1,06	2,18	1,13
Secador # 16 Mahild convencional	mecánico	2,02	16,85	3,64	4,82	1,77
	eléctrico	2,28	0,83	0,81	1,27	1,07

Para ambos equipos se observa que los tiempos medios de reparación son más elevados en las intervenciones mecánicas, consiguiendo valores superiores a las 4 hrs, el valor atípico se registra en el año 2012 en el secador #16 debido a la reparación de rieles mencionada anteriormente.

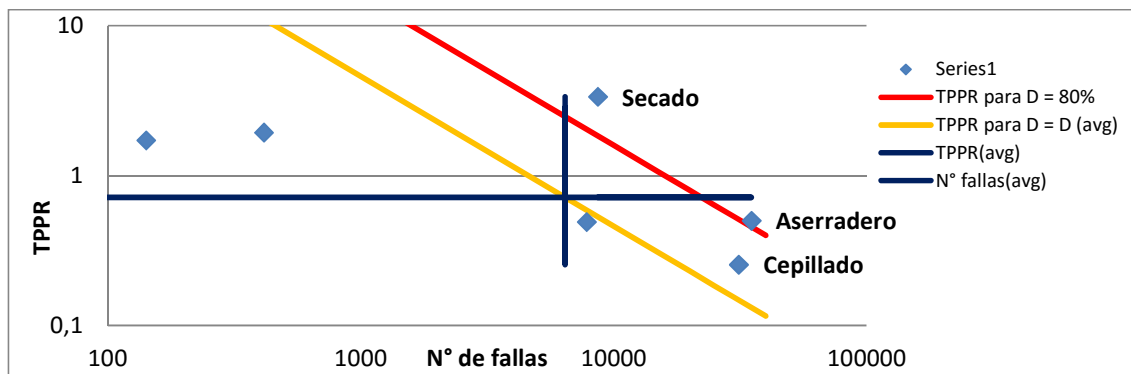
Las mantenciones eléctricas resultan breves comparadas con las mecánicas registrando un alto TPPR el año 2012 en el secador #13 de 3,19hrs debido principalmente a una falla del motor del ventilador #6.

6.2.5.-Confiability

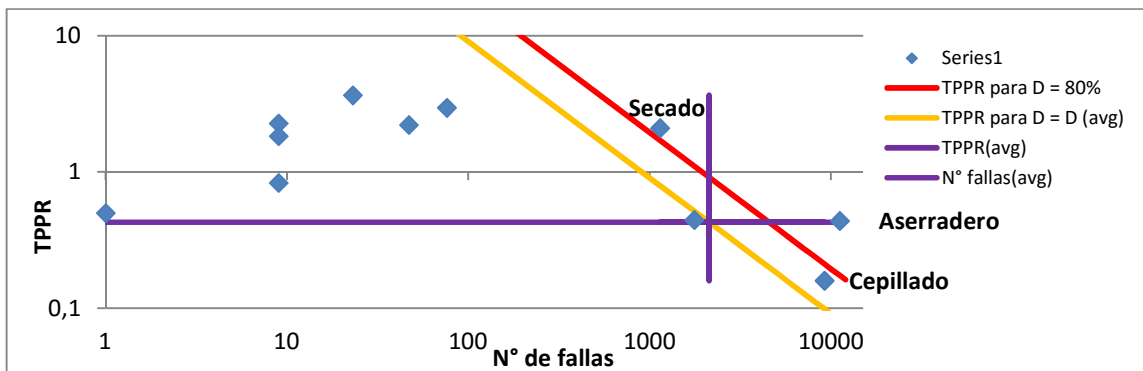
6.2.5.1-Jack knife

6.2.5.1.1.-Áreas

1° periodo (4 años 6 meses)



2° periodo (1 año)



3° periodo (6 meses)

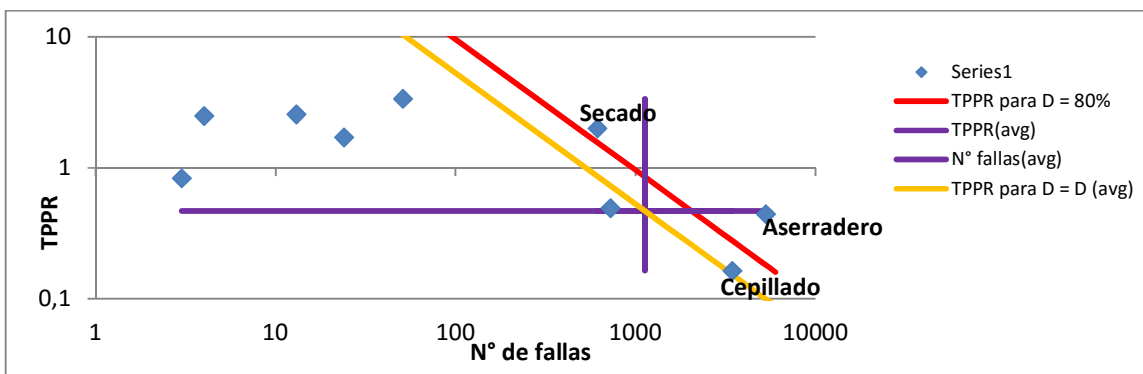


Figura 6.7: Diagramas de Jack Knife para las Áreas de Aserradero Horcones 1

De acuerdo a los gráficos podemos señalar lo siguiente:

- Para los 3 periodos analizados prácticamente el 80% de la indisponibilidad fue generada por las áreas de aserradero y secado.
- De estas áreas la que presenta la menor confiabilidad fue aserradero, sus fallas son crónicas, lo que quiere decir que son repetitivas pero de rápida reparación.
- En cuanto a mantenibilidad, la mayor parte de las áreas presenta problemas, en el primer periodo fue secado con una media de reparación de 3,36 hrs, en el segundo fue el área General planta y en el tercero Taller de afilado con TPPR de 3,64 y 3,37 hrs respectivamente.
- De acuerdo al análisis para el primer periodo de tiempo el área ubicada en el cuadrante “agudo y crónico” fue secado, considerada por lo tanto un área crítica.
- Para el segundo y tercer periodo el área más crítica fue Aserradero, generando por si sola el 49% de indisponibilidad, debido principalmente al alto número de fallas.

Conclusiones:

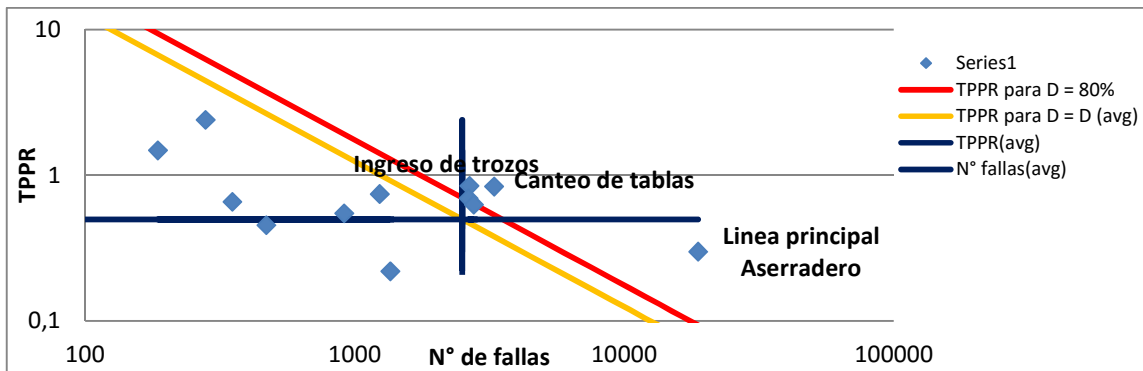
Las áreas más críticas de Aserradero horcones 1 son Aserradero y Secado

Si bien secado presenta valores de cuidado en el 1° periodo posicionándola como la más crítica, en periodos más recientes sus TPPR y frecuencia de fallas han disminuido dejándola en el cuadrante de fallas agudas y disminuyendo su indisponibilidad de un 48% a un 23% y 26% en el 2° y 3° periodo de análisis respectivamente.

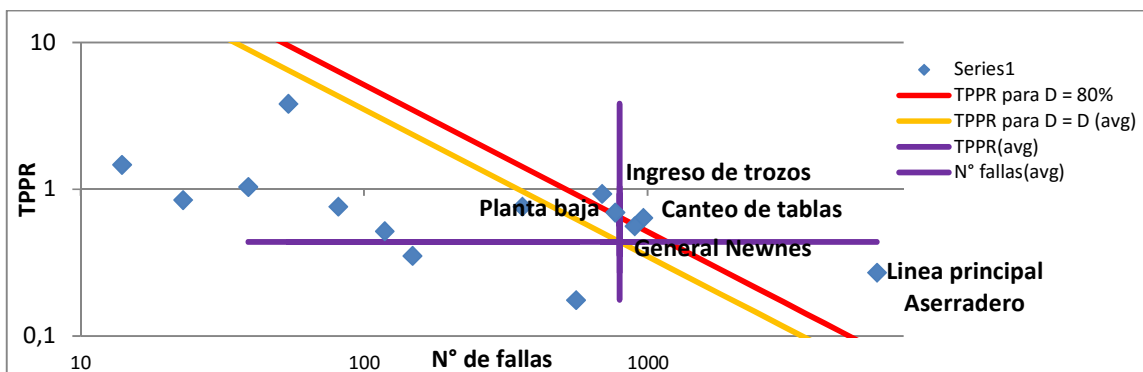
Aserradero es el área que en el 2° y 3° periodo genera mayor indisponibilidad, presenta valores cercanos al límite de mantenibilidad y muy por sobre el límite de confiabilidad, si bien no se ubica en el cuadrante de fallas agudas y crónicas, resulta ser la más cercana a esto, permitiendo de esta forma identificarla como el área más crítica de Aserradero Horcones 1.

6.2.5.1.1.-Sistemas

1° periodo (4 años y 6 meses)



2° periodo (1 año)



3° periodo (6 meses)

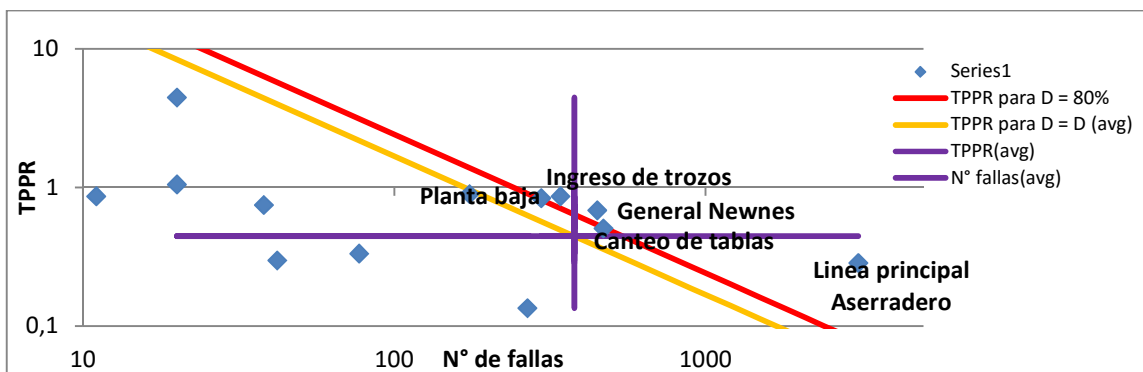


Figura 6.8: Diagramas de Jack Knife para los sistemas del área Aserradero

De acuerdo a los gráficos podemos señalar lo siguiente:

- Independiente del periodo considerado prácticamente el 80% de indisponibilidad fue generada por los sistemas Planta baja, Ingreso de trozos, General Newnes, Canteo de tablas y Línea principal Aserradero.
- El sistema que presentó la menor confiabilidad fue Línea principal Aserradero, realidad que no cambia durante los 3 periodos analizados.
- De los 5 sistemas mencionados el que cuenta con la más baja mantenibilidad fue Ingreso de trozos con tiempos medios de reparación de 0,85hrs, 0,93hrs y 0,86hrs para el 1º, 2º y 3º periodo respectivamente.
- En el 1º periodo se presentaron 4 sistemas en el cuadrante de fallas agudas y crónicas, para periodos más recientes los sistemas Ingreso de trozos y Planta baja se trasladan al cuadrante de fallas agudas y los sistemas General Newnes y Canteo de tablas conservan su sitio.

Conclusiones:

Si bien es cierto los sistemas General Newnes y Canteo de tablas presentan valores de indicadores que los definen como sistemas críticos estos representan un menor porcentaje de indisponibilidad, por lo tanto, mediante este parámetro se determina seleccionar el sistema Línea principal Aserradero ya que es ella están las mayores oportunidades de mejora, principalmente sobre el indicador de confiabilidad.

Resumen

- Área y sistema crítico en Aserradero Horcones 1: Aserradero – Línea principal Aserradero

6.2.5.2.-Determinación de equipos

De los 29 subsistemas de la Línea principal de Aserradero todos presentaron fallas durante el periodo analizado.

De acuerdo a lo presentado en la tabla 6.12 se puede decir que el 8,32% de las fallas fueron debido a problemas mecánicos, 2,2% a problemas eléctricos y 26,92% a fallas de operación. Dicho de otro modo un 10,52% del total de las fallas fueron responsabilidad de mantención y el 89,48% a los demás puestos de trabajo.

Tabla 6.12: N° de fallas por puesto de trabajo

enero 2011 – junio 2015					Puesto de trabajo responsable					
sistemas	subsistemas	denominación	N° de fallas	%	AR01102	AR01202	AR01701	AR01901	AR01902	AR01904
AA03-020-LP1	AA03-020-LP1	Línea principal de aserradero	532	3%	2		394	5	131	
	AA03-020-LP1-AL1001	LOG POS EQ.110	346	2%	153	36	60	96	1	
	AA03-020-LP1-AL1002	Transp aliment a chiper # 2 EQ.170	551	3%	92	36	75	347	1	
	AA03-020-LP1-CHC001	CHIPPER 1 EQ.120	1285	7%	86	45	115	941	51	47
	AA03-020-LP1-CHC002	CHIPPER 2 EQ.180	1196	6%	120	39	173	825	17	25
	AA03-020-LP1-CHI001	CENTRAL HIDRAULIC SERVO PRINCIPAL EQ.250	37	0%	24	12	1			
	AA03-020-LP1-CHI002	CENTRAL HIDRAULICA ROTADOR TROZOS EQ.750	10	0%	10					
	AA03-020-LP1-DET001	Transp # 2 descarga a clasificac EQ.240	4171	22%	148	10	114	1537	2302	
	AA03-020-LP1-DET002	TRANSP. N° 3 DESCARGA A CLASIFICA.-EQ.493	645	3%	54	3	19	569		
	AA03-020-LP1-MJR001	Sala de operaciones Máquina Principal	40	0%		27	14			
	AA03-020-LP1-MJR002	Sala Operaciones Chipper 2	5	0%		4	1			
	AA03-020-LP1-PLC001	Tablero PLC Línea Principal SALA. ELN 1	15	0%		14	1			
	AA03-020-LP1-PCP001	Panel Operac Principal Aserradero OP 01	27	0%		11	13	3		
	AA03-020-LP1-PCP002	Panel operación chipr 2 y vislanda OP 02	9	0%		7	2			
	AA03-020-LP1-RTT001	SPIKE ROLLER EQ.110	2	0%			1	1		
	AA03-020-LP1-SCA001	Scanner de línea principal OPTIM.MPM	21	0%		17	2	2		
	AA03-020-LP1-SCA002	Scanner de log pos OFFSET MPM	3	0%		2	1			
	AA03-020-LP1-SEL001	Sala Electrónica Línea Principal	2	0%		2				
	AA03-020-LP1-SET001	Transp separador de laterales EQ.130	1061	6%	161	9	72	732	87	
	AA03-020-LP1-SET002	tra.separad tablas salid múltiple EQ.220	268	1%	73	7	16	93	80	
	AA03-020-LP1-SIC001	VISLANDA EQ.210	5581	30%	230	18	3361	467	202	1284
	AA03-020-LP1-SIH001	Sierra huincha Twin EQ.120	2094	11%	91	29	474	817	139	544
	AA03-020-LP1-TRA001	Transp ppal.entrada aserradero- EQ.100	412	2%	17	18	64	312	1	
	AA03-020-LP1-TRA002	Rodillos prensos laterales EQ.120	71	0%	53	15	3			
	AA03-020-LP1-TRA003	Transp de salida de semibasas #1 EQ.140	83	0%	44		16	23		
	AA03-020-LP1-TRA004	Transp de salida semibasas # 2 EQ.150	24	0%	11	2		11		
	AA03-020-LP1-TRA005	Transp de salida semibasas # 3 EQ.160	12	0%	11		1			
	AA03-020-LP1-TRA006	Transp de basas salida chiper #2 EQ.190	10	0%	5	2	2	1		
AA03-020-LP1-TRA007	Tra.# 1 de tablas a clasificación-EQ.230	121	1%	71	20	17	13			
AA03-020-LP1-TRA008	Rotador de trozos Söderhamns 750	165	1%	108	28	25	1	3		
totales			18799	100,00%	1564	413	5057	6856	3015	1900
					8,32%	2,20%	26,90%	36,47%	16,04%	10,11%

De la tabla 6.13 se desprende lo siguiente:

- 6 subsistemas, 21% del total, generaron prácticamente el 80% del total de las fallas ocurridas en el sistema.
- Las fallas se distribuyen en mayor cantidad en las repercusiones 1 y 3, siendo la repercusión 3 la más recurrente.
- 16909 fallas generaron pérdida de producción, lo que significa detención del equipo en horario productivo y su posterior mantención correctiva en caso de ser fallas imputadas a mantención.

En Aserradero la línea principal funciona de forma serial, debido a esto las fallas que detienen a los equipos en horario de producción son imputadas como repercusión 3.

De acuerdo a la información mostrada en la tabla 6.14 se puede señalar que son 9 los subsistemas más relevantes en cuanto a su frecuencia de mantenimiento correctivo y que en definitiva determinan en mayor grado la confiabilidad de la línea.

Tabla 6.13: N° de fallas por tipo de repercusión

enero 2011 - junio 2015					tipo de repercucion		
Componente	denominacion	N° de fallas	%	% acumulado	1	2	3
AA03-020-LP1-SIC001	VISLANDA EQ.210	5582	30,5%	30,5%	206	1	5375
AA03-020-LP1-DET001	Transp # 2 descarga a clasificac EQ.240	4171	22,8%	53,4%	71	1	4099
AA03-020-LP1-SIH001	Sierra huincha Twin EQ.120	2094	11,5%	64,8%	66	1	2027
AA03-020-LP1-CHC001	CHIPPER 1 EQ.120	1285	7,0%	71,9%	91	1	1193
AA03-020-LP1-CHC002	CHIPPER 2 EQ.180	1199	6,6%	78,4%	104	1	1094
AA03-020-LP1-SET001	Transp separador de laterales EQ.130	1061	5,8%	84,2%	72	2	987
AA03-020-LP1-DET002	TRANSP.N° 3 DESCARGA A CLASIFICA.-EQ.493	645	3,5%	87,8%	25		620
AA03-020-LP1-ALI002	Transp aliment a chiper # 2 EQ.170	551	3,0%	90,8%	88		463
AA03-020-LP1-TRA001	Transp ppal.entrada aserradero- EQ.100	412	2,3%	93,0%	23		389
AA03-020-LP1-ALI001	LOG POS EQ.110	346	1,9%	94,9%	155		191
AA03-020-LP1-SET002	tra.separad tablas salid múltiple EQ.220	269	1,5%	96,4%	47		222
AA03-020-LP1-TRA008	Rotador de trozos Söderhamns 750	165	0,9%	97,3%	93	1	71
AA03-020-LP1-TRA007	Tra.# 1 de tablas a clasificación-EQ.230	121	0,7%	98,0%	61	1	59
AA03-020-LP1-TRA003	Transp de salida de semibasas #1 EQ.140	83	0,5%	98,4%	53		30
AA03-020-LP1-TRA002	Rodillos prensos laterales EQ.120	71	0,4%	98,8%	39		32
AA03-020-LP1-MUR001	Sala de operaciones Máquina Principal	41	0,2%	99,0%	41		
AA03-020-LP1-CHI001	CENTRAL HIDRAULIC SERVO PRINCIPAL EQ.250	37	0,2%	99,2%	34		3
AA03-020-LP1-POP001	Panel Operac Principal Aserradero OP 01	27	0,1%	99,4%	13		14
AA03-020-LP1-TRA004	Transp de salida semibasas # 2 EQ.150	24	0,1%	99,5%	13		11
AA03-020-LP1-SCA001	Scanner de línea principal OPTIM.MPM	21	0,1%	99,6%	9		12
AA03-020-LP1-PLC001	Tablero PLC Línea Principal SALA.ELN 1	15	0,1%	99,7%	9		6
AA03-020-LP1-TRA005	Transp de salida semibasas # 3 EQ.160	12	0,1%	99,8%	7		5
AA03-020-LP1-CHI002	CENTRAL HIDRAULICA ROTADOR TROZOS EQ.750	10	0,1%	99,8%	9		1
AA03-020-LP1-TRA006	Transp de basas salida chiper #2 EQ.190	10	0,1%	99,9%	9		1
AA03-020-LP1-POP002	Panel operación chipr 2 y vislanda OP 02	9	0,0%	99,9%	9		
AA03-020-LP1-MUR002	Sala Operaciones Chipper 2	5	0,0%	100,0%	5		
AA03-020-LP1-SCA002	Scanner de log pos OFFSET MPM	3	0,0%	100,0%	2		1
AA03-020-LP1-RTT001	SPIKE ROLLER EQ.110	2	0,0%	100,0%			2
AA03-020-LP1-SEL001	Sala Electrónica Línea Principal	2	0,0%	100,0%	1		1
totales		18273	100,00%		1355	9	16909

Tabla 6.14: N° de fallas imputadas a mantención

Fallas mecánicas y eléctricas				tipo de repercucion		
Componente	denominacion	N° de fallas		1	2	3
AA03-020-LP1-SIC001	VISLANDA EQ.210	248		183	1	64
AA03-020-LP1-ALI001	LOG POS EQ.110	189		129		60
AA03-020-LP1-SET001	Transp separador de laterales EQ.130	170		68	2	100
AA03-020-LP1-CHC002	CHIPPER 2 EQ.180	159		89	1	69
AA03-020-LP1-DET001	Transp # 2 descarga a clasificac EQ.240	158		50		108
AA03-020-LP1-TRA008	Rotador de trozos Söderhamns 750	136		85	1	50
AA03-020-LP1-CHC001	CHIPPER 1 EQ.120	131		69		62
AA03-020-LP1-ALI002	Transp aliment a chiper # 2 EQ.170	128		74		54
AA03-020-LP1-SIH001	Sierra huincha Twin EQ.120	120		57	1	62
AA03-020-LP1-TRA007	Tra.# 1 de tablas a clasificación-EQ.230	91		48		43
AA03-020-LP1-SET002	tra.separad tablas salid múltiple EQ.220	80		42		38
AA03-020-LP1-TRA002	Rodillos prensos laterales EQ.120	68		36		32
AA03-020-LP1-DET002	TRANSP.N° 3 DESCARGA A CLASIFICA.-EQ.493	57		17		40
AA03-020-LP1-TRA003	Transp de salida de semibasas #1 EQ.140	44		41		3
AA03-020-LP1-CHI001	CENTRAL HIDRAULIC SERVO PRINCIPAL EQ.250	36		33		3
AA03-020-LP1-TRA001	Transp ppal.entrada aserradero- EQ.100	35		18		17
AA03-020-LP1-MUR001	Sala de operaciones Máquina Principal	27		27		
AA03-020-LP1-SCA001	Scanner de línea principal OPTIM.MPM	17		8		9
AA03-020-LP1-PLC001	Tablero PLC Línea Principal SALA.ELN 1	14		8		6
AA03-020-LP1-TRA004	Transp de salida semibasas # 2 EQ.150	13		13		
AA03-020-LP1-POP001	Panel Operac Principal Aserradero OP 01	11		10		1
AA03-020-LP1-TRA005	Transp de salida semibasas # 3 EQ.160	11		6		5
AA03-020-LP1-CHI002	CENTRAL HIDRAULICA ROTADOR TROZOS EQ.750	10		9		1
AA03-020-LP1-POP002	Panel operación chipr 2 y vislanda OP 02	7		7		
AA03-020-LP1-TRA006	Transp de basas salida chiper #2 EQ.190	7		7		
AA03-020-LP1-MUR002	Sala Operaciones Chipper 2	4		4		
AA03-020-LP1-SCA002	Scanner de log pos OFFSET MPM	2		2		
AA03-020-LP1-SEL001	Sala Electrónica Línea Principal	2		1		1
Totales		1975		1141	6	828

6.2.5.3.-Elección del modelo

6.2.5.3.1.-Subsistema Log Pos

Las gráficas obtenidas por cada modelo se muestran a continuación:

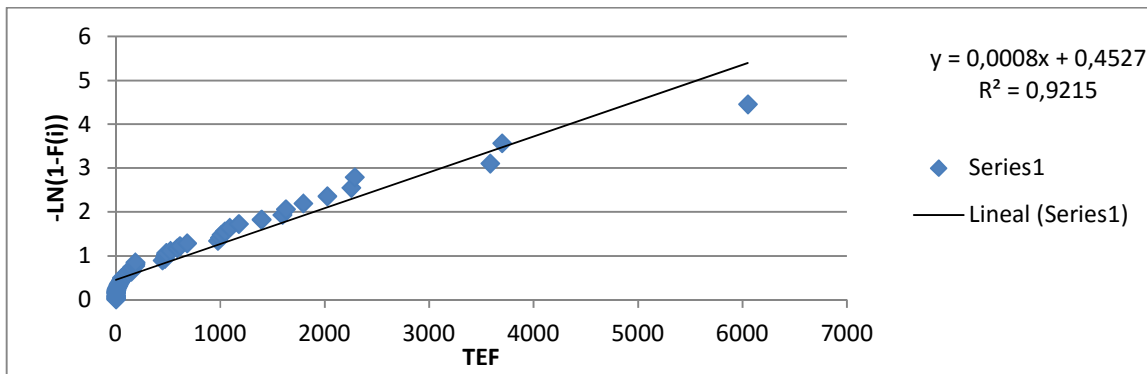


Figura 6.9: distribución de datos mediante modelo Exponencial, subsistema LogPos

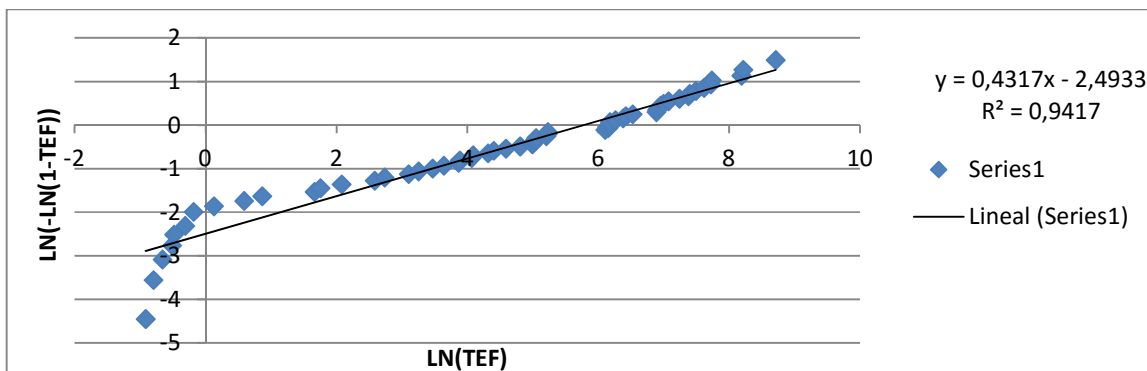


Figura 6.10: distribución de datos mediante modelo Weibull, subsistema LogPos

De acuerdo a las gráficas se establece que la mejor representación de los datos se consigue con el modelo Weibull, siendo esta distribución la más cercana a una línea recta. Otra manera de ver que tan confiable es el modelo es con el coeficiente de determinación R^2 , el cual determina el % de datos que están relacionados linealmente, mientras más cercano a 1, más confiable es. Por lo tanto este será el modelo utilizado para el cálculo de confiabilidad de este subsistema.

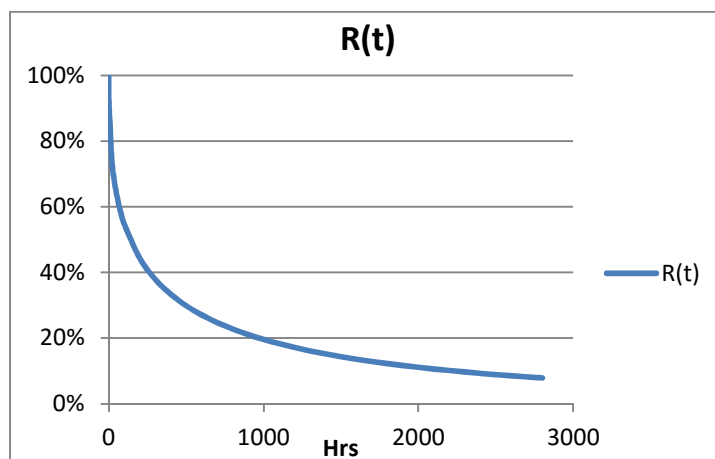


Figura 6.11: curva de confiabilidad para el subsistema Log Pos

Con la curva de confiabilidad se puede decir, por ejemplo, que existe una probabilidad de un 55% de que el subsistema no falle en el transcurso de 100 hrs, estableciendo el t_0 como el arranque o puesta en servicio del equipo.

Manejar tiempos de este orden para intervenir o monitorear el equipo resulta adecuado, trabajar bajo este tiempo lo único que produce es aumentar los costos de mantenimiento y emplear horas-hombre en cosas improductivas.

En la tabla 6.15 se muestra el modelo utilizado para el cálculo de confiabilidad de cada subsistema.

Tabla 6.15: Modelo de confiabilidad utilizado para subsistemas de la Línea principal de Aserradero

Ubicación técnica	Identificación	Modelo
AA03-020-LP1-SIC001	VISLANDA	Exponencial
AA03-020-LP1-ALI001	LOG POS	Weibull
AA03-020-LP1-SET001	Transp. separador de laterales	Weibull
AA03-020-LP1-CHC002	CHIPPER #2	Weibull
AA03-020-LP1-DET001	Transp. # 2 descarga a clasificación	Exponencial
AA03-020-LP1-TRA008	Rotador de trozos Söderhamns	Exponencial
AA03-020-LP1-CHC001	CHIPPER #1	Weibull
AA03-020-LP1-ALI002	Transp. alimentación a Chipper # 2	Weibull
AA03-020-LP1-SIH001	Sierra huincha Twin	Weibull

6.2.6.-Frecuencia de fallas

Se realiza el análisis a las detenciones por fallas que limiten o generen pérdida de producción asociadas a mantenimiento, descartando otros tipos de detenciones.

Áreas

De las 15 áreas con las que cuenta aserradero Horcones 1 solo 7 presentaron fallas según los criterios utilizados, estas se muestran en la tabla N°...

Tabla 6.16: Frecuencia de fallas periodo 2011- 2015

Áreas	denominación	N° de fallas	Frecuencia de fallas (fallas/mes)	% N° de fallas	% acumulado
020	Aserradero	2585	47,87	54%	54%
025	Secado	1320	24,44	28%	82%
026	Cepillado	524	9,70	11%	93%
022	Reaserrio	252	4,67	5%	98%
015	Planta de trozados	82	1,52	2%	100%
011	Taller de afilado	5	0,09	0%	100%
084	Sala de compresores	1	0,02	0%	100%
Total		4769			

El 82% de las fallas son producidas por las áreas Aserradero y Secado siendo Aserradero la que representa el mayor porcentaje sobre el total de fallas con una tasa de fallas promedio de 47,87 (fallas/mes) durante el periodo en cuestión.

Se determina revisar si esta situación se repite en periodos más recientes, esto es durante Enero 2014 Hasta Junio 2015, obteniendo los siguientes valores mostrados en la tabla 6.17

Tabla 6.17: Frecuencia de fallas periodo 2014 –2015

Áreas	denominación	N° de fallas	Frecuencia de fallas (fallas/mes)	% N° de fallas	% acumulado
020	Aserradero	1200	66,67	54%	54%
025	Secado	641	35,61	29%	83%
026	Cepillado	229	12,72	10%	93%
022	Reaserrio	80	4,44	4%	96%
015	Planta de trozados	78	4,33	4%	100%
011	Taller de afilado	0	0,00	0%	100%
084	Sala de compresores	0	0,00	0%	100%
Total		2228			

Para los últimos 18 meses Aserradero sigue siendo el área más crítica con una frecuencia de fallas mayor al periodo anterior, esta es de 66,67 (fallas/mes).

Sistemas

El sistema que resulta con la frecuencia de fallas más alta para el periodo completo de evaluación es la Línea principal de Aserradero con una media de 15,44 (fallas/mes), para el periodo comprendido entre Enero del 2014 hasta Junio del 2015 el valor obtenido es de 22,5 (fallas/mes), en la figura 6.12 se observa la evolución de la tendencia de las fallas y los periodos donde ocurren estos cambios.

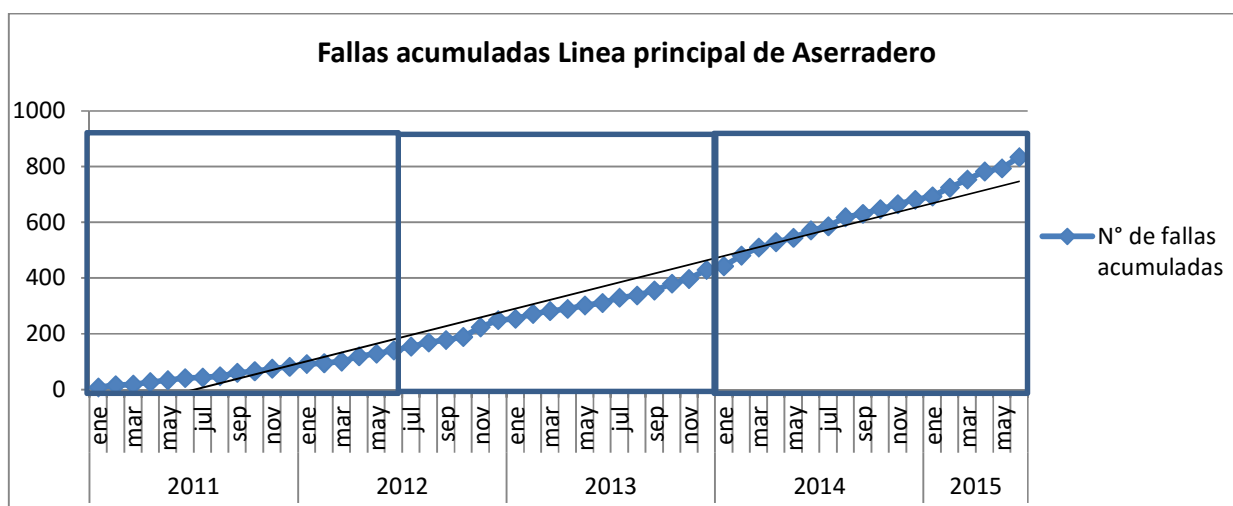


Figura 6.12: acumulado de fallas para la línea principal de aserradero periodo 2011-2015

Durante el primer periodo comprendido entre Enero del 2011 hasta Junio del 2012 la sumatoria de fallas tendieron a conservar un ritmo de aparición inferior a la tendencia, durante el segundo periodo comprendido entre Julio de 2012 hasta Diciembre del 2013 se observa un incremento en la frecuencia representado por el aumento en la pendiente, en el tercer y más reciente periodo el aumento se vuelve más evidente ocurriendo casi la mitad del total de las fallas.

De acuerdo a lo averiguado en terreno, el aumento significativo en la frecuencia de fallas no es debido a la aparición de más fallas sino que responde a cambios realizados en la gestión de la mantención. Uno de estos cambios y que determina el indicador en el último tiempo es la concientización en los mantenedores de avisar y tratar las fallas a tiempo, o sea antes de 48 Hrs, evitando que pasen a rechazo y por lo tanto no ser parte de análisis. El siguiente cambio fue el

aumento de planes preventivos durante el año 2013 lo que supone una disminución en el corto y mediano plazo de las fallas que repercuten en la producción.

De manera de evidenciar lo anterior se grafican los datos de frecuencia de fallas desde Enero del año 2014 hasta Junio del 2015.

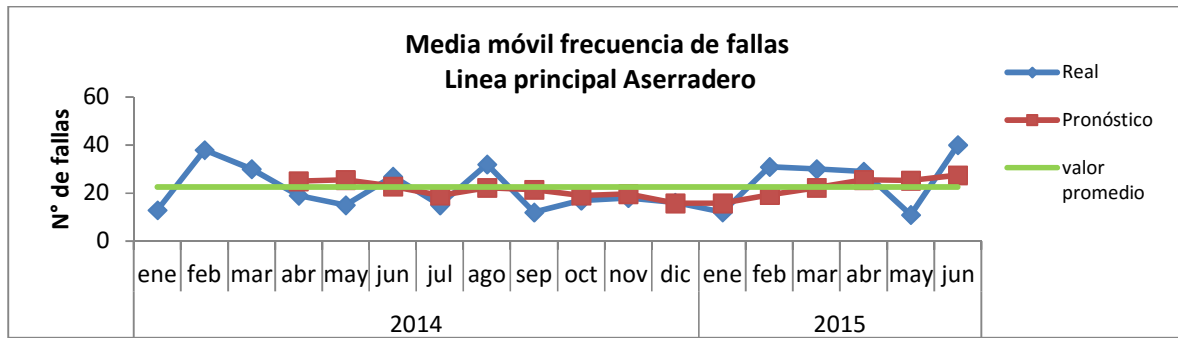


Figura 6.13: frecuencia de fallas Línea principal Aserradero periodo 2014-2015

Según lo graficado en el largo plazo las fallas ocurridas en la Línea principal de Aserradero tienden a mantener un ritmo constante de apariciones por mes.

Subsistemas

De acuerdo a SAP la Línea principal de Aserradero cuenta con 29 subsistemas de los cuales 21 presentaron fallas responsabilidad de mantención. De estos los que obtuvieron una frecuencia más elevada para el periodo completo de estudio fueron “Transportador #2 descarga a clasificación” y “Transportador separador de laterales” con una media de 2 y 1,89 (fallas/mes) respectivamente. Para el escenario más reciente entre el año 2014 y el primer semestre del 2015 los subsistemas que afectan en mayor grado la realización de la función del sistema fueron Chipper #2 con una media de 2,9 (fallas/mes) y el Transportador separador de laterales con 4,33 (fallas/mes). La evolución de las fallas durante el periodo más actual de evaluación se muestra en las figuras 6.14 y 6.15.

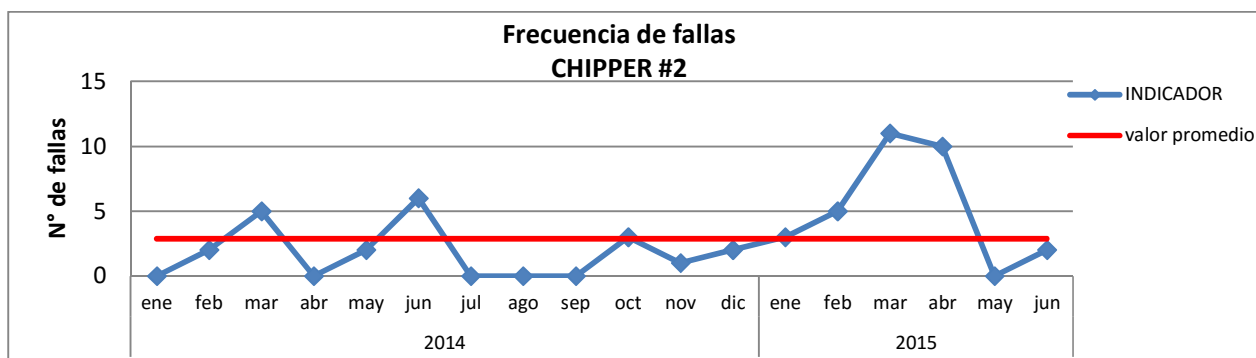


Figura 6.14: frecuencia de fallas subsistema “CHIPPER #2” periodo 2014-2015

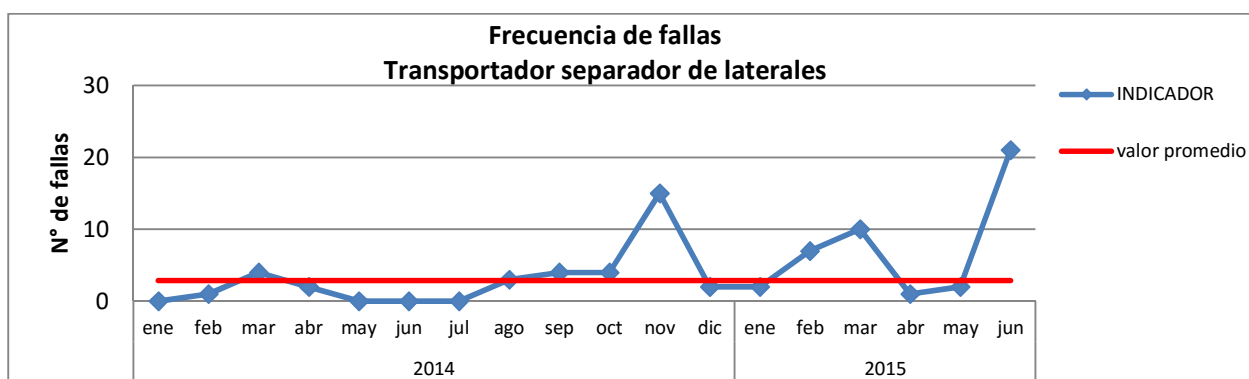


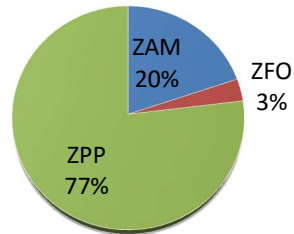
Figura 6.15: frecuencia de fallas subsistema “Transportador separador de laterales” periodo 2014-2015

De acuerdo a los gráficos en la mayor parte del tiempo la ocurrencia de fallas tiende a estar bajo o cercana a la media, muy por sobre este valor están Marzo y Abril del año 2015 en el Chipper #2 y Noviembre del año 2014 y Junio del 2015 para el Transportador separador de laterales.

6.2.7.-OT's emitidas

El número total de OT's emitidas para el periodo de 4 años y 6 meses es de 81702, de acuerdo al tipo de orden se distribuyen según la figura 6.16

Aserradero Horcones 1



Tipo de orden			Total general
ZAM	ZFO	ZPP	
16234	2622	62846	81702

Figura 6.16: N° de OT's emitidas según tipo de orden, Aserradero Horcones 1

Particularmente interesa ver la evolución de las cantidades manejadas por años, el desglose se muestra en la figura 6.17.

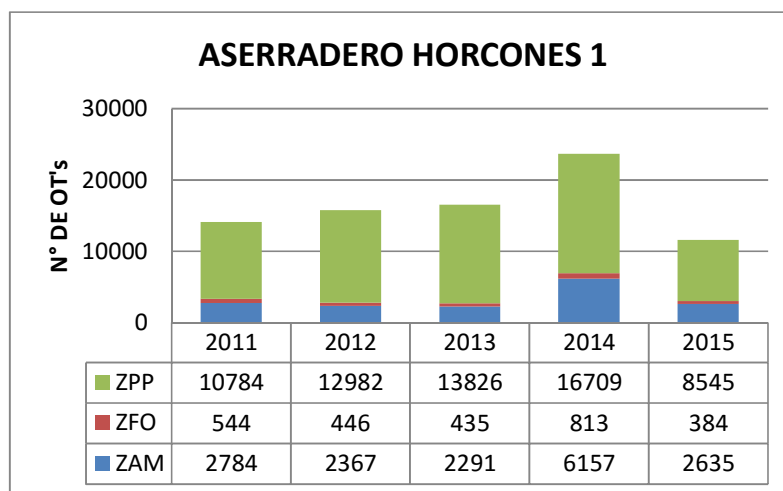


Figura 6.17: evolución por años del N° de OT's emitidas Aserradero Horcones 1

Hasta el año 2013 las órdenes del tipo ZFO y ZAM fueron a la baja y las del tipo ZPP al alza, las mayores variaciones de esta última determinan el aumento en el total anual. En el año 2014 se aprecia un aumento considerable en el número de OT's, la explicación está en la incorporación del área Planta de trozados a Aserraderos, influyendo en el aumento de trabajos, particularmente en los relacionados con el mantenimiento correctivo, aproximadamente 2,68 veces mayor.

Si se realiza la comparativa de los valores totales y porcentuales de mantenimiento correctivo y preventivo sobre el total de este tipo de órdenes se tendría lo siguiente, tabla 6.18.

Tabla 6.18: relación porcentual de ordenes ZPP y ZAM, Aserradero Horcones 1

	2011	2012	2013	2014	2015
Totales	13568	15349	16117	22866	11180
ZPP	79%	84%	85%	73%	75%
ZAM	21%	16%	15%	27%	25%

El número de órdenes de trabajo cada año es mayor y se prevé que esta tendencia se mantenga. La política predominante en esta planta es la de prevenir la fallas, se observa que durante los años 2011 hasta 2013 el mantenimiento preventivo creció en un 6%, en periodos más recientes ha tenido lugar un incremento del mantenimiento a la falla.

Áreas

Con certeza se puede decir que de las 15 áreas que componen la planta, Aserradero es el área donde se realizan la mayor cantidad de trabajos.

Tabla 6.19: distribución de OT emitidas por área

Áreas	OT's emitidas	%	% acumulado
020 ASERRADERO	36966	45%	45%
025 SECADO	13263	16%	61%
015 PLANTA DE TROZADO	10268	13%	74%
026 CEPILLADO	9736	12%	86%
022 REASERRIO	4370	5%	91%
011 TALLER DE AFILADO	3537	4%	96%
030 PLANTA DE AGUA	1204	1%	97%
045 GENERAL PLANTA	957	1%	98%
084 SALA COMPRESORES	676	1%	99%
060 TALLERES DE MANTENCION	590	1%	100%
035 SERVICIOS COMUNES	83	0%	100%
050 ADMINISTRACION	48	0%	100%
040 BODEGA	3	0%	100%
083 DISTRIBUCION ELECTRICA	1	0%	100%
totales	81702	100%	

Prácticamente el 80% de las ordenes emitidas son generadas por aproximadamente el 20% de las áreas, estas son Aserradero, Secado y Planta de trozado.

Área Secado

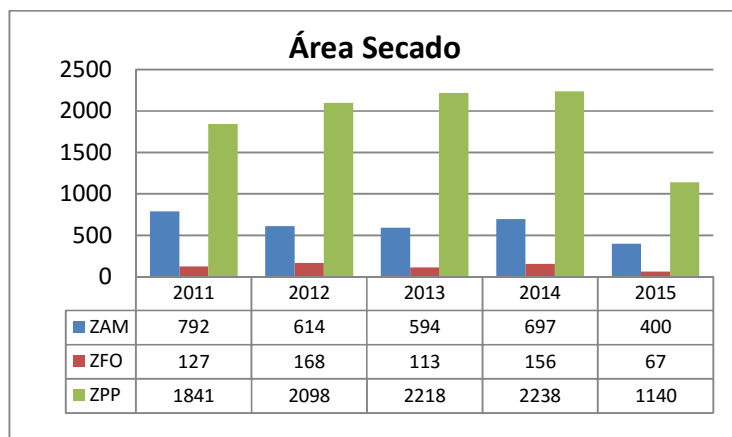


Figura 6.18: Cantidad de OT's emitidas de acuerdo a su tipo, área Secado periodo 2011-2015

Durante los años 2011 hasta 2014 se observa un aumento leve pero sostenido del N° de órdenes preventivas, las de tipo correctivas tuvieron una disminución del 25% entre 2011 y 2013, sin embargo esto termina el año 2014 donde se registra un alza del 17% en relación al año anterior.

Los valores totales y porcentuales de órdenes ZAM y ZPP para evaluar las políticas de mantención durante los distintos años se exponen en la tabla 6.20.

Tabla 6.20: relación porcentual de ordenes ZAM y ZPP, Área Secado

	2011	2012	2013	2014	2015
Totales	2633	2712	2812	2935	1540
ZPP	70%	73%	79%	76%	74%
ZAM	30%	27%	21%	24%	26%

La evolución de la cantidad de órdenes emitidas es permanente, obteniendo un aumento cercano al 4% entre años consecutivos. Para el área analizada la política más empleada es la prevención de fallas, alcanzando su valor más alto el año 2013 equivalente a un 79%, los trabajos

correctivos, si bien durante los 3 primeros años su evolución fue descendente, en el último periodo van al alza, desde el 2013 hasta el primer semestre del 2015 se presenta una variación del 5%.

Análisis comparativo primer semestre años 2014 y 2015.

La diferencia entre el total de órdenes emitidas durante el primer semestre de los años 2014 y 2015 fue de 168 OT's. Los meses con mayor cantidad de ordenes preventivas para el año 2014 son Enero, Abril y Mayo, para el 2015 se incluye Marzo.

El año 2014 los meses donde más se usaron órdenes de mantenimiento correctivo fueron Marzo y Mayo, el 2015 fueron Marzo y Abril.

La tendencia de este indicador para los distintos valores de órdenes, preventivas y correctivas, muestran variaciones al alza, pudiendo observar un patrón cíclico que determina picos en Enero y entre los meses de Marzo y Mayo.

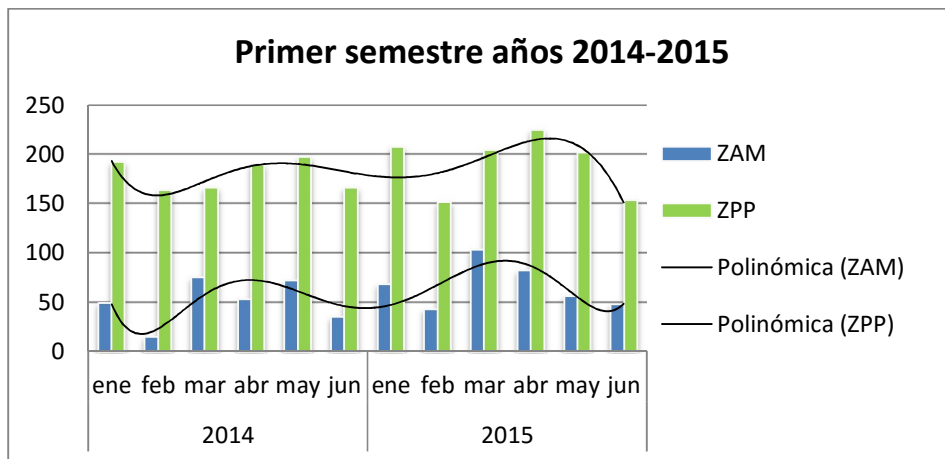


Figura 6.19: Numero de órdenes preventivas y correctivas durante el primer semestre de los años 2014 y 2015

Los valores porcentuales para evaluar las políticas de mantención durante los distintos meses se exponen en la tabla 6.21.

Tabla 6.21: relación porcentual ordenes ZAM y ZPP primer semestre años 2014 – 2015, Área Secado.

	2014						2015					
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
Totales	214	178	241	242	269	201	275	194	307	306	257	201
ZPP	80%	92%	69%	78%	73%	83%	75%	78%	66%	73%	78%	76%
ZAM	20%	8%	31%	22%	27%	17%	25%	22%	34%	27%	22%	24%

Para el periodo de análisis destacan Febrero como el mes más preventivo y Marzo como el más correctivo.

Claramente una política preventiva fue más usada en el primer semestre del año 2014 con una media de 79%.

6.2.8.-Costo de mantenimiento por unidad de producción

Los valores obtenidos en la tabla 6.22 muestran el valor promedio del indicador para las 4 áreas productivas de la planta durante los años 2013 hasta 2015 debido a la disponibilidad de datos entregados por personal de planta.

Tabla 6.22: promedio anual de costo de mantención por unidades producidas de áreas productivas

Costo de mantenimiento/unidad de producción (USD/m3)	2013	2014	2015
Área Aserradero	2,21	3,08	4,11
Área Secado	1,37	1,85	1,93
Área Cepillado	0,93	1,00	0,85
Área Clasificado	0,56	0,89	0,97

Se observa el incremento del valor del indicador durante el año 2014 para todas las áreas, la que ve más abultada esta diferencia es el área Clasificado con un incremento de un 59%, seguida por Aserradero con un 39% y Secado con un 35%.

De acuerdo a lo promediado para el primer semestre del año 2015 se prevé la misma tendencia en las áreas Aserradero, Secado y Clasificado al terminar el año.

En definitiva en las áreas donde más recursos de mantención se utilizan por m³ producido son Aserradero y Secado.

Área Aserradero

De manera de ver con más detalle lo sucedido en el área, se presenta en la figura 6.20 el comportamiento del indicador de manera mensual, estableciendo 3 periodos de tiempo que muestran las alzas en su evolución.

Durante Enero hasta Octubre del año 2013 el indicador se mantuvo constante con una media de 2,08 (USD/m³), ya en Noviembre hasta Octubre del año 2014 se presentan valores superiores, estos fluctúan entre los 2,55 y los 3,5 (USD/m³) la media fue de 2,89 (USD/m³) un 39% superior al periodo anterior. Finalmente se tiene lo sucedido entre Noviembre y Junio del 2015, acá las variaciones resultan mayores con valores superiores a los 3,5 (USD/m³), con un máximo de 5,8 ocurrido en Mayo del presente año. La media para el último periodo resulto de 4,08 (USD/m³), un 41% superior al periodo anterior.

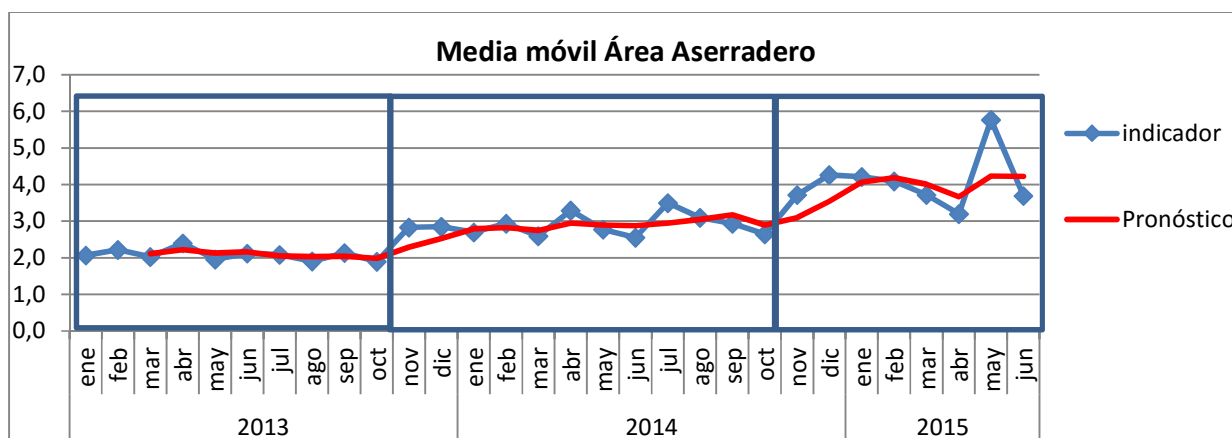


Figura 6.20: Evolución del costo de mantención por unidad de producción en área Aserradero periodo 2013-2015

El costo de mantención y la producción determinan el indicador, sin embargo no afectan de la misma manera sobre el resultado, la figura 6.21 revela cuál de estas genera el mayor impacto.

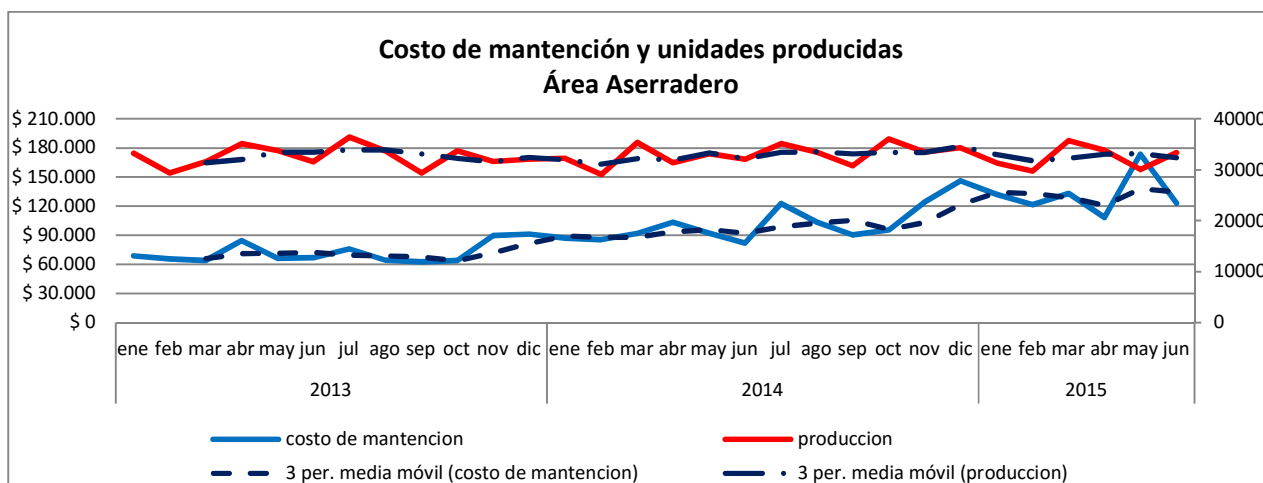


Figura 6.21: Evolución de los costos de mantención y unidades producidas en área Aserradero periodo 2013-2015

Es posible establecer una relación entre el valor del indicador y el costo de mantención ya que ambos presentaron un comportamiento similar durante el periodo de estudio, la producción tiende a mantenerse constante con una media de 32.739,72 m³.

Los costos más significativos para mantención están en las mantenciones correctivas y preventivas, casi la totalidad de los gastos son sobre este tipo de trabajos, las tabla 6.23 y 6.24 muestran los costos de mantención y los gastos para cada tipo de mantenimiento durante los años de análisis.

Tabla 6.23: costos de mantención

Aserradero	2013	2014	2015
Costo de mantención	\$ 863.699,71	\$ 1.224.372,72	\$ 791.286,29
Valor promedio mensual	\$ 71.974,98	\$ 102.031,06	\$ 131.881,05

Tabla 6.24: costos de mantenciones preventivas y correctivas

Aserradero	2013	2014	2015
correctivo	\$ 244.206,20	\$ 424.993,67	\$ 269.700,77
preventivo	\$ 526.517,66	\$ 681.337,48	\$ 349.486,16

De acuerdo a la información obtenida de la tabla 6.23 se puede apreciar el aumento de un 42% en los costos de mantención durante el año 2014 y se estima que suceda lo mismo el año 2015 de acuerdo a su valor promedio.

Los mayores gastos son incurridos en mantenimientos preventivos, sin embargo la variación más alta resulta en los costos asociados a mantenimiento correctivo con un incremento del 74%, los trabajos preventivos aumentaron en un 29% entre 2013 y 2014.

6.3.- REMANUFACTURA HORCONES

6.3.1.-Consideraciones

Disponibilidad: la repercusión más recurrente es la 2, esto es debido a que varios procesos ocupados funcionan con más de un equipo que cumple el mismo objetivo, esto se traduce en que si falla alguno el proceso no se detiene, sino que el área ve limitada su capacidad de producción.

TMEF: El TMEF de las áreas de Remanufactura es calculado para el grupo de equipos que la componen.

6.3.2.-Disponibilidad

De acuerdo a los datos recopilados en terreno relativos a los tiempos planificados de operación de los activos, se pudo obtener los valores de Disponibilidad de los procesos productivos más importantes de la planta que en definitiva son las áreas Selectiva, Trozado, Finger, Molduras, Pintado de Molduras y Escuadrado.

La tabla 6.25 muestra los valores promedio de Disponibilidad de las áreas para el periodo completo de estudio, esto con la finalidad de comparar evoluciones de desempeño y determinar el área con mayor oportunidad de mejora.

Tabla 6.25: Promedio anual de Disponibilidad por áreas, Remanufactura Horcones

Áreas	2011	2012	2013	2014	2015
Área Selectiva	83,3%	79,4%	77,9%	78,5%	79,6%
Área Trozado	94,6%	95,2%	95,7%	96,3%	95,5%
Área Finger	80,2%	81,3%	80,2%	79,6%	80,4%
Área Molduras	80,0%	82,6%	81,9%	80,5%	81,5%
Área Pintado molduras	86,1%	90,8%	88,5%	82,5%	86,7%
Área Escuadrado	94,8%	94,2%	92,2%	91,7%	93,1%

En general la Disponibilidad de las áreas tiende a mantenerse durante los años, las variaciones resultan ser cíclicas, la diferencia más elocuente se encuentra en el área de pintado molduras entre el año 2013 y 2014 pasando de un 88,5 a un 82,5%, para lo demás las diferencias no superan los 5 puntos porcentuales entre un año y otro.

Para el primer semestre del 2015 se observa una alta disponibilidad en las áreas de Trozado y Escuadrado, estas por sobre el 90%, esto quiere decir, por ejemplo, que el área estuvo funcionando en promedio 90 de 100 Hrs planificadas de operación.

Caso contrario es lo que ocurre con Selectiva y Finger, estas áreas son las más bajas en cuanto al indicador, sin embargo sus valores son aceptables.

Aumento de la Disponibilidad

La Disponibilidad está condicionada por la confiabilidad representada por el número de fallas y por la mantenibilidad determinada por el tiempo utilizado en reparar los equipos, el incremento en los tiempos entre fallas y/o la disminución de los tiempos de reparación determinan el aumento de la Disponibilidad. Según los datos obtenidos los mayores problemas para las áreas de Remanufactura están en la alta frecuencia de intervenciones durante los tiempos planificados de operación, obteniendo por lo tanto una baja confiabilidad.

Para el escenario más actual, se obtiene el valor promedio de los tiempos medios de reparación y fallo los que se exponen en la tabla 6.26.

Tabla 6.26: promedios de los TMEF y TPPR para las áreas productivas periodo 2014 - 2015

Áreas	Enero 2014 - Junio 2015	
	TPPR	TMEF
Área Selectiva	0,46	1,67
Área Trozado	0,23	5,89
Área Finger	0,31	1,25
Área Molduras	0,57	2,56
Área Pintado molduras	0,53	2,70
Área Escuadrado	0,56	6,81

El TPPR oscila entre las 0,23 hrs (13,8 min) y 0,57 hrs (34,2 min), para el TMEF los valores extremos son 1,25 hrs (75 min) y 6,81 hrs (408,2 min).

Se puede generalizar indicando que en último tiempo las áreas de Remanufactura presentan una buena mantenibilidad, sin embargo los tiempos entre intervenciones a los equipos son muy bajos, sin lugar a dudas lo que hay que mejorar para incrementar la Disponibilidad es la confiabilidad.

Área Finger

Es una de las 2 áreas con menor disponibilidad de la planta, está compuesta por 4 máquinas Finger las cuales definen su indicador de Disponibilidad.

Las sumatoria de sus intervenciones, tiempos planificados y tiempos de reparación determinan el indicador.

Su valor más bajo durante estos 4,5 años de estudio fue en Octubre del 2011 con un 73,4% de Disponibilidad, el valor más alto se consiguió en Enero del 2012 con un 84,3%.

Debido al cambio de máquinas ocurrido en esta área, el valor histórico de Disponibilidad queda determinado por los últimos 18 meses de operación igual a un 80,1%

A continuación se realiza el ejercicio de simular distintos escenarios para los TMEF del área Finger de manera tal de poder mostrar el impacto que genera en el valor de Disponibilidad.

Tabla 6.27: Disponibilidad para distintos valores de TMEF

TPPR	TMEF	Disponibilidad
0,31	1,25	80,1%
0,31	2,5	89,0%
0,31	5	94,2%
0,31	10	97,0%
0,31	20	98,5%
0,31	40	99,2%

Se evidencia que para valores bajos de TMEF, es suficiente que este se duplique para lograr 9 puntos porcentuales de incremento en la disponibilidad, en cambio un aumento de 8 veces (de 5 a 40 Hrs) solo logra pasar de 94,2 a 99,2% incrementando un 4% la Disponibilidad.

Caso ficticio

Para develar el impacto que generaría la disminución de las detenciones en la Disponibilidad, tanto del área como de los sistemas se realiza el siguiente ejercicio.

Se determina disminuir en un 20% la cantidad de intervenciones en cada equipo del área Finger, el valor de cálculo es la cantidad promedio de los últimos 18 meses de evaluación.

Se considera además como constantes los tiempos promedios obtenidos para TPPR y tiempos planificados de operación para igual periodo de tiempo. La tabla 6.28 muestra los valores considerados y los resultados obtenidos.

Tabla 6.28: Repercusión de la disminución de un 20% de intervenciones en el aumento de Disponibilidad, sistemas y área Finger.

	Sistemas				Área
	Finger industrial 4000	Finger Grecon HS 120	Finger Grecon HS 180	Finger Grecon HS 200	Finger
TPPR (hrs)	0,38	0,27	0,27	0,34	0,31
tiempos planificados (hrs)	140,63	473,63	477,63	476,77	1568,66
N° de fallas	47	335	443	365	1190
TMEF (hrs)	2,99	1,41	1,08	1,31	1,32
Disponibilidad	89%	84%	80%	79%	81%
N° de fallas (20% menos)	38	268	354,4	292	952
TMEF_2 (hrs)	3,70	1,77	1,35	1,63	1,65
Disponibilidad_2	91%	87%	83%	83%	84%

La disminución de las fallas trae los mayores beneficios en los sistemas con más baja disponibilidad, aumentando un 3% en las maquinas Finger Grecon HS 120 y HS 180, 4% en la Finger Grecon HS 200 y un 2% en la Finger industrial 4000.

La crecida de la Disponibilidad de los sistemas repercute en la Disponibilidad del área, de manera que ésta mejora en 3% su indicador.

Determinar cuáles son las fallas más recurrentes, permite orientar la gestión hacia los eslabones más débiles que limitan la continuidad del funcionamiento de los equipos, la tabla 6.29 y la figura 6.22 muestra la distribución de las fallas de acuerdo al puesto de trabajo responsable.

Tabla 6.29: N° de fallas por puesto de trabajo responsable, área Finger

Puesto de trabajo responsable	N° de fallas
Mantenimiento mecánica	780
Mantenimiento eléctrica	258
Operaciones	12841
Propias del proceso	6603
Externas del proceso	958
Total	21440

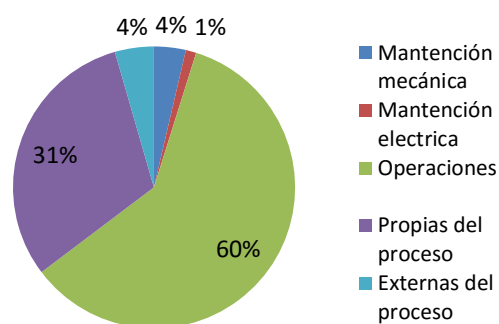


Figura 6.22: % de fallas por puesto de trabajo responsable, área Finger

Se aprecia que un 60% de las fallas que limitan la producción y por ende la disponibilidad de los equipos del área Finger son ocasionadas por fallas operacionales, en menor medida y con solo un 5% son fallas responsabilidad de mantenimiento, ciertamente la mayores oportunidades de mejora en el desempeño de los activos están en aumentar la confiabilidad operacional.

Las fallas más frecuentes debido a la operación de las maquinas son:

- Falta de madera
- Falta de limpieza
- Peine / rodillo encolador tapado
- Guía desregulada
- Falla Operacional

6.3.3.-TMEF

Áreas

Los TMEF de las distintas áreas de Remanufactura resultan ser variados, se puede revisar de las tablas del indicador tiempos promedios altos o inexistentes debido a que no se intervino o hubo pocas fallas en los equipo, mayormente en áreas que no influyen directamente sobre la producción.

En la tabla 6.30 quedan de manifiesto estas diferencias, en ella se muestran los TMEF del último semestre del periodo en estudio de las áreas Mantenición, Distribución de energía y Selectiva.

Tabla 6.30: diferencias de TMEF en áreas de Remanufactura Horcones.

TMEF (hrs)		2015					
áreas	denominación	ene	feb	mar	abr	may	jun
060	Área Mantenición	149	336	744		372	360
070	Área Distribución de energía	744	672				
076	Área Selectiva	53,1	23,2	25,7	55,4	41,3	80

Reconocer el tipo y las funciones de los equipos de estas áreas permite tener una primera aproximación del porqué de estos tiempos.

En el área Selectiva se presentan más fallas debido al constante funcionamiento de sus equipos, los componentes del área Distribución eléctrica tienen una tasa de fallas muy baja debido a la naturaleza eléctrica de estos y en el área Mantenición la utilización de esmeriles, máquinas de soldar, por nombrar algunos equipos, es eventual y de un tiempo acotado.

Las áreas intervenidas constantemente son: Servicios comunes, Selectiva, Trozado, Finger, Molduras, Pintado molduras y Escuadrado.

La tabla 6.31 muestra los tiempos promedio de TMEF de las áreas antes mencionadas para los distintos años de evaluación.

Tabla 6.31: Promedios anuales de TMEF de áreas constantemente intervenidas

áreas	denominación	2011	2012	2013	2014	2015
035	Área de Servicios comunes	114,9	208,4	137,1	220,8	422,2
076	Área Selectiva	76,6	95,4	60,9	62,0	46,4
077	Área Trozado	13,4	17,3	12,1	13,9	10,7
078	Área Finger	14,7	11,8	11,1	10,0	9,5
079	Área Molduras	14,8	16,0	19,0	20,9	13,2
097	Área Pintado molduras	58,2	69,2	67,0	146,1	59,0
098	Área Escuadrado	214,5	224,4	290,6	418,6	457,0

Un año de 365 días tiene 8760 horas, si tomamos el promedio del año 2014 del área Escuadrado, pasan aproximadamente 418,6 Hrs para que ocurra la siguiente falla (17 días 10,6 Hrs), para el mismo año el caso más desfavorable fue el área Finger con aproximadamente 10 Hrs, lo que equivale a prácticamente 1 intervención por turno.

Otra forma de utilizar el TMEF es para estimar el número de fallas que ocurrirán en cierto periodo de tiempo determinadas por la ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de fallas} = \frac{T}{TMEF} \quad ; \quad \text{Donde: } T = \text{periodo de tiempo a estimar}$$

Por ejemplo si tomamos el TMEF del año 2015 del área Molduras, donde T son las horas de los primeros 6 meses del año, el número de fallas estimado para el segundo semestre será:

$$N^{\circ} \text{ de fallas} = \frac{4344 \text{ hrs}}{13,2 \text{ hrs}} = 329,09 \approx 329 \text{ fallas}$$

Sistemas

El área Trozados, que resulta ser la segunda con los TMEF más bajos, cuenta con 7 sistemas de los cuales los que resultan críticos son Trozado optimizado línea N°1 y N°2.

De estos 2 sistemas se tiene registro de fallas desde el mes de Diciembre del año 2011, durante el último año y medio el equipo que registra el indicador más bajo es Trozado optimizado línea N°1 con 37,7 Hrs.

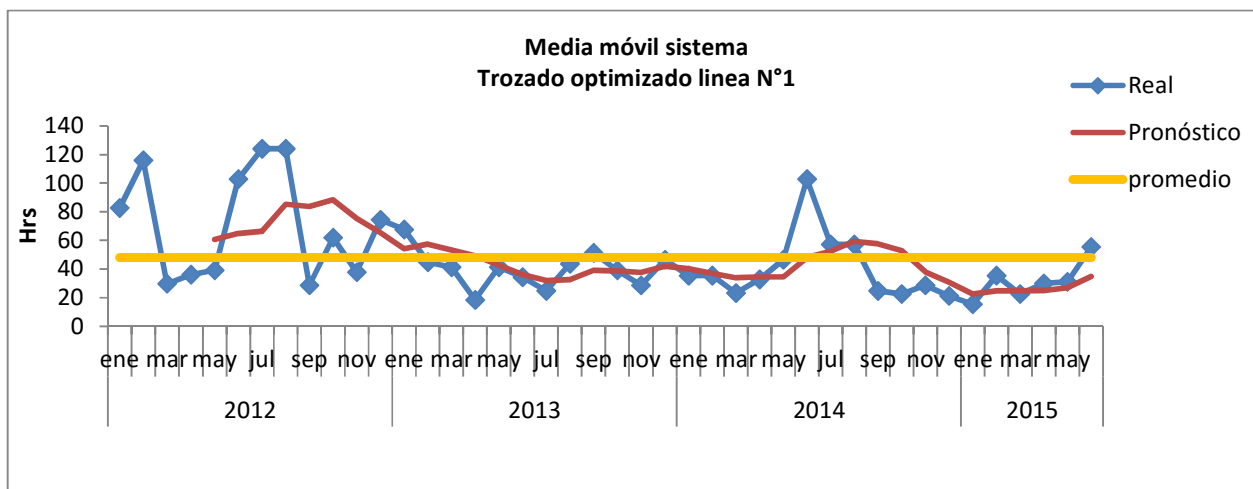


Figura 6.23: evolución TMEF del sistema Trozado optimizado línea N°1 periodo 2012-2015

Se utiliza la media móvil para suavizar las fluctuaciones y determinar de mejor forma la tendencia del indicador observando que este tiende a la baja, si bien en el año 2012 se tuvo varios meses por sobre la media (48 Hrs), a partir del año 2013 estos acontecimientos son muy escasos, sobre el promedio están los meses de junio 2014 y 2015.

Subsistemas

Durante el periodo de evaluación los 20 subsistemas del sistema Trozado optimizado línea N°1 presentaron alguna intervención. En mayor medida los subsistemas que tienen más fallas y que por lo tanto generan más intervenciones afectando su confiabilidad y la de los niveles superiores, reflejándose en menores TMEF son: el Scanner Luxscan N°1 y el Trozador Opticut N°1.

La figura 6.24 muestra los valores de TMEF mensuales del subsistema Trozador Opticut N°1 para el periodo comprendido entre Enero del 2012 hasta Junio del año 2015.

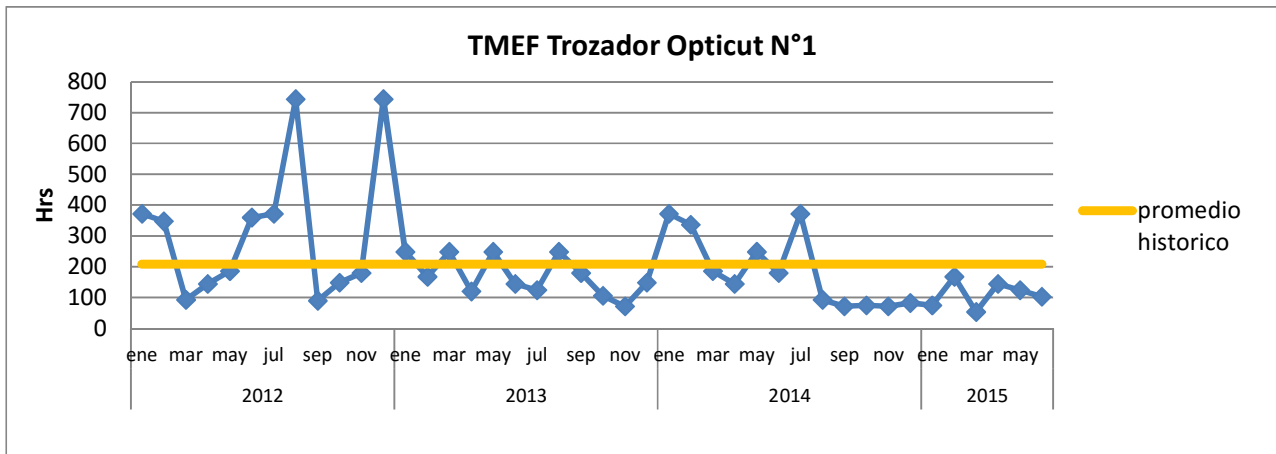


Figura 6.24: TMEF del subsistema Trozador Opticut N°1 periodo 2012-2015

Como la cantidad de fallas resulta ser menor para niveles de subsistemas, las fluctuaciones presentadas en los gráficos son más altas. Para el equipo en cuestión, en el año 2012 se presentan variaciones más extremas que resultan ser atípicos en comparación con lo sucedido durante los otros años donde los valores están más cercanos y próximos a la media de 207,98 Hrs.

Además se puede señalar de acuerdo al gráfico, bajos TMEF durante el último año evaluado, promediando 119,37 Hrs esto debido principalmente a intervenciones de repercusión 1 o sea que no afectan a la producción.

6.3.4.-TPPR

Áreas

De acuerdo a los datos suministrados por el sistema de información, específicamente de las detenciones debidas a mantención, se puede obtener los valores del indicador de manera global, esto es, sin el detalle de las actividades previas o posteriores a la ejecución de la mantención como son búsqueda de repuestos, bloqueo de máquinas, gestión de permisos etc..., esto con el objeto de visualizar los tiempos utilizados en la reposición de la función de los equipos de las distintas áreas de remanufactura.

En la tabla 6.32 se muestran los TPPR para cada año del periodo de estudio, de manera de poder ver cuales áreas resultan con el indicador más alto, lo que quiere decir que en comparación con las demás presentan una baja mantenibilidad.

Las áreas de Administración y Distribución de energía presentan promedios altos, la primera durante el año 2012 y la segunda el 2011, sin embargo la ocurrencia de fallas no es muy habitual por lo mismo no es extraño que durante el primer semestre del año 2015 no se registren eventos, cabe destacar que estos valores no responden a una constante en su desempeño, ya que para los demás años sus promedios son más bajos.

Para las áreas que presentan pocas fallas pero TPPR altos, una primera categorización sería agruparlas como áreas de fallas agudas, o sea, no se presentan con mucha frecuencia pero cuando aparecen son complejas de reparar.

De las 6 áreas que simbolizan los procesos más importantes para la producción, la que registra el valor de TPPR más alto es Selectiva, la cual durante el año 2012 registro un tiempo promedio de 1,29 hrs (77,4 min) en reparar los equipos, el valor más bajo lo consiguió Trozado durante el año 2014 con un tiempo promedio de 0,66 hrs (39,6 min).

Tabla 6.32: promedio anual de TPPR por áreas

Áreas	Denominación	2011	2012	2013	2014	2015
035	Área de Servicios comunes	0,85	1,00	0,94	0,75	0,72
045	Área General planta	1,06	1,51	1,62	0,91	1,18
050	Área Administración	0,90	2,04	0,84	0,41	
055	Área Empaquetado	0,26	0,75	0,90	0,78	0,09
060	Área Mantenición	0,98	0,81	0,69	0,74	0,29
070	Área Distribución de energía	2,03	1,55	1,25	1,50	
076	Área Selectiva	0,89	1,29	0,92	0,81	0,92
077	Área Trozado	0,97	1,17	1,00	0,66	0,69
078	Área Finger	0,83	0,98	1,04	0,70	0,80
079	Área Molduras	0,92	1,05	0,98	0,98	0,89
082	Área Protección incendios	1,00	1,17	1,62	1,22	
084	Área Extracción - aire comprimido	1,01	1,40	1,54	1,28	1,47
097	Área Pintado molduras	1,17	1,19	0,89	0,90	0,86
098	Área Escuadrado	1,03	0,87	0,92	0,98	0,70

La figura 6.25 muestra la evolución de los TPPR de las áreas productivas existiendo claramente una disminución en los últimos años de los tiempos involucrados en el proceso de mantención.

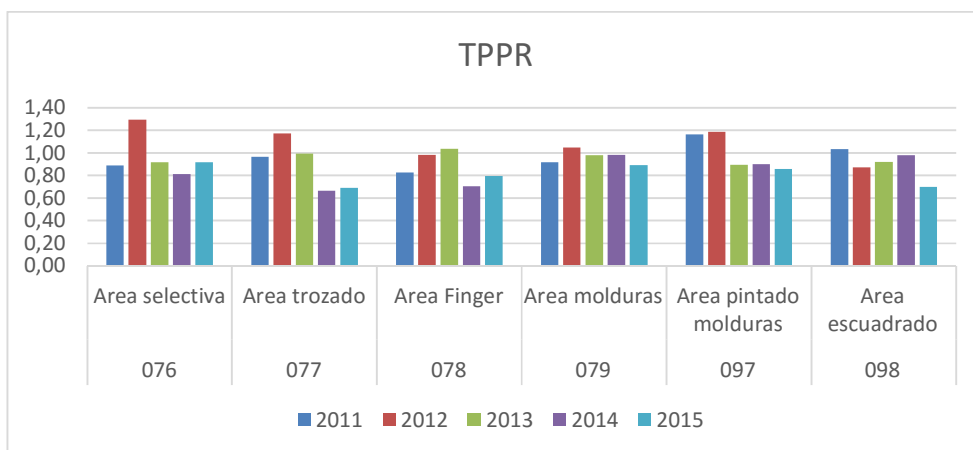


Figura 6.25: TPPR anuales de áreas productivas Remanufactura Horcones

De acuerdo a los datos manejados, para el último periodo de tiempo comprendido entre Enero del año 2014 y Junio del 2015, el área con el promedio más alto es Molduras, con un TPPR de 0,95 hrs (57 min), de manera que el análisis de sistemas se realiza para esta área.

Sistemas

Si bien el indicador del área Molduras está definido principalmente por sus 6 moldureras las cuales son constantemente intervenidas, existen también sistemas que no registran muchas fallas, inclusive hay meses sin mantención, pero que al conseguir el valor promedio muestran tiempos altos de reparación.

Este es el caso de la Huincha Mit 1, sistema que para el periodo de estudio falló en 35 de un total de 54 meses, presentó 66 fallas y promedió 1,43 hrs para reparar.

Para revisar la realidad de las moldureras se evalúa sus TPPR en dos escenarios, tabla 6.33, uno durante todo el periodo de estudio y otro para los últimos 18 meses comprendidos entre Enero del año 2014 y Junio del 2015.

Tabla 6.33: TPPR de moldureras periodos 2011 – 2015 y 2014 - 2015

Sistemas	Denominación	Enero 2011 - Junio 2015	Enero 2014 - Junio 2015
AR01-079-MO1	MOLDURERA 22 (B)	0,96	0,91
AR01-079-MO2	MOLDURERA 22 (A)	0,85	0,75
AR01-079-MO3	MOLDURERA 23 (A)	1,23	1,59
AR01-079-MO4	MOLDURERA 23 (B)	1,07	0,88
AR01-079-MO5	MOLDURERA 23 (C)	0,82	0,80
AR01-079-MO6	MOLDURERA LINARES	1,01	0,94

Para ambos periodos de tiempo la Moldurera 23 (A) es la que registra una baja mantenibilidad, presentando, en el escenario más actual, su registro más alto.

En la figura 6.26 se muestra el TPPR de manera mensual para el sistema antes mencionado. De acuerdo a los valores se tiene que estos tienden a mantenerse con lo que se puede proyectar una constante en sus tiempos de reparación. Esto queda demostrado por la ecuación de regresión lineal de baja pendiente, casi asintótica con el eje horizontal.

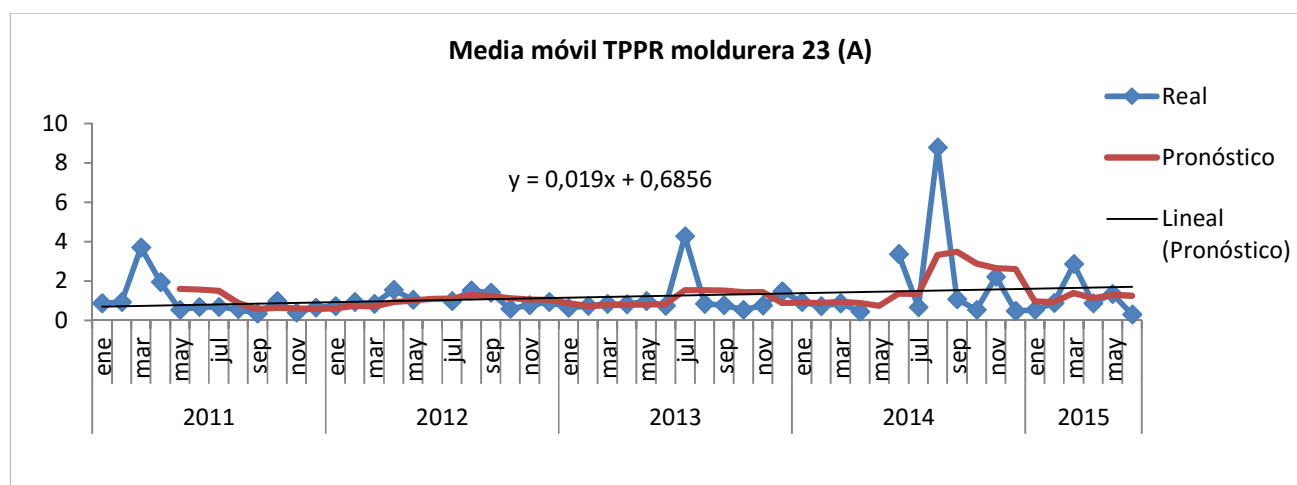


Figura 6.26: TPPR sistema Moldurera 23 (A) periodo 2011-2015

Subsistemas

De los 8 subsistemas que componen a la Moldurera 23 (A), 7 presentaron fallas y por ende un tiempo asociado de reparación. Sin embargo los componentes que mostraron los mayores TPPR

y que también resultan ser los más intervenidos son: Mesa de alimentación 23 c (A) y Moldurera 23 C (A).

Ya en este nivel las frecuencias de fallas resultan menores, no así los TPPR. Según los resultados obtenidos de forma mensual para el subsistema Moldurera 23 C (A), durante el mes de Agosto del año 2014 se registra un TPPR de 24,16 hrs, obtenido principalmente a causa del cambio de una correa debido a su desgaste, esta operación tomo 48,31 hrs (aproximadamente 2 días).

La tabla 6.34 muestra los TPPR para los puestos de trabajo mecánico y eléctrico con el objeto de apreciar tiempos aproximados de resolución para las fallas del subsistema antes visto.

Tabla 6.34: Media anual de TPPR mecánico y eléctrico para subsistema Moldurera 23 C (A)

Subsistema	Pto.tbjo.resp.	2011	2012	2013	2014	2015
moldurera 23 C (A)	mecánico	1,52	1,18	1,15	3,09	1,19
	eléctrico	0,83	0,67	0,67	1,32	1,15

La tabla muestra que en el año 2014 se registra el mayor TPPR para los trabajos de origen mecánico, lo cual a la luz de los valores resulta en un caso atípico, determinado por la falla antes comentada, pudiendo establecer una media con los otros valores de 1,26 hrs.

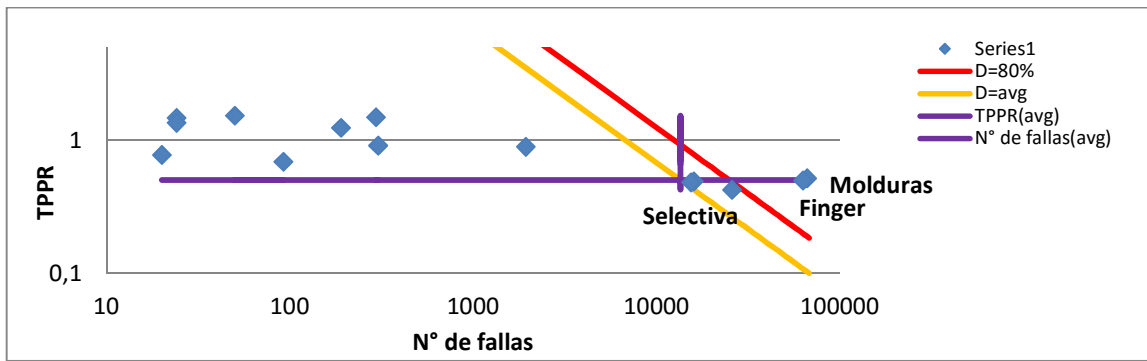
Durante el mismo año se registra el mayor TPPR para trabajos eléctricos, siendo el cambio debido al envejecimiento de un contactor la principal razón, determinando un valor promedio de 0,92 hrs

6.3.5.-Confiabilidad

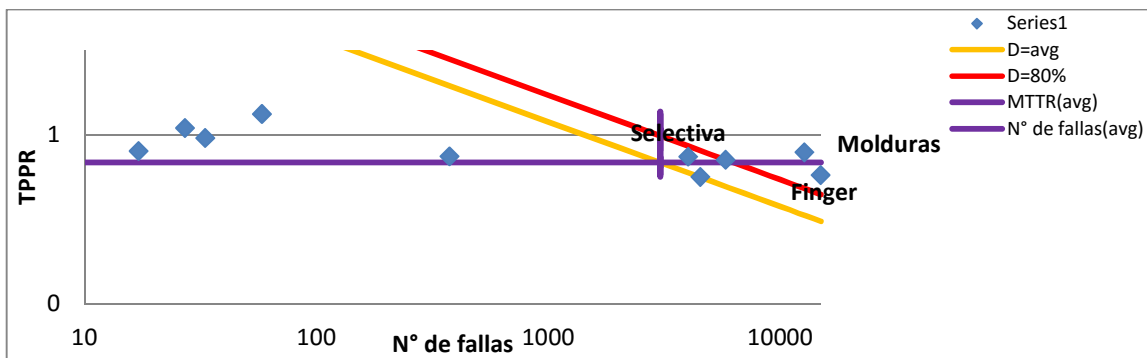
6.3.5.1-Jack knife

6.3.5.1.1.-Áreas

1° periodo (4 años 6 meses)



2° periodo (1 año)



3° periodo (6 meses)

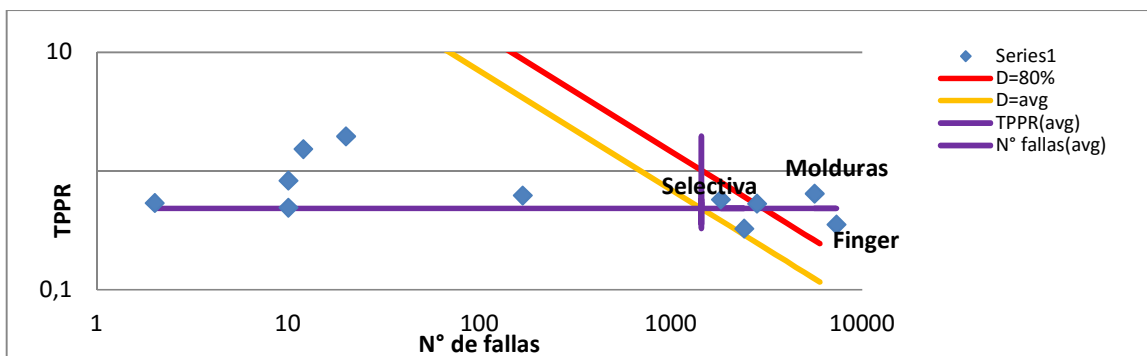


Figura 6.27: Diagramas de Jack Knife para las Áreas de Remanufactura Horcones

De acuerdo a los gráficos podemos señalar lo siguiente:

- El 80% de la indisponibilidad fue generada por las áreas Molduras, Finger y Selectiva.
- La mayor indisponibilidad fue producida por el área de Molduras: 36%, 40% y 37% para el 1°, 2° y 3° periodo respectivamente.
- En cuanto a Confiabilidad, las áreas que presentaron los valores más altos en N° de fallas son Molduras y Finger. En el 1° periodo, Molduras supera levemente a Finger, en cambio en los otros 2 Finger es la que presenta la menor Confiabilidad.
- En los 3 periodos se observa que los mayores problemas están en Mantenibilidad, particularmente el área más compleja en este indicador es Distribución de energía con una media de 1,53 hrs y 1,89 hrs en el 1° y 2° periodo respectivamente, en el 3° no registra fallas.

Conclusiones:

Las áreas más críticas de Remanufactura Horcones son Molduras, Finger y Selectiva.

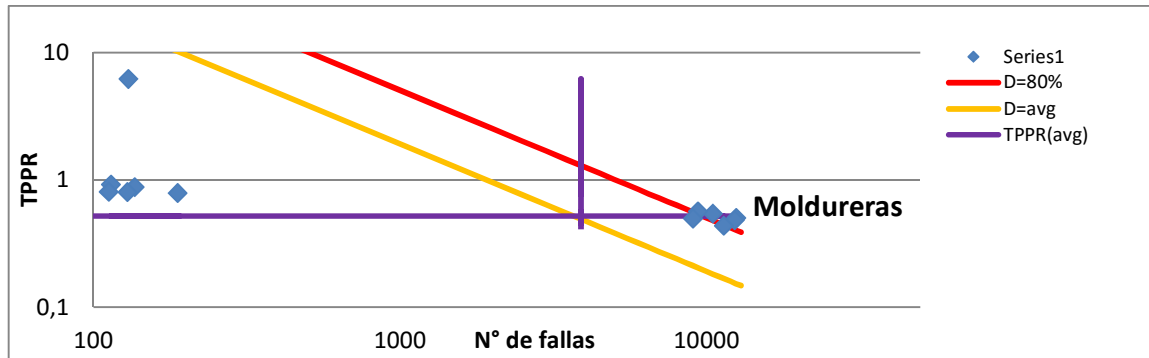
Si bien en el 1° periodo de análisis no se puede caracterizar ninguna área como crónica y aguda, se ve claramente que Molduras y Finger resultan ser las más complejas.

Para el 2° y 3° periodo se destaca la disminución del aporte del área Finger a la indisponibilidad pasando de un 33% a un 25% y 27% en el 2° y 3° periodo respectivamente, resultado de una disminución en su TPPR.

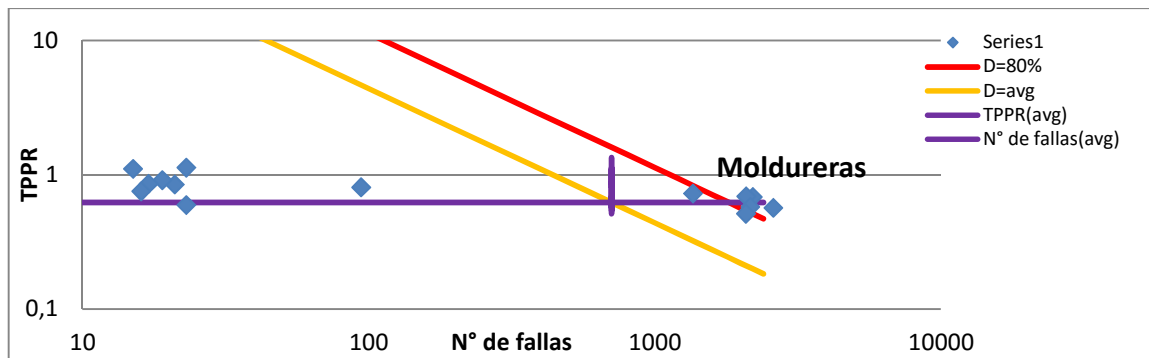
Finalmente el área de Molduras en los periodos más recientes ha visto incrementado su TPPR lo que trajo un aumento en su aporte a la indisponibilidad, se desplaza al cuadrante de agudos y crónicos, ya que sus indicadores están por sobre los límites de Confiabilidad y Mantenibilidad y de esta forma se convierte en el área más crítica de Remanufactura.

6.3.5.1.2.-Sistemas

1° periodo (4 años y 6 meses)



2° periodo (1 año)



3° periodo (6 meses)

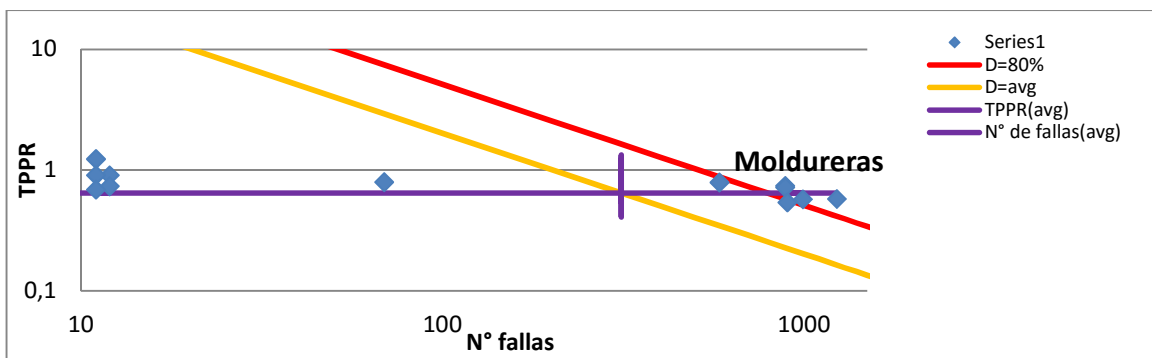


Figura 6.28: Diagramas de Jack Knife para los sistemas del área Molduras

De acuerdo a los gráficos podemos señalar lo siguiente:

- Los sistemas más críticos resultan ser todas las Moldureras que componen el área, cercanas o por sobre los límites de Confiabilidad y Mantenibilidad.
- En promedio un 96% de la indisponibilidad es generada por las Moldureras. Estas son: Moldurera 22(B), Moldurera 23(B), Moldurera 23(A), Moldurera Linares, Moldurera 22(A) y Moldurera 23(C).
- Si se considera el periodo de tiempo más extenso, el sistema que presenta la más baja Confiabilidad fue la Moldurera 23(B), para los demás, es la Moldurera 22(B).
- En cuanto a Mantenibilidad, se observa que es acá donde están las mayores diferencias, el sistema Huincha Mit 1 promedia 6,24 hrs para ser reparada en el 1° periodo, valor que disminuye cuando se consideran periodos más recientes.

Conclusiones:

Si bien se podría seleccionar cualquier moldurera por el bajo desempeño que éstas tienen, se determina que la Moldurera 22(B) es la más crítica durante los últimos meses de evaluación, generando un 20% de indisponibilidad, debido mayormente a su N° de fallas.

Resumen

- Área y sistema crítico en Remanufactura Horcones: Molduras – Moldurera 22(B)

6.3.5.2.-Determinación de equipos

De acuerdo a lo revisado en planta para determinar los componentes que definen el sistema no solo hay que considerar los equipos o subsistemas definidos en SAP como partes del sistema moldurera 22(B) sino que además se deben agregar los pertenecientes a la Sierra Huincha Stenner II la cual corta de forma longitudinal la madera que será tratada en la moldurera. De los 14 subsistemas solo 12 presentaron fallas durante el periodo analizado.

Tabla 6.35: N° de fallas por puesto de trabajo

enero 2011 - junio 2015					Puesto de trabajo responsable					
sistemas	subsistemas	denominación	N° de fallas	%	En blanco	AR01102	AR01202	AR01701	AR01901	AR01902
AR01-079-HU1	AR01-079-HU1-EVA001	Transportador Abatible Salida Stenner II	9	0,1%		5	1	3		
	AR01-079-HU1-MEA001	CINTA ALIMENTADORA	4	0,0%		4				
	AR01-079-HU1-SIE001	Sierra Huincha Stenner II	97	0,9%		70	9	18		
AR01-079-MO1	AR01-079-HU1-TRA001	Transportador Rodillos Salida Stenner II	2	0,0%		2				
	AR01-079-MO1	MOLDURERA 22(B)	9476	86,4%	3	17		6069	2883	507
	AR01-079-MO1-ALI001	Transportador Rodillos Helicoidales	3	0,0%		1		2		
	AR01-079-MO1-MEA001	Mesa Alimentación Weinig Moldurera 22B	119	1,1%		78	8	33		
	AR01-079-MO1-MEA002	unitizador	3	0,0%		2		1		
	AR01-079-MO1-MEA003	mesa clasificación	31	0,3%		17	1	13		
	AR01-079-MO1-MOL001	MOLDURERA 22BL(B)	1189	10,8%	1	431	69	688	1	
	AR01-079-MO1-TDC001	TABLERO CONTROL	13	0,1%			12	1		
	AR01-079-MO1-TRA001	cinta alimentación	13	0,1%		7	1	5		
	AR01-079-MO1-TRA002	cinta de salida	8	0,1%		3		5		
totales			10967	100,00%	4	637	101	6838	2884	507
% puesto de trabajo					0,04%	5,81%	0,92%	62,35%	26,30%	4,62%

Se puede apreciar de la tabla que la mayoría de las fallas fueron ingresadas en el nivel de sistema (86,4%), en la práctica muchas de estas son producto de eventos que suceden en niveles taxonómicos más abajo, perdiendo por lo tanto datos valiosos para realizar análisis de Confiabilidad.

Del total de fallas solo un 5,81% correspondieron a fallas mecánicas y un 0,92% a fallas eléctricas, concentrándose el mayor porcentaje en fallas de operaciones y fallas propias del proceso.

Sin lugar a dudas las mayores oportunidades de mejora en Confiabilidad están en la operación del equipo, fallas ocurridas comúnmente se mencionan a continuación:

- Falta de madera
- Guía desregulada
- Perdida de afilado

Tabla 6.36: N° de fallas por tipo de repercusión

enero 2011 - junio 2015					tipo de repercusión		
Componentes	denominación	N° de fallas	%	% acumulado	1	2	3
AR01-079-MO1-MOL001	MOLDURERA 22BL(B)	1185	85,8%	85,81%	908	274	3
AR01-079-MO1-MEA001	Mesa Alimentación Weinig Moldurera 22B	116	8,4%	94,2%	94	22	
AR01-079-MO1-MEA003	mesa clasificación	30	2,2%	96,4%	30		
AR01-079-MO1-TDC001	TABLERO CONTROL	12	0,9%	97,2%	9	3	
AR01-079-MO1-TRA001	cinta alimentación	12	0,9%	98,1%	12		
AR01-079-HU1-SIE001	Sierra Huincha Stenner II	9	0,7%	98,8%		9	
AR01-079-MO1-TRA002	cinta de salida	8	0,6%	99,3%	7	1	
AR01-079-HU1-EVA001	Transportador Abatible Salida Stenner II	3	0,2%	99,6%			3
AR01-079-MO1-ALI001	Transportador Rodillos Helicoidales	3	0,2%	99,8%	2	1	
AR01-079-MO1-MEA002	unitizador	2	0,1%	99,9%	2		
AR01-079-HU1-MEA001	CINTA ALIMENTADORA	1	0,1%	100,0%			1
totales		1381	100,00%		1064	314	3

De la tabla 6.36 se desprende lo siguiente:

- de 10967 fallas ocurridas en el sistema, solo 1381 son atribuibles a subsistemas.
- De estas 1064 fueron de repercusión 1, asociadas a mantenimiento preventivo.
- Se totalizan 317 fallas que limitaron o detuvieron la producción e implicaron mantenimiento correctivo.

En remanufactura las moldureras funcionan simultáneamente, debido a esto las fallas que detienen a los equipos en horario de producción son imputadas como repercusión 2.

En definitiva los equipos que determinan en mayor grado la Confiabilidad del sistema son: Moldurera 22 BL (B), Mesa de alimentación Weinig moldurera 22(B) y Sierra huincha Stenner II ya que en ellos recayeron 305 de las 317 fallas que afectaron la producción.

6.3.5.3.- Elección del modelo

6.3.5.3.1.-Subsistema Moldurera 22BL (B)

Las gráficas obtenidas por cada modelo se muestran a continuación:

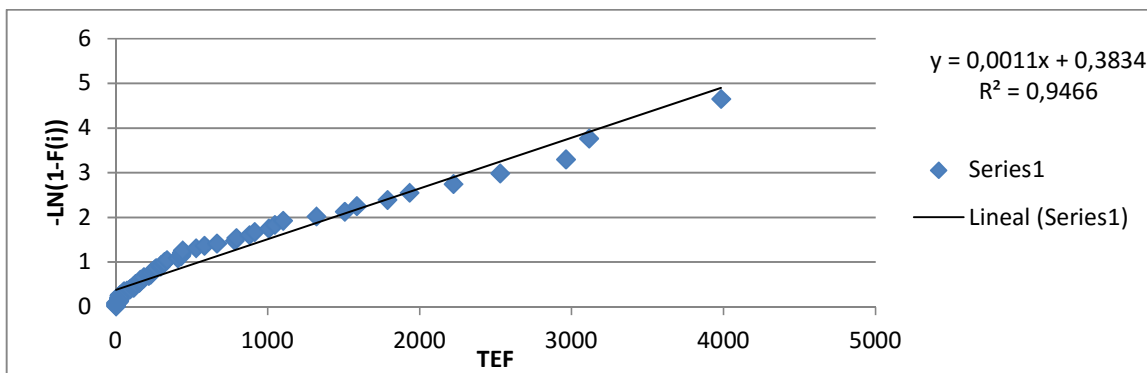


Figura 6.29: distribución de datos mediante modelo exponencial subsistema Moldurera 22 BL(B)

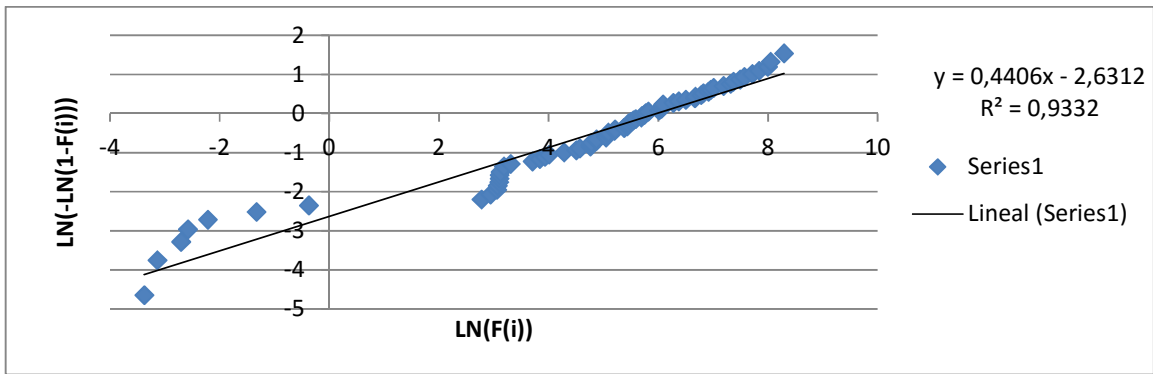


Figura 6.30: distribución de datos mediante modelo weibull subsistema Moldurera 22 BL (B)

En este caso se puede apreciar que el modelo que más se aproxima a una línea recta es el modelo exponencial ($R^2=0,9466$), con él se obtendrán los valores de Confiabilidad.

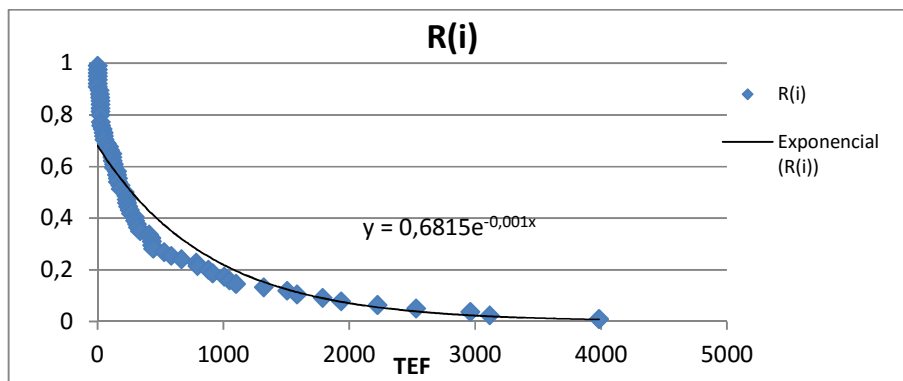


Figura 6.31: Distribución de los datos de TEF para la obtención de la curva de Confiabilidad subsistema Moldurera 22 BL (B)

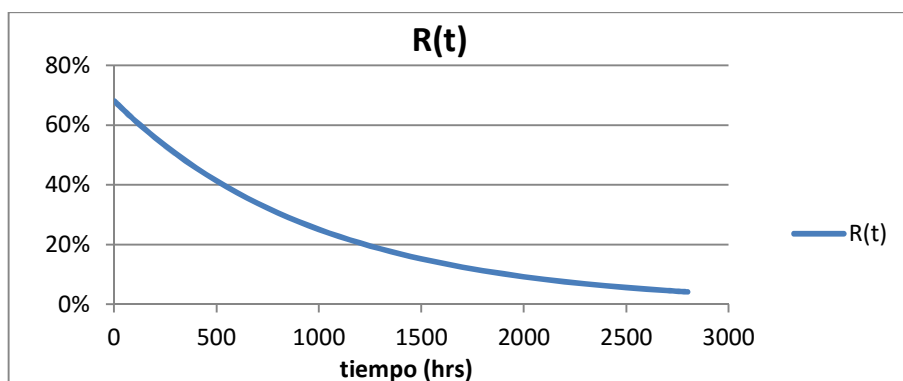


Figura 6.32: curva de Confiabilidad para el subsistema Moldurera 22BL (B)

Para este subsistema se puede decir que existe un 62% de probabilidad de que no falle luego de aproximadamente 100 Hrs de operación.

La tabla 6.37 muestra el modelo utilizado para el cálculo de la confiabilidad de cada subsistema.

Tabla 6.37: Modelo de confiabilidad utilizado para subsistemas

Ubicación técnica	Identificación	Modelo
AR01-079-MO1-MOL001	MOLDURERA 22BL(B)	Exponencial
AR01-079-MO1-MEA001	Mesa Alimentación Weinig Moldurera 22B	Exponencial
AR01-079-HU1-SIE001	Sierra Huincha Stenner II	Weibull

El indicador resulta de gran ayuda cuando se quiere establecer periodos óptimos de mantención preventiva, lo que trae consigo beneficios en los costos involucrados en tales tareas.

Por ejemplo el Subsistema Moldurera 22 BL (B), presenta una confiabilidad aproximada del 62% a las 100 hrs de funcionamiento, manejar tiempos de este orden para intervenir o monitorear el equipo resultan adecuados, trabajar bajo este tiempo lo único que produce es aumentar los costos de mantenimiento y emplear horas-hombre en cosas improductivas.

6.3.6.-Frecuencia de fallas

Se realiza el análisis a las detenciones por fallas que limiten o generen pérdida de producción asociadas a mantención, descartando otros tipos de detenciones.

Áreas

De las 15 áreas que cuenta Remanufactura horcones, 12 presentan fallas según los criterios utilizados, estas se muestran en la tabla 6.38.

Tabla 6.38: frecuencia de fallas periodo 2011- 2015

Áreas	denominación	N° de fallas	Frecuencia de fallas (fallas/mes)	% N° de fallas	% acumulado
078	Área Finger	1567	29,02	51%	51%
077	Área Trozado	629	11,65	20,5%	71,6%
079	Área Molduras	502	9,30	16,4%	88,0%
076	Área Selectiva	223	4,13	7,3%	95,3%
097	Área Pintado Molduras	79	1,46	2,6%	97,9%
035	Área Servicios Comunes	24	0,44	0,8%	98,7%
098	Área Escuadrado	20	0,37	0,7%	99,3%
084	Área Extracción - Aire Comprimido	12	0,22	0,4%	99,7%
045	Área General planta	6	0,11	0,2%	99,9%
055	Área Empaquetado	1	0,02	0,0%	99,9%
070	Área Distribución de energía	1	0,02	0,0%	100,0%
082	Área Protección incendios	1	0,02	0,0%	100,0%
Total		3065			

El 88% de las fallas son producidas por las áreas Molduras, Trozado y Finger siendo esta ultima la que representa el mayor porcentaje sobre el total de fallas con una frecuencia de fallas promedio de 29,02 (fallas/mes) durante el periodo en cuestión.

Se determina revisar si esta situación se repite en periodos más recientes, esto es durante enero 2014 hasta junio 2015, obteniendo los siguientes valores mostrados en la tabla 6.39.

Tabla 6.39: frecuencia de fallas periodo 2014- 2015

Áreas	denominación	N° de fallas	frecuencia de fallas (fallas/mes)	% N° de fallas	% acumulado
078	Área Finger	901	50,06	53%	53%
077	Área Trozado	347	19,28	20,4%	73,5%
079	Área Molduras	265	14,72	15,6%	89,1%
076	Área Selectiva	138	7,67	8,1%	97,2%
097	Área Pintado Molduras	25	1,39	1,5%	98,6%
098	Área Escuadrado	7	0,39	0,4%	99,1%
045	Área General planta	5	0,28	0,3%	99,4%
084	Área Extracción - Aire Comprimido	5	0,28	0,3%	99,6%
035	Área Servicios Comunes	4	0,22	0,2%	99,9%
070	Área Distribución de energía	1	0,06	0,1%	99,9%
082	Área Protección incendios	1	0,06	0,1%	100,0%
055	Área Empaquetado	0	0,00	0,0%	100,0%
Total		1699			

La realidad no es distinta y Finger para los últimos 18 meses sigue siendo el área más crítica con una frecuencia de fallas de 50,06 (fallas/mes).

Sistemas

La situación del área Finger es que durante el año 2013 ocurrió el reemplazo de 2 equipos, es por esto que el análisis se remite solo al tiempo comprendido entre Enero 2014 hasta Junio 2015.

Dentro de los sistemas que componen el área el que resulta con la frecuencia de fallas más alta es la Finger Grecon HS 200 con una media de 17,83 (fallas/mes), el comportamiento en la evolución de la cantidad de fallas se ve claramente cuando se analizan las fallas acumuladas por meses, figura 6.33.

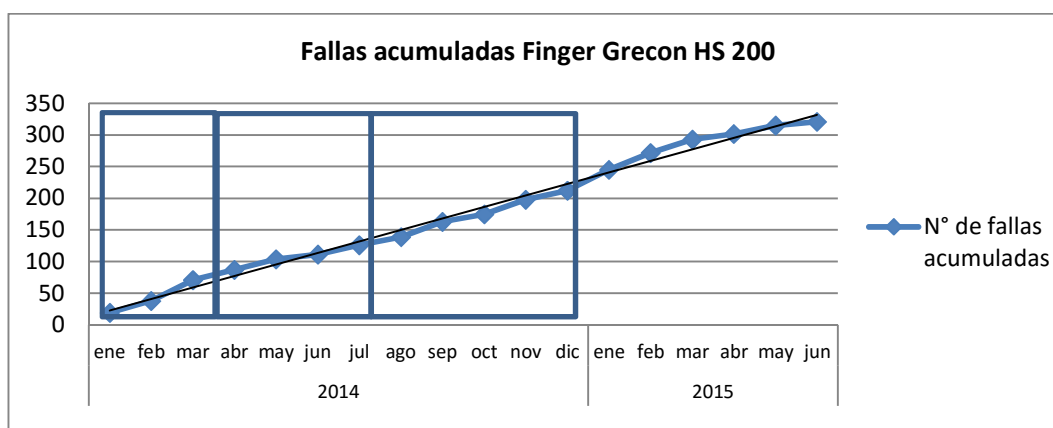


Figura 6.33: fallas acumuladas sistema Finger Grecon HS 200 periodo 2014-2015

El gráfico acumulado de fallas muestra la evolución del número de fallas en el tiempo. Se aprecia un comportamiento cíclico con 3 periodos diferenciados por el aumento, disminución y regularidad en la frecuencia de fallas determinada por la pendiente que toman los datos graficados. Se registra un leve aumento en los primeros 3 meses, luego la tendencia es a la baja, desde Abril hasta Julio del 2014, finalmente el comportamiento se vuelve constante hasta Diciembre. Para el tiempo graficado correspondiente al año 2015, continúa el ciclo, manteniendo en el largo plazo una tasa de fallas constante.

Subsistemas

Para la Finger Grecon HS 200 que cuenta con 15 subsistemas, solo 13 de estos presentaron fallas imputadas a mantenimiento durante el último año y medio. Dentro de estos componentes los que resultan con una frecuencia de fallas alta y que condicionan en mayor medida el buen desempeño

del sistema son Transporte de paletas de alimentación HS 200 y Finger Grecon HS 200 con una media de 3,67y 8,27 (fallas/mes) respectivamente.

El comportamiento de sus fallas durante el periodo de evaluación se muestran en las figuras 6.34 y 6.35.

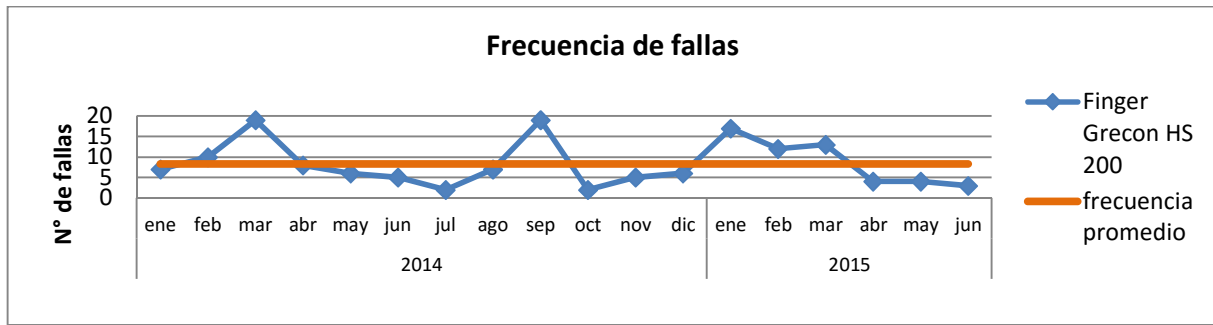


Figura 6.34: Frecuencia de fallas en subsistema Finger Grecon HS 200 periodo 2014-2015

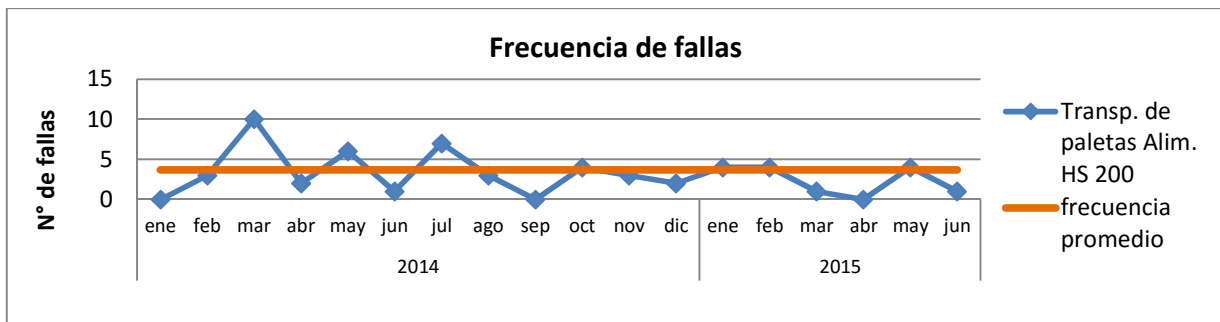


Figura 6.35: Frecuencia de fallas en subsistema Transporte de paletas de alimentación HS 200 periodo 2014-2015

6.3.7.- OT's emitidas

El número total de OT's emitidas para el periodo de 4 años y 6 meses es de 34830, estas se distribuyen según la figura 6.36.

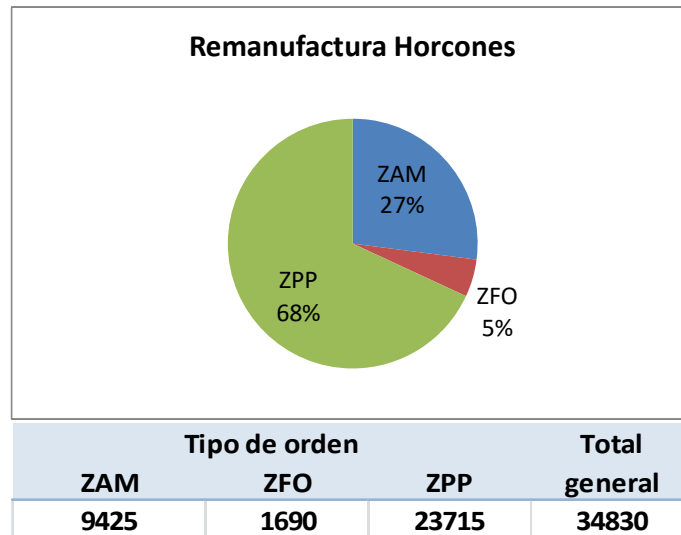


Figura 6.36: N° de OT's emitidas según tipo de orden Remanufactura Horcones

Particularmente interesa ver la evolución de las cantidades manejadas por años, el desglose se muestra en la figura 6.37.

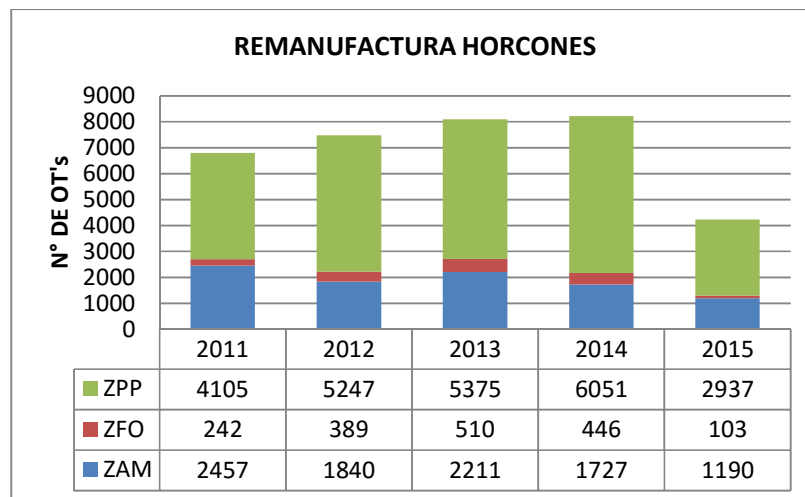


Figura 6.37: evolución por años del N° de OT's emitidas Remanufactura Horcones

Durante el periodo considerado para análisis se aprecia el aumento de las órdenes emitidas a medida que pasan los años, situación que comparten las ordenes ZPP. En el caso de ordenes ZAM

tenemos valores sobre las 2000 OT's en los años 2011 y 2013 siendo el más alto el 2011 con 2457. Ordenes ZFO se presentan en menor número, entre el 2011 y 2013 prácticamente se duplican pasando de 242 a 510, el 2014 hay una disminución y se prevé que esta continúe al finalizar el 2015.

Si se realiza la comparativa de los valores totales y porcentuales de mantenimiento correctivo y preventivo sobre el total de este tipo de órdenes se tendría lo siguiente, tabla 6.40.

Tabla 6.40: relación porcentual de ordenes ZPP y ZAM, Remanufactura Horcones

	2011	2012	2013	2014	2015
Totales	6562	7087	7586	7778	4127
ZPP	63%	74%	71%	78%	71%
ZAM	37%	26%	29%	22%	29%

La política predominante en esta planta es la de prevenir las fallas, se observa que durante el año 2011 la relación entre mantenimiento preventivos y correctivos fue más cercana comparada con lo sucedido en los otros años.

Áreas

Con certeza se puede decir que de las 15 áreas que componen la planta, Molduras es el área donde se realizan la mayor cantidad de trabajos.

Tabla 6.41: distribución de OT emitidas por áreas

AREAS	OT's emitidas	%	% acumulado
079 MOLDURAS	9458	27%	27%
077 TROZADO	6998	20%	47%
078 FINGER	6570	19%	66%
084 EXTRACCION AIRE COMPRIMIDO	3510	10%	76%
035 SERVICIOS COMUNES	2325	7%	83%
097 PINTADO MOLDURAS	2271	7%	89%
076 SELECTIVA	1366	4%	93%
(en blanco)	715	2%	95%
045 GENERAL PLANTA	660	2%	97%
098 ESCUADRADO	419	1%	98%
050 ADMINISTRACION	170	0%	99%
055 EMPAQUETADO	126	0%	99%
060 MANTENCION	108	0%	100%
082 PROTECCION INCENDIOS	70	0%	100%
070 DISTRIBUCION DE ENERGIA	64	0%	100%
011 SEGURIDAD INDUSTRIAL	0	0%	100%
Totales	34830	100%	

Prácticamente el 80% de las ordenes emitidas son generadas por aproximadamente el 20% de las áreas, estas son Molduras, Trozado, Finger y Extracción de aire comprimido.

Área Trozado

Durante los años 2011 hasta 2014 se observa un aumento considerable del N° de órdenes preventivas pasando de 609 a 1166, las de tipo correctivas tuvieron su valor más alto en el año 2011 superando en 170 órdenes a las de tipo preventivas.

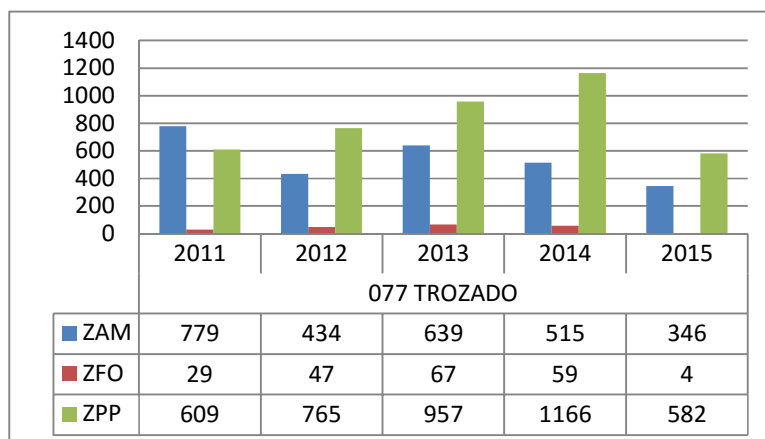


Figura 6.38: OT's emitidas de acuerdo a su tipo área Trozado periodo 2011-2015

Los valores totales y porcentuales para evaluar las políticas de mantención durante los distintos años se exponen en la tabla 6.42.

Tabla 6.42: relación porcentual de ordenes ZAM y ZPP, Área Trozado

	2011	2012	2013	2014	2015
Totales	1388	1199	1596	1681	928
ZPP	44%	64%	60%	69%	63%
ZAM	56%	36%	40%	31%	37%

Durante los años 2012 hasta 2014 el número de ordenes se ve incrementada, se prevé el mismo comportamiento para el año 2015, caso atípico fue el año 2011 donde se registran más OT's que el año siguiente. La política más usada es la preventiva, registrando su valor más alto el año 2014 con un 69%, los valores promedio para el periodo analizado son 60% ZPP y 40% ZAM.

Análisis comparativo primer semestre años 2014 y 2015.

La diferencia entre el total de órdenes emitidas el primer semestre de los años 2014 y 2015 es de 136. Los meses donde se utilizan más órdenes preventivas son Marzo y Mayo.

Los meses donde más se usaron órdenes de mantenimiento correctivo fueron Enero y Marzo en el 2014 y Enero y Febrero para el 2015.

De acuerdo a la figura 6.39 los valores mensuales de ordenes correctivas muestran la preponderancia al aumento en la utilización cuando se contrastan los distintos meses de análisis, pero que a medida que transcurren los meses los valores tienden a disminuir, en cambio las ordenes preventivas muestran un comportamiento cíclico, pudiendo observar picos para ambos años en los meses de Marzo y Mayo.

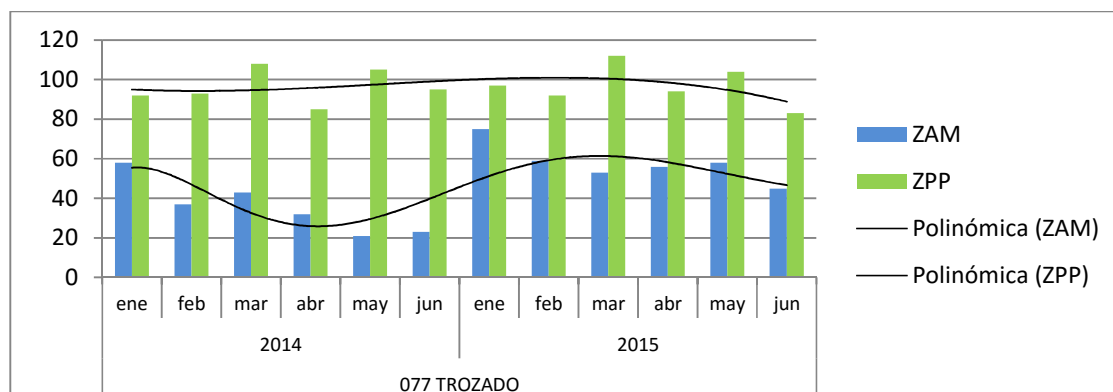


Figura 6.39: Numero de órdenes preventivas y correctivas primer semestre años 2014 y 2015

Los valores totales y porcentuales para evaluar la política de mantención durante los distintos meses se exponen en la tabla 6.43.

	2014						2015					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Totales	150	130	151	117	126	118	172	151	165	150	162	128
ZPP	61%	72%	72%	73%	83%	81%	56%	61%	68%	63%	64%	65%
ZAM	39%	28%	28%	27%	17%	19%	44%	39%	32%	37%	36%	35%

Tabla 6.43: relación porcentual de ordenes ZPP y ZAM primer semestre años 2014 y 2015, área Trozado.

Para el periodo de análisis se destacan Mayo-2014 como el mes más preventivo y Enero-2015 como el más correctivo.

Claramente la política preventiva fue más recurrente en el primer semestre del año 2014 con una media de 73,6% (96 ordenes).

6.3.8.-Costo de mantención por unidad de producción

La tabla 6.44 muestra los promedios anuales obtenidos de acuerdo al cálculo del indicador para las áreas productivas más importantes de la planta.

Tabla 6.44: promedios anuales de áreas productivas, Remanufactura Horcones.

Costo de mantención/unidad de producción (USD/m3)	2011	2012	2013	2014	2015
Área Selectiva	0,26	0,26	0,85	0,30	0,32
Área Trozado	1,48	0,93	3,27	2,15	2,24
Área Finger	2,04	2,35	2,10	2,59	2,84
Área Molduras	2,23	1,98	1,85	2,03	2,36
Área Pintado molduras	1,32	1,57	1,47	2,42	3,67
Área Escuadrado	0,92	0,85	1,50	1,30	1,17

Las mayores variaciones se registran durante los años 2012 y 2013 en las áreas Selectiva y Trozado, durante este tiempo el incremento en el gasto de mantención se triplico, para el periodo 2014 -2015 el alza más importante sucede en Pintado de molduras con una variación del 52%, cabe señalar que 2015 no es un año completo, por lo que se debe tomar como un valor estimado.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las áreas donde más recursos se utilizan en relación a la cantidad de m³ producidos son Finger, Trozado, Molduras y Pintado de molduras.

Área Molduras

Resulta interesante ver la forma en que las variables del indicador varían en el tiempo de manera de encontrar una relación en su comportamiento.

De acuerdo a la figura 6.40 vemos que la producción a lo largo del periodo de estudio tiende a aumentar y lo mismo pasa con los costos asociados a mantención, pudiendo establecer una proporcionalidad entre estos indicadores.

Además se puede apreciar para el año 2015 una tendencia a la baja en la producción y un aumento en los costos de mantención, explicando lo sucedido durante el primer semestre del año antes señalado.

Sistemas

Los datos obtenidos permiten obtener el indicador para las 6 moldureras, de estas la que presenta los valores más altos es la Moldurera 23 (C), con una media para el periodo de estudio de 6,34 (USD/m³).

Durante el año 2013 se produjeron los valores más altos para este sistema, obteniendo un promedio anual de 11,68 (USD/m³), los meses destacados son Abril, Septiembre y Octubre. El primero por registrar un indicador negativo debido a la devolución de un Husillo, valor que fue superior a los costos del mes y los otros 2 por superar ampliamente a los otros meses. Las figuras 6.41 y 6.42 muestran el comportamiento del indicador y de las variables involucradas en el cálculo, permitiendo establecer cual genera el mayor impacto.

Según el grafico se puede apreciar que el costo de mantenimiento repercute en mayor medida sobre el valor del indicador para los meses antes señalados, si bien ambas variables cambian propiciando el aumento, la que lo hace en mayor grado es el costo de mantención registrando un incremento de \$2.715,48 (USD) entre Agosto y Septiembre y \$3.505,47 (USD) entre Septiembre y Octubre.

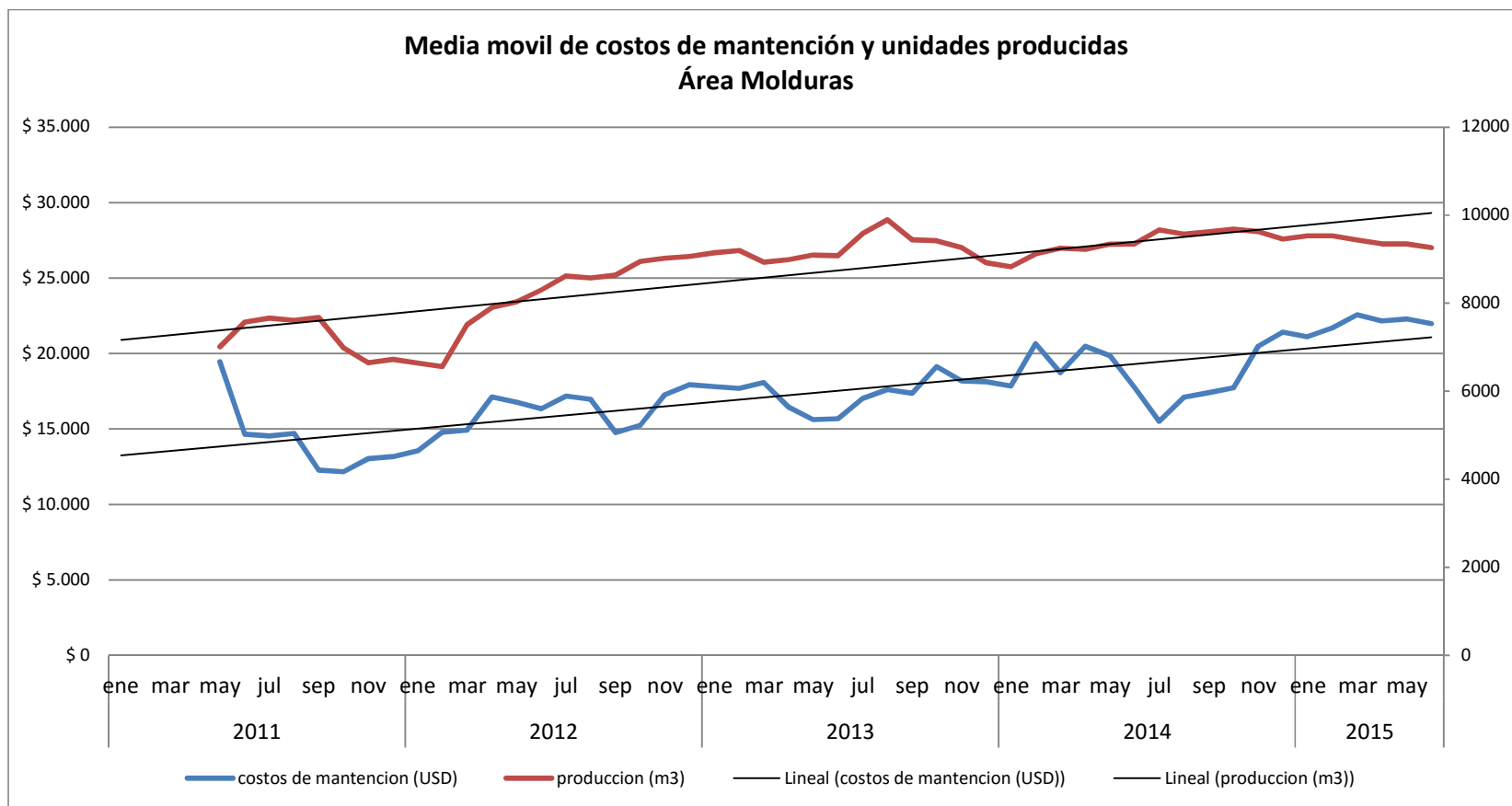


Figura 6.40: Evolución de los costos de mantención y unidades producidas área Molduras periodo 2011-2015

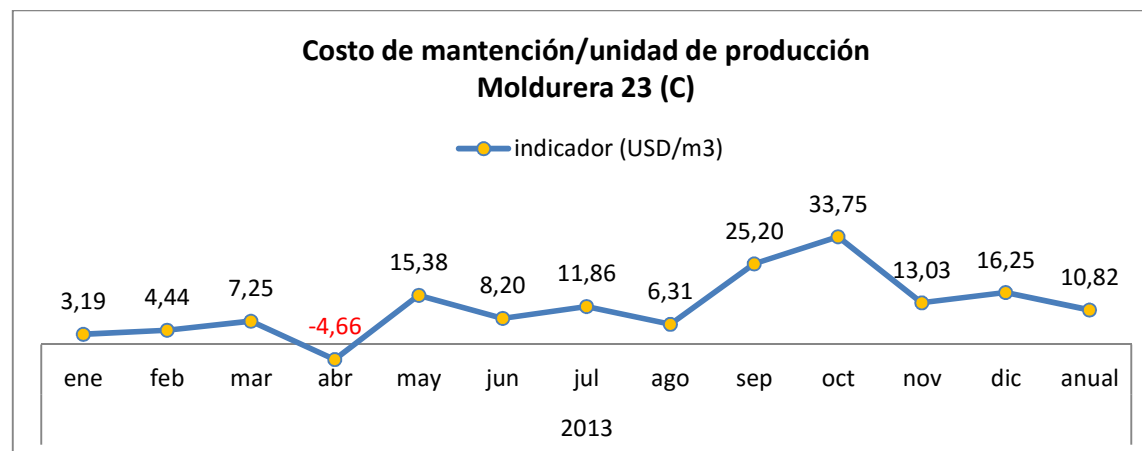


Figura 6.41: Costo de mantención por unidad de producción Moldurera 23 (C) año 2013

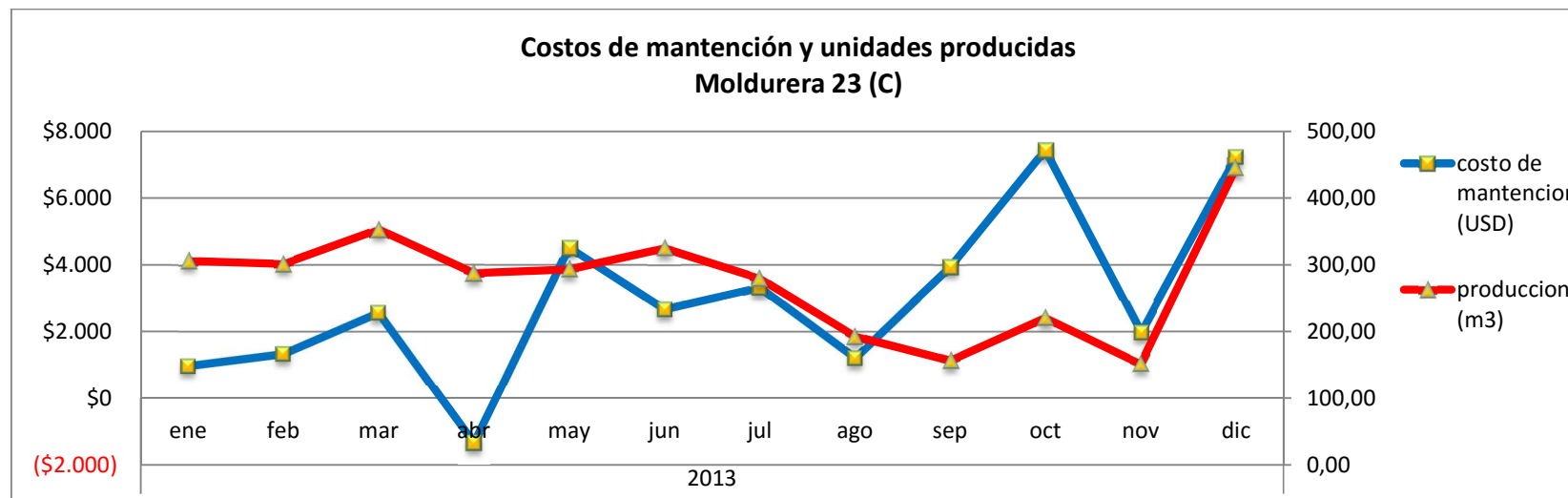


Figura 6.42: Evolución de los costos de mantención y unidades producidas sistema Moldurera 23 (C) año 2013

CONCLUSIONES

En un mundo de constante cambio donde la competencia es cada vez más reñida se debe estar siempre en búsqueda de conseguir las mejores prácticas que ayuden a la consecución de los objetivos impuestos por la empresa.

Los indicadores propuestos se presentan como una herramienta para tal efecto con los cuales se puede llevar el control de las actividades impuestas en el proceso como el monitoreo de sus resultados.

Se realizó la selección de KPI que resultan ser claves para la organización los cuales miden variables de importancia en la gestión, tales como costos, cantidad y tipo de trabajos, fallas y tiempos, donde 4 de ellos son catalogados como de clase mundial. Los indicadores seleccionados son: TMEF, TPPR, Disponibilidad, Confiabilidad, Frecuencia de fallas, OT emitidas y costos de mantenimiento por unidad de producción.

Se deja un formato de fichas técnicas obtenidas luego de la formalización de los indicadores agrupando sus características en un único documento, permitiendo estandarizar la manera de cómo utilizar y aplicar esta herramienta.

En cuanto a la evolución del mantenimiento resulta extenso ver en detalle las tendencias de cada indicador por equipos dispuestos en las planta analizadas, los resultados de manera particular están en tablas dispuestas en el anexo N°5. Visto de manera general reflejado en los valores obtenidos para las áreas productivas más importantes de las 2 plantas se tiene en Remanufactura una disminución en los tiempos de mantención con valores en la actualidad inferiores a la hora determinando una mejora en la Mantenibilidad, tiempos entre fallas que han ido a la baja disminuyendo su Confiabilidad, frecuencias de fallas que se incrementaron durante el año 2014 manteniendo la tendencia en el 2015, el crecimiento sostenido de la cantidad de OT emitidas en la planta donde la relación entre los tipo de mantención es aproximadamente de un 70% preventivo – 30% correctivo, un aumento de los costos de mantenimiento por sobre las unidades producidas salvo en el área Escuadrado, con valores de producción al alza, los costos de mantención son los que generan un mayor impacto en el indicador.

En Aserradero los valores obtenidos reflejan mejoras en Mantenibilidad salvo en el área de Aserradero, los tiempos promedio son en su mayoría cercanos a las 2 hrs de reparación, tiempos entre fallas que tienden a la baja salvo en el área de Reaserrio que presenta una tendencia positiva, frecuencias de fallas que en las áreas de Secado y Aserradero en los últimos 2 años son mayores

determinando una baja Confiabilidad, aumento de las OT emitidas, el mayor incremento fue el año 2014 debido a la incorporación del área Planta de trozados, durante los años 2014 y 2015 se observa un crecimiento de las ordenes correctivas determinando una relación de aproximadamente un 74% preventivo – 26% correctivo, crecida de los costos de mantención por sobre las unidades producidas salvo en el área de Cepillado, con valores de producción estables la variable que repercute en mayor grado es el costo de mantención que para el área de Aserradero es más afectada por el aumento de los costos en mantenciones correctivas.

La aplicación del modelo de indicadores enmarcado en el proceso de mejora continua arroja los siguientes resultados en cuanto a que activos presentan bajos desempeños resultando ser críticos para los procesos productivos:

Aserradero

- Disponibilidad: Área Aserradero - Sistema Línea principal
- TMEF: Área Aserradero – Sistema Línea principal - Subsistema Vislanda
- TPPR: Área Secado - Sistema cámara de secado Mahild, Subsistemas Secadores #13 y #16
- Frecuencia de fallas: Área Aserradero – Sistema Línea principal – Subsistema Chipper #2
- OT emitidas: Área Secado
- Costo de mantenimiento por unidades producidas: Área Aserradero.

Remanufactura

- Disponibilidad: Área Finger – Sistema HS 200
- TMEF: Área Trozado – Sistema Trozado optimizado línea #1 – Subsistema Trozador opticut N°1
- TPPR: Área Molduras – Sistema Moldurera 23 (A) – Subsistema Moldurera 23C (A)
- Frecuencia de fallas: Área Finger – Sistema Finger Grecon HS 200 – Subsistema Finger Grecon HS 200
- OT emitidas: Área Trozado
- Costo de mantenimiento por unidades producidas: Área Molduras – Sistema Moldurera 23 (C)

El análisis de priorización mediante Jack Knife visto de forma global, abarcando todos los puntos de trabajo y repercusiones arroja que las áreas y sistemas más críticos son:

- **Remanufactura:** Área Molduras – Sistema Moldurera 22 (B)
- **Aserradero:** Área Aserradero – Sistema Línea principal Aserradero

A partir de la priorización se seleccionaron los subsistemas para determinar Confiabilidad, obteniendo curvas de probabilidades de falla para 12 equipos concluyendo de los gráficos obtenidos que estos no representan valores adecuados debido a que en su confección se incorporan datos de diversos modos de fallas lo que provoca desviaciones muy por sobre la media del tiempo entre fallas.

La Disponibilidad se presenta como un indicador global determinado no solo por lo cometido en mantención sino que reviste a todos los involucrados con el funcionamiento de los equipos, permitiendo determinar de forma porcentual el tiempo efectivo de operación y además visualizar que variable es más influyente sobre los valores obtenidos. De acuerdo a lo analizado en este trabajo, en ambas plantas la variable que puede generar los mayores beneficios es el aumento del TMEF conseguido con la disminución de las fallas, obteniendo de la revisión de los datos una alta frecuencia de fallas operacionales en el caso del Área Finger en Remanufactura y propias del proceso en la Línea principal de Aserradero. Las mayores oportunidades de mejora en el desempeño de los activos están en aumentar la Confiabilidad operacional.

RECOMENDACIONES

Es necesario que quienes proveen de datos al sistema de información sepan la importancia de su función y la importancia que tiene para la organización el poder contar con información precisa y confiable de manera que las acciones implementadas para mejorar el desempeño de la empresa, las cuales están fundadas en la información entregada por los indicadores, sean las adecuadas.

Lo anterior resulta de la revisión de los datos manejados en el desarrollo de esta memoria, se dificultan los análisis debido a: duplicidad de información, falta de información en descripciones, lagunas en el registro de fallas y fallas simultáneas.

Debido a que esta herramienta es nueva no se cuenta con valores objetivo que permitan tener un parámetro de comparación. Si se define utilizar este recurso, se pueden ocupar los valores obtenidos para identificar valores metas u objetivos de modo que al realizar el cálculo en periodos futuros se puedan visualizar brechas en el desempeño de los activos más importantes para la producción.

Para el caso de Confiabilidad resulta adecuado priorizar hasta llegar al 5° nivel (equipos) y a partir de acá determinar los componentes que resultan ser los menos confiables. Reducir el tiempo

de análisis a un año de forma que se revisen los modos de fallas más recientes, determinando de esta forma estimaciones más certeras.

De acuerdo a la experiencia adquirida en la utilización de Jack knife se recomienda su utilización cada 6 meses, tiempo prudente para poder revisar la evolución de los equipos y los impactos de las mejoras sobre los indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. PASCUAL, Rodrigo.

El arte de mantener. Santiago, Chile,

Centro de minería, Pontificia Universidad católica de Chile, 2009. 1340p

2. MERUANE, Viviana.

Gestión de activos físicos: Apunte para el curso ME5701. Santiago, Chile,

Departamento de ingeniería mecánica, facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile. 118p

3. BERGERO, Horacio.

El mantenimiento en Tenaris: Introducción a la gestión del mantenimiento. Buenos Aires, Argentina.

Tenaris University, 2008. 620p

4. TORRES, Leandro D.

Mantenimiento. Su implementación y gestión, Segunda edición. Madrid.

Universitas, 2005. 350p

5. TAVARES, Lourival A.

Administración moderna de mantenimiento

Datastream Computec, 2013. 141p

6. KNEZEVIC, Jesdimir

Mantenimiento. Madrid.

ISDEFE ingeniería de sistemas, 1996. 211p

7. AMENDOLA, Luis

Modelos mixtos de confiabilidad. Valencia, España.

Datastream Computec, 2002. 118p

8. ROMERO LÓPEZ, Eduardo

Estudio de mejora del mantenimiento mediante la aplicación de la distribución de Weibull a un histórico de fallos.

Fundación UNED, 2004. 50p

9. MORA, Luis A.

Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Mexico

Alfaomega, 2009. 528p

10. ARATA, Adolfo, FURLANETO, Luciano

Manual de gestión de activos y mantenimiento

11. MOUBRAY, Jhon

Mantenimiento centrado en confiabilidad, 2009

12. AMENDOLA, Luis

Gestión integral de activos físicos. Valencia, España

PMM Institute for learning, 2011. 492p

13. PDVSA

Manual de indicadores de mantenimiento, 1998.

14. CRESPO MARQUEZ, A.

"The maintenance management framework". Models and methods for complex systems maintenance. Londres, Inglaterra 2007.

ANEXOS

Anexo N°1

Ejemplos de KPI según norma ISO 14224:2006

(Traducción propia)

KPI	Unidad	Explicación y calculo	Propósito y valor	Personal implicado
TMEF Tiempo promedio entre fallas	Tiempo (horas, días, semanas, meses, años). Para diferentes clases o tipo de equipamiento. La tendencia se muestra sobre un periodo de tiempo	Indica el tiempo promedio entre el fracaso de Componentes, equipos o unidades.	Indica el aumento o disminución de la confiabilidad de componentes, equipamiento o subunidad.	Equipos de expertos en la materia (EEMs) Ingenieros de confiabilidad (ICs) Gerencia intermedia (GI) Inspección
TPPF Tiempo promedio para la falla	Como el anterior	Es similar a TPEF, pero no tiene en cuenta el tiempo de inactividad por reparación. Es el recíproco de la tasa de falla.	Como el anterior. Tenga en cuenta que TPPF, en principio, sólo se refiere a la primera vez que falla un nuevo ítem, antes no se le ha realizado ninguna tarea de mantenimiento	Como el anterior
TPER Tiempo promedio entre reparaciones	Como el anterior	Indica el tiempo promedio entre reparaciones para componentes, equipos o unidades. Aunque un fallo típicamente resulta en una reparación, esto no es siempre el caso. Reparaciones (por ejemplo, reparaciones importantes) pueden llevarse a cabo de forma independiente del tiempo de fallo. Cálculo basado en el tiempo total entre reparaciones dividido por el número de las reparaciones durante un período de tiempo determinado.	Indicación de aumentar o disminuir la fiabilidad de los componentes o equipos dentro de una planta / unidad	Mantenimiento Inspección EEMs ICs GI

TPPR Tiempo promedio para reparar	Tiempo usualmente en horas o días Para diferentes clases o tipos de equipos La tendencia se muestra sobre un periodo de tiempo	El tiempo necesario para reparar un componente, equipo, sistema o unidad. Tiempo total fuera de servicio dividido por el número de reparaciones. Es necesario definir los parámetros fuera de servicio.	Indicación de la productividad y el trabajo contenido de las actividades de reparación	EEMs ICs Mantenimiento
Worst actors (Peor actor) Lista de los equipos averiados con frecuencia	Lista de equipos Lista de modos de falla frecuentes. Frecuencia de falla	Clara definición de los tipos de fallo que son necesario cubrir. Lista de equipo que más frecuentemente falla. También puede ser generado por la frecuencia de reparaciones.	Proporciona enfoque para la confiabilidad. Análisis de la gestión y análisis de fallos causa-raíz. Desarrollo de producto/calidad	Como el anterior
D _o Disponibilidad operacional	% tiempo disponible para operación de los equipos cuando todas las mantenciones (correctivas y preventivas) están incluidas en el tiempo de inactividad.	Normalmente sobre niveles de equipos-unidad	Muestra tendencia en la disponibilidad de los equipos cuando tanto el mantenimiento correctivo y preventivo está cubierto. Entrada para la planificación de la producción	EEMs y ICs GI Operaciones Mantenimiento Inspección
D _t Disponibilidad técnica	% tiempo disponible para operación de los equipos cuando solo la mantención correctiva está incluida en el tiempo de inactividad	Normalmente sobre niveles de equipos-unidad	El indicador clave de disponibilidad técnica. Disponibilidad del equipo se centra en la confiabilidad intrínseca	EEM y GI Operaciones Mantenimiento Inspección EEMs y ICs
mantenimiento preventivo (MP) por hora-hombre	% Del total de horas-hombre (HH) de mantenimiento invertidas en MP (sin incluir modificaciones)	Total de HH en órdenes de trabajo (OT) ocupadas en MP dividido por el total de HH en las OT, por la clasificación del equipo o tipos.	Indicación de cantidad de trabajo proactivo de mantenimiento preventivo	EEMs y ICs Operaciones Mantenimiento

mantenimiento correctivo (MC) por hora-hombre	% Del total de horas-hombre (HH) de mantenimiento invertidas en MC	Total de HH en OT ocupadas en MC dividido por el total de HH en las OT, por la clasificación del equipo o tipos.	Indicación de cantidad de trabajo de mantenimiento correctivo	Como el anterior
MPs atrasados	Numero o % de OT de MP atrasadas por categoría	Cuenta de OT pendientes de MP por la clasificación del equipo o como un % del total de OT de MP	Indicación de atrasos excepcionales de MP	Operaciones Mantenimiento
Mantenimiento predictivo (MPr) completo finalización del mantenimiento predictivo (Ej. Inspección, pruebas, seguimiento periódico de condición)	Numero o % de la colección de datos completados de actividades de MPr	Define en qué actividades del mantenimiento predictivo ocuparse. Por ejemplo, el número de puntos de datos, circuitos o equipos que tiene la recopilación de datos MPr NDT realiza dividido por el total de puntos de datos, circuitos o equipos, durante un período de tiempo especificado.	Gestión del monitoreo de condición	EEMs y ICs Operaciones Mantenimiento inspección
MPr atrasado	Numero o % de actividades de MPr atrasadas	Define en qué actividades del mantenimiento predictivo ocuparse. Cuenta o % de puntos de datos, rutas o equipos con MPr NDT que han estado vigentes durante un periodo de tiempo especificado.	Indica atrasos de actividades de MPr ej. NDT	Como el anterior
Tiempo de respuesta	Tiempo usualmente en días	Es necesario incluir resumen y puesta en marcha en relación con el tiempo de respuesta Prolongados tiempos de respuesta debido a modificaciones pueden ser separados con el fin de no perturbar la comparación con los requerimientos de año a año para mantenimiento mayor.	Planeación del mantenimiento Oportunidades de modificación Planificación de interrupción Planeación de producción	Operaciones Mantenimiento

Tiempo entre tiempos de respuesta	Medido sobre base anual	Tiempo entre tiempos de respuesta	Como el anterior	Como el anterior
Relación retrabajo reparación	% de trabajos que se requieren para la reanudación luego de haber sido reparado	Número de OT retrabajadas dividido por el número total de OT. Clasificados por el tipo de equipos. Puede ser dividido en mantenimiento preventivo y correctivo.	Indicación de la calidad del trabajo y la productividad	ICs Operaciones Mantenimiento
tiempo del ciclo en taller	Tiempo usualmente en horas o días	Tiempo transcurrido desde cuando el elemento fallo y es recibido en taller hasta que esté listo para su uso.	Gestión de reparación	Mantenimiento
Costo total del mantenimiento	Por planta, sección o equipo para un determinado periodo (ej. Anualmente)	Costo total tanto para el mantenimiento correctivo y preventivo que incluye piezas de repuesto. No incluye los costos relacionados con el tiempo de inactividad con respecto a la pérdida de producción.	El análisis de tendencias en un período de tiempo.	Gestión de la planta Operaciones Mantenimiento
Costo de reparación por OT	Costo por diferentes tipos de equipos para diversas localizaciones geográficas, unidades o plantas.	El costo de reparación de equipos como el representado por los gastos recogidos en contra de las órdenes de trabajo de equipo. Por lo general, incluye la mano de obra (de la empresa y / o contrato), materiales y alquiler de material. Gastos generales también pueden ser incluidos.	Evolución de los costos de reparación en un período de tiempo de identificación de los peores actores por el costo de reparación y / o el tipo de equipo.	Como el anterior

Anexo N°2

Fichas técnicas para indicadores seleccionados

Fichas técnicas para indicadores

1.-Nombre: Disponibilidad

Tipo de indicador: Resultado – efectividad

Nivel organizacional: Estratégico

Descripción: Permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que el activo cumple la función para la cual fue destinado.

Expresión matemática: $D = \frac{TMEF}{TMEF+TPPR}$

Unidad de medida: %

Responsable: Jefe de mantención negocio Maderas – Paneles

Objetivo: Medir porcentualmente la relación del tiempo en que el equipo estuvo operando y el tiempo que podría haber estado operando.

Adquisición de datos: Tablas de indicadores TMEF y TPPR

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: Gráfico de líneas con marcadores

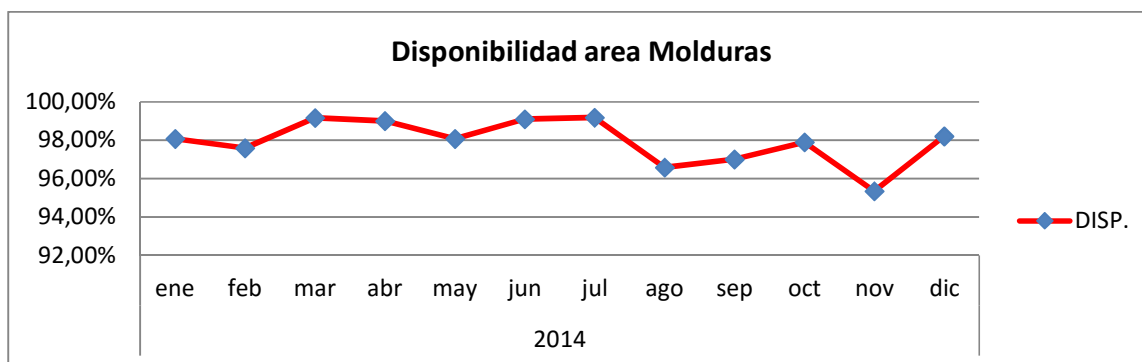


Gráfico de líneas con marcadores; disponibilidad área de molduras meses del año 2014

2.-Nombre: TMEF (tiempo medio entre fallas)

Tipo de indicador: Resultado – efectividad

Nivel organizacional: Táctico

Descripción: Indica el intervalo de tiempo más probable entre el arranque y la aparición de una falla.

Expresión matemática: $TMEF = \frac{\text{horas planificadas de operacion}}{\text{Nº de fallas}}$

Unidad de medida: horas

Responsable: Jefes de mantención, planificadores

Objetivo: determinar el tiempo promedio donde podría ocurrir una falla que involucre mantención.

Adquisición de datos: N° de fallas: SAP, transacción IW69 - Visualización de avisos de averías

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: grafico de barras

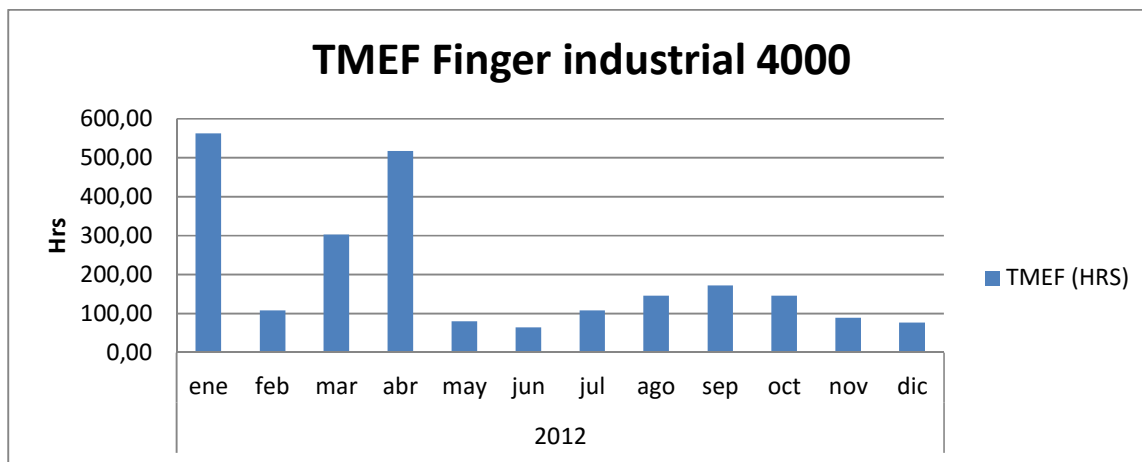


Gráfico de barras del TMEF del sistema Finger industrial 4000 para el año 2012

3.-Nombre: TPPR (tiempo promedio para reparar)

Tipo de indicador: Proceso – efectividad

Nivel organizacional: Táctico

Descripción: Señala el tiempo promedio en la ejecución del mantenimiento tras una falla

Expresión matemática: $TPPR = \frac{\text{hor de fallos}}{\text{Nº de fallos}}$

Unidad de medida: horas

Responsable: Jefes de mantención, planificadores.

Objetivo: medir el tiempo promedio entre que un activo entra en estado de falla y pasa a servicio nuevamente.

Adquisición de datos: N° de fallas y horas de fallos: SAP, transacción IW69 - Visualización de avisos de averías

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: Gráfico de barras

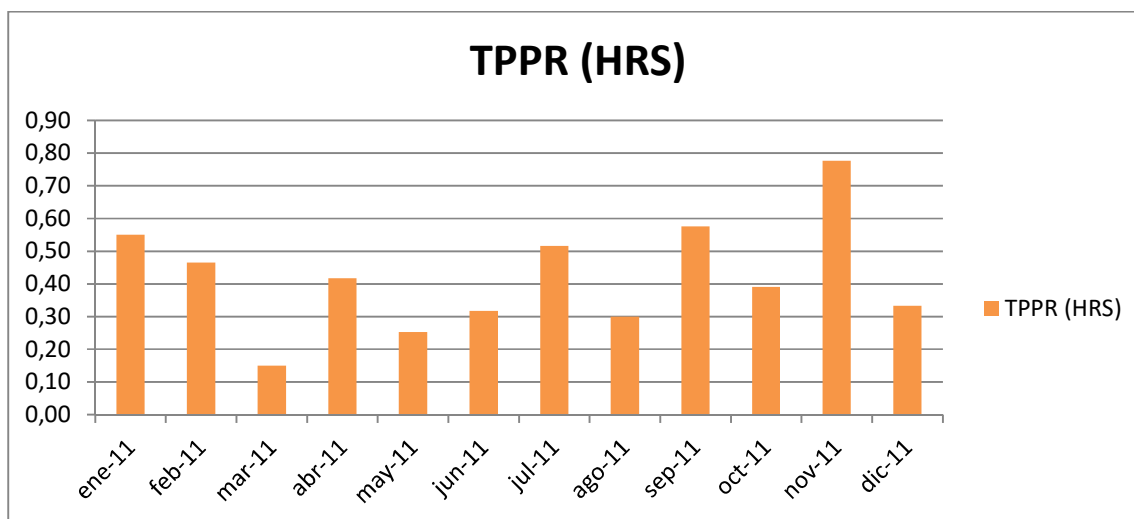


Gráfico de barras del TPPR del sistema canteo de tablas para el año 2011

4.-Nombre: OT's emitidas

Tipo de indicador: Proceso – efectividad

Nivel organizacional: Operativo

Descripción: señala el número de órdenes de trabajo emitidas en un periodo de tiempo.

Expresión matemática: N° de OT's

Unidad de medida: cantidad

Responsable: supervisores, mantenedores.

Objetivo: medir la distribución del tipo de trabajo que realiza mantención.

Adquisición de datos: SAP, transacción IW39, visualización de órdenes.

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: Gráfico de columna apilada o circular.

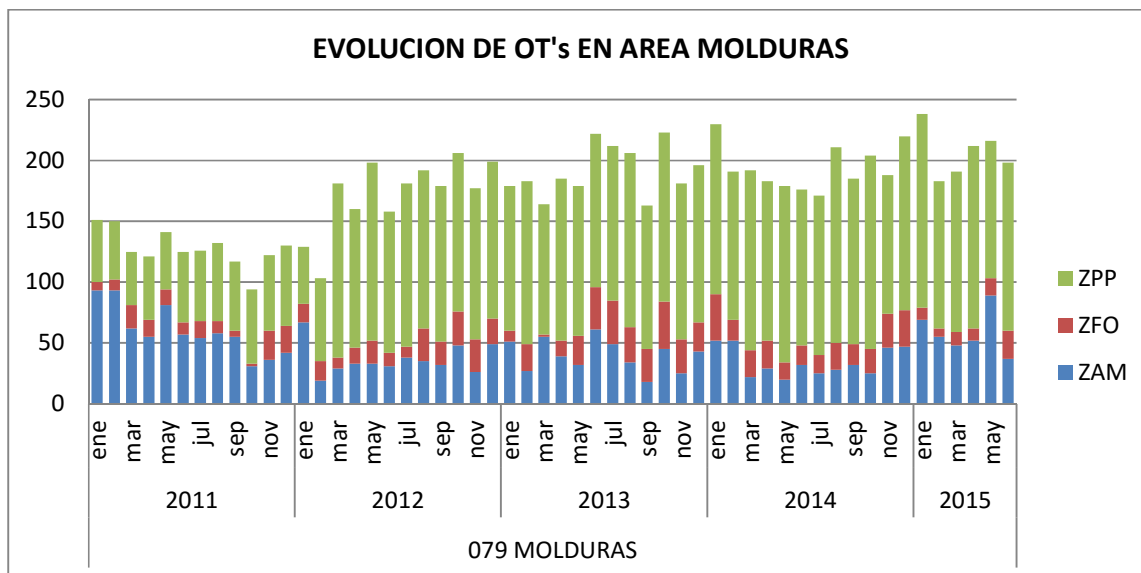


Gráfico de columna apilada para todo el periodo de evaluación del área molduras

5.-Nombre: frecuencia de fallas

Tipo de indicador: Resultado – efectividad

Nivel organizacional: Operativo

Descripción: representa la razón entre el número de fallas y una unidad de tiempo (años, meses, hrs, etc...)

Expresión matemática: $\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de fallas}}{\text{unidad de tiempo}}$

Unidad de medida: 1/mes

Responsable: supervisores, mantenedores.

Objetivo: medir el aumento o disminución de las fallas.

Adquisición de datos: N° de fallas: SAP, transacción IW69 - Visualización de avisos de averías

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: Gráfico de barras o de líneas con marcadores

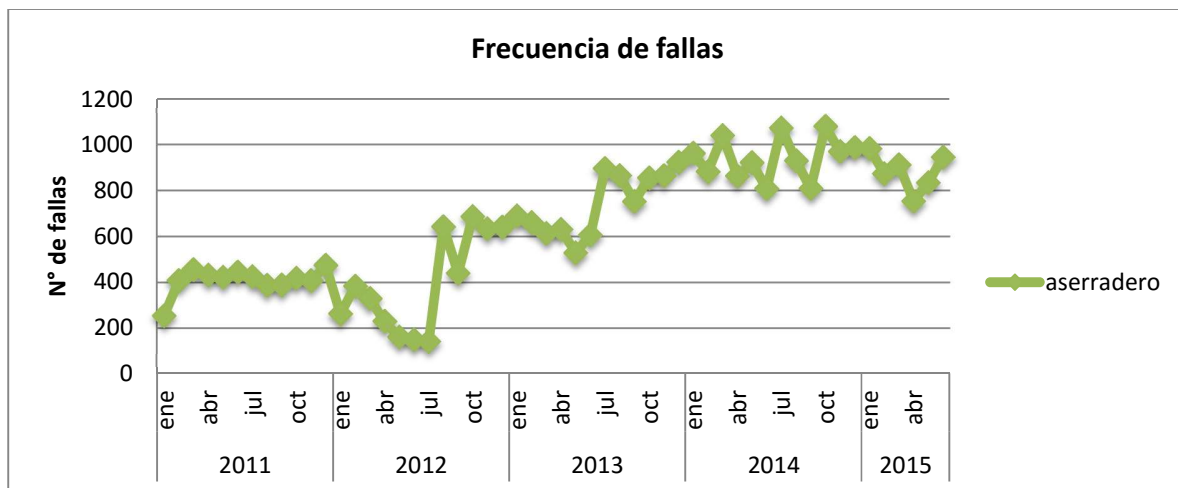


Gráfico de línea con marcadores para todo el periodo de evaluación del área aserradero.

6.-Nombre: Confiabilidad

Tipo de indicador: Resultado – efectividad

Nivel organizacional: Estratégico

Descripción: probabilidad de que no ocurra una falla

Expresión matemática: $R(t) = e^{-\lambda t}$ o $R(t) = e^{-\left(\frac{t-y}{\eta}\right)^\beta}$

Unidad de medida: %

Responsable: Jefe de mantención, Negocio Maderas-Paneles

Objetivo: determinar tiempos confiables de operación.

Adquisición de datos: tiempo entre fallas: SAP, transacción IW69 - Visualización de avisos de averías

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: grafico de dispersión con líneas suavizadas

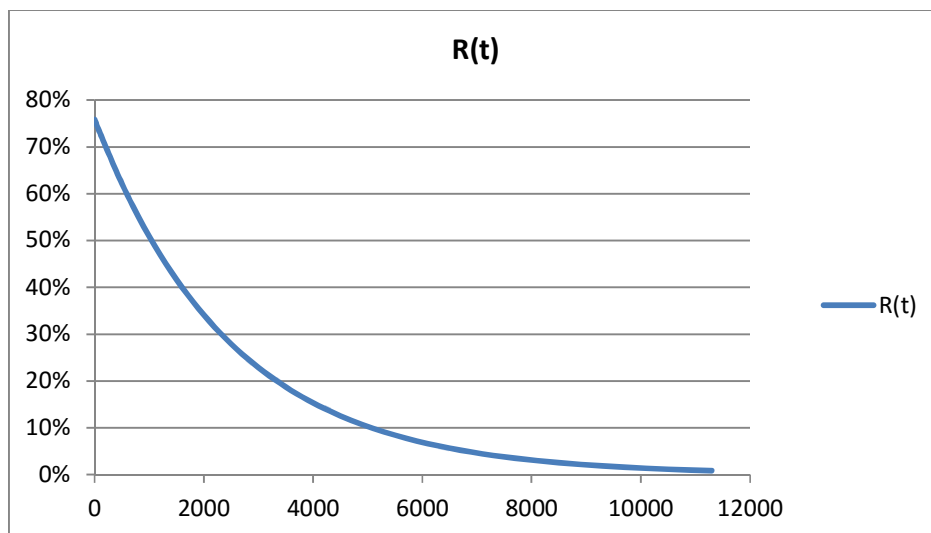


Gráfico de confiabilidad de líneas suavizadas para el subsistema Trans. Transversal corteza y finos del sistema Astillado y harneado.

7.-Nombre: Costo de mantención por unidad de producción

Tipo de indicador: Resultado – eficiencia

Nivel organizacional: táctico

Descripción: representa la razón entre el gasto real de mantenimiento v/s el total de m³ producidos.

Expresión matemática: $Costo\ de\ mant.\ por\ unidad\ de\ produccion = \frac{costo\ total\ del\ mantenimiento}{total\ unidades\ producidas\ en\ el\ periodo}$

Unidad de medida: \$/m³

Responsable: Jefe de mantención, planificadores.

Objetivo: visualizar mejoras o deficiencias en el desempeño de mantenimiento en relación a las unidades producidas.

Adquisición de datos: Costos reales de mantención: SAP, MCIS S562 - Análisis de costos

Periodicidad: Mensual

Forma de representación: grafico de línea con marcadores.

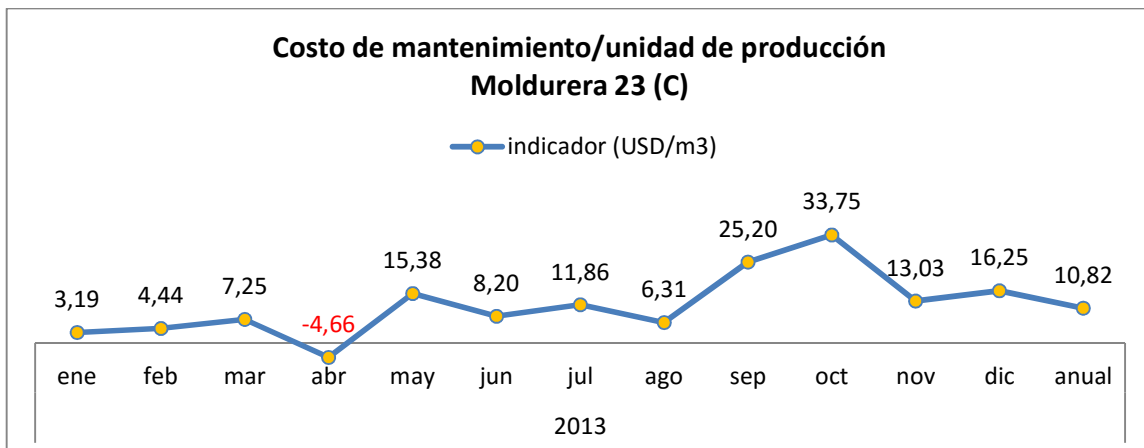


Gráfico de costos de mantenimiento por unidad de producción de línea con marcadores para el sistema Moldurera 23 (C)

Anexo N° 3

Forma de cálculo de Disponibilidad

EJEMPLO DE CÁLCULO

A continuación se presenta la manera de calcular los indicadores TMEF, TPPR y Disponibilidad aplicada a aserradero, la metodología cambia en caso de presentar equipos en paralelo como es el caso del área de secado en la planta de Aserradero y las áreas de planta de Remanufactura.

Periodo de evaluación: julio del año 2011

Planta de Aserradero

Subsistema: Unitizador alimentación de transporte principal de Interlog.

Datos

Ubicación técnica: AA03-020-IT1-AUN001

Tiempo planificado de operación: 374,5 hrs

Horas de fallos: 3,58 hrs

Nº de fallos: 9

$$TPPR = \frac{3,58}{9} = 0,39 \text{ hrs}$$

$$TMEF = \frac{374,5}{9} = 41,55 \text{ hrs}$$

$$D = \frac{41,55}{41,55 + 0,39} * 100 = 99,07\%$$

Sistema: Ingreso de trozos

“compuesto de 27 subsistemas”

Datos

Ubicación técnica: AA03-020-IT1

Tiempo planificado de operación: 374,5 hrs

Horas de fallos: 6,36 hrs

Nº de fallos: 15

$$TPPR = \frac{6,36}{15} = 0,42 \text{ hrs}$$

$$TMEF = \frac{374,5}{15} = 24,96 \text{ hrs}$$

$$D = \frac{24,96}{24,96 + 0,42} * 100 = 99,04\%$$

Área: Aserradero

“Compuesto de 180 subsistemas y 13 sistemas”

Datos

Ubicación técnica: AA03-020

Tiempo planificado de operación: 374,5 hrs

Horas de fallos: 82,67 hrs

Nº de fallos: 323

$$TPPR = \frac{82,67}{323} = 0,26 \text{ hrs}$$

$$TMEF = \frac{374,5}{323} = 1,15 \text{ hrs}$$

$$D = \frac{1,15}{1,15 + 0,26} * 100 = 81,5\%$$

Planta de Remanufactura

Subsistema: Finger Grecon HS 180

Datos

Ubicación técnica: AR01-078-FI5-FIJ001

Tiempo planificado de operación: 499,83 hrs

Horas de fallos: 0,24 hrs

Nº de fallos: 1

$$TPPR = \frac{0,24}{1} = 0,24 \text{ hrs}$$

$$TMEF = \frac{499,83}{1} = 499,83 \text{ hrs}$$

$$D = \frac{499,83}{499,83 + 0,24} * 100 = 99,95\%$$

Sistema: Finger Grecon HS 180

“compuesto de 11 subsistemas”

Datos

Ubicación técnica: AR01-078-FI5

Tiempo planificado de operación: 499,83 hrs

Horas de fallos: 77,91 hrs

Nº de fallos: 259

$$TPPR = \frac{77,91}{259} = 0,3 \text{ hrs}$$

$$TMEF = \frac{499,83}{259} = 1,92 \text{ hrs}$$

$$D = \frac{1,92}{1,92 + 0,3} * 100 = 86,5\%$$

Área: Finger

“Compuesto de 57 subsistemas y 8 sistemas”

Datos

Ubicación técnica: AR01-078

Tiempo planificado de operación: 1331,33 hrs (sumatoria de tiempos de máquinas Finger)

Horas de fallos: 267,41 hrs

N° de fallos: 783

$$TPPR = \frac{267,41}{783} = 0,34 \text{ hrs}$$

$$TMEF = \frac{1331,33}{783} = 1,7 \text{ hrs}$$

$$D = \frac{1,7}{1,7 + 0,34} * 100 = 83,3\%$$

Anexo N°4

Procedimiento para determinar el modelo adecuado para el cálculo de confiabilidad.

La base de estos métodos gráficos es estimar la función de distribución empírica de los datos y representarla en unas escalas tales que si el modelo elegido es correcto los datos presenten aspecto lineal.

Función de distribución:

$$F(t) = P(T \leq t)$$

La función de distribución se estima mediante cualquiera de estas dos posibilidades:

$$a: F_i = i/n$$

$$b: F_i = (i - 0,3)/(n + 0,4)$$

Para hacerlo se procede de la siguiente manera:

1. Ordenación de los datos de menor a mayor
2. Estimación de la función de distribución mediante la expresión (b) que es más exacta.
3. Elección del modelo teórico
4. Representación de los datos mediante Excel u otro software
5. Estimación de los parámetros del modelo a partir del gráfico

Ejemplo:

En una empresa se han recogido los tiempos entre fallas (en horas) de un compresor que ha resultado:

3.04-4.45-6.25-37.1-42.7-76.6-76.7-103.9-107.7-110.8-114.6-121.2-130.2-220-236.8-245.6-314.8-407.9-499.2-627.4

Con estos datos se pretende determinar las características de la distribución de tiempos entre fallas del componente en cuestión.

En primer lugar es necesario ordenar los datos de menor a mayor tal como muestran las 2 primeras columnas de la tabla, que recogen respectivamente el tiempo entre fallas del componente y el orden en que se produce este fallo, que representa la frecuencia acumulada absoluta. En la segunda columna se proporciona también la estimación de la función de la distribución empírica según la fórmula (B). Así por ejemplo, para el dato 37,1 que se ha obtenido en cuarto lugar, obtenemos:

$$\frac{4 - 0,3}{20 + 0,4} = 0,18$$

Tiempos	Orden; $F = \frac{i-0,3}{20+0,4}$	$-\ln(1 - F(T))$
3,04	1 ; 0.03	0.3
4.45	2 ; 0.08	0.08
6.25	3 ; 0.13	0.14
37.1	4 ; 0.18	0.20
42.7	5 ; 0.23	0.26
76.6	6 ; 0.28	0.32
76.7	7 ; 0.33	0.39
103.9	8 ; 0.38	0.47
107.7	9 ; 0.43	0.55
110.8	10 ; 0.48	0.64
114.6	11 ; 0.52	0.74
121.2	12 ; 0.57	0.85
130.2	13 ; 0.62	0.97
220	14 ; 0.67	1.11
236.8	15 ; 0.72	1.27
245.6	16 ; 0.77	1.46
314.8	17 ; 0.82	1.70
407.9	18 ; 0.87	2.02
499.2	19 ; 0.92	2.44
627.4	20 ; 0.97	3.38

Una vez que se tienen los datos tal como muestran las 2 primeras columnas de la tabla, es necesario hacer alguna hipótesis sobre la distribución (modelo teórico) de que provienen los tiempos entre fallas, que habitualmente serán exponencial, weibull, normales o lognormales y luego realizar el grafico según el modelo elegido.

El modelo correcto será aquel en que la representación asemeje una línea recta.

Exponencial

Si el modelo es exponencial, la función de confiabilidad viene dada por:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Aplicando logaritmo natural:

$$\ln(R(t)) = -\lambda t$$

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

$$\ln(1 - F(t)) = -\lambda t$$

$$-\ln(1 - F(t)) = \lambda t$$

Por lo tanto si representamos en un gráfico con $y = -\ln(1 - F(t))$ y $x = t$, los tiempos entre fallas, si los datos proceden de un modelo exponencial, deben presentar el aspecto de una línea recta. En el caso de que los datos no presenten un aspecto de línea recta, habría que concluir que el modelo teórico elegido no era el adecuado y repetir el grafico con modelos weibull, normal u otros.

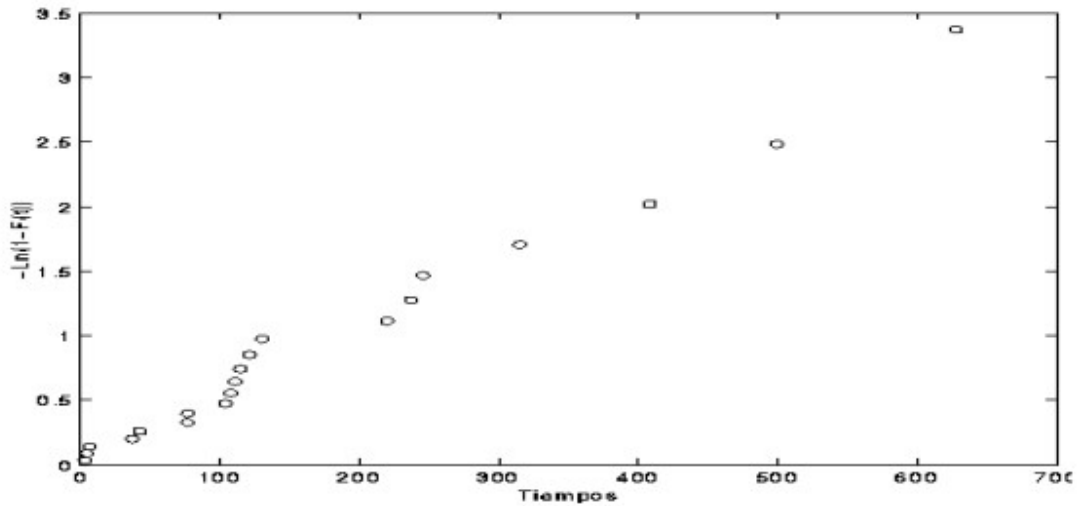


Grafico para datos exponenciales

Weibull

Se tienen los siguientes datos de tiempos entre fallas:

58,435-261,126-56,6706-230,788-183,028-19,3203-128,744-58,0366-131,247-397,636-79,4311-180,2-28,2613-131,948-323,421-219,182-167,721-130,961-207,719-285,59

El modelo Weibull tiene una función de confiabilidad:

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

Acomodando:

$$\frac{1}{R(t)} = e^{\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Aplicando logaritmos naturales:

$$\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right) = \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta$$

Aplicando logaritmos naturales:

$$\ln\left[\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right] = \beta \ln\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)$$

Por lo tanto:

$$\ln\left[\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right] = \beta \ln(t - \gamma) - \beta \ln(\eta)$$

La expresión representa una ecuación lineal:

$$y = \beta x +$$

La cual es una recta con regresión:

$$y = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right] = \ln[-\ln(1 - F(t))]$$

$$x = \ln(t - \gamma)$$

$$a = -\beta \ln(\eta)$$

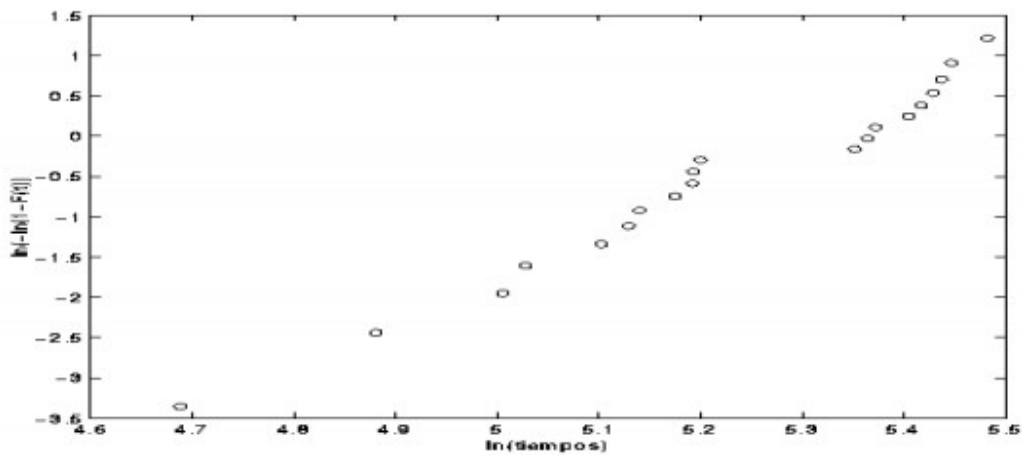


Gráfico para datos como Weibull