

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA
PLANTA DE MECANIZADO DE INDUSTRIAS TANUZI S.A. BASADO EN
ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA
(FMEA)**

**SEIMAR FELIPE HERNANDEZ MORENO
VICTOR ALFONSO PABÓN NEIRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2012**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA
PLANTA DE MECANIZADO DE INDUSTRIAS TANUZI S.A. BASADO EN
ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA
(FMEA)**

**SEIMAR FELIPE HERNANDEZ MORENO
VICTOR ALFONSO PABÓN NEIRA**

Proyecto de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director

**CARLOS BORRAS PINILLA.
Ingeniero Mecánico
Ph.D., Msc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2012**

Dedicatoria

*A mi madre **Alix María Neira**, que con su amor, apoyo y ejemplo me han dado la fuerza necesaria para luchar cada día de mi vida y así lograr cada una de las metas que me he propuesto.*

A mis hermanos y sobrinos quienes son las personas más importantes de mi vida y quienes han sido una fuente de apoyo y motivación para sacar adelante mis objetivos.

A mi abuelita que pese a sus continuos quebrantos de salud siempre me ha apoyado y expresado su anhelo de ver la culminación de este proyecto de formación profesional.

*A la familia **Nieto Sánchez** por su apoyo incondicional y por permitir ese sentimiento de familia.*

*A mi gran amigo **Raúl Antonio Puesme Rivera** por su apoyo, colaboración y amistad.*

Victor Alfonso Pabón Neira.

Dedicatoria

Te dedico este triunfo A TI, PADRE CELESTIAL DIOS TODOPODEROSO REY DEL UNIVERSO y a todas tus huestes divinas por toda la asistencia, protección y fortaleza tanto espiritual como corporalmente, y darme la oportunidad de vivir y encaminarme por esta maravillosa carrera.

A mis mamitas Graciela, Marina, María Helena, por todo el amor, cariño y apoyo en todo el sentido de la palabra, por todos sus consejos, por todas las suplicas, por todas las lágrimas derramadas y sufrimientos a los que se vieron sometidas y que me fortalecieron para sacar mi carrera adelante y poder brindarles un mejor futuro.

A mi Papá Carlos Guzmán, por enseñarme a trabajar, ser ordenado y disciplinado en todas mis labores y responsabilidades.

A Erika, mi Preciosa por toda la paciencia, amor y respaldo incondicional

A mis sobrinitos Sneider y Jean Paul por haberme hecho sanar las heridas académicas que existieron en este camino con sus travesuras y sonrisas.

A la hermana Flor María, y su familia por toda la colaboración y ayuda en todas las formas.

A todos los hermanos de los Estudastrales, que siempre pidieron a Dios por mi protección y fortaleza para llevar a feliz término la culminación de mi carrera.

Por otra parte agradecer a INGESOL LATINOAMERICA en cabeza de los Ingenieros Gabriel Orlando Porras Arévalo y Denyse Elaine Quinto y todo el personal, por el aporte, enseñanza, y liderazgo impartidos en mi experiencia laboral en sus instalaciones.

A don Ricardo Guzmán Alfaro y familia, por compartir sus conocimientos, experiencia, pericia y el alto significado de la estética laboral.

A mi buen amigo Eliecer por toda su ayuda, confianza y abrirme las puertas de su hogar en momentos duros de mi vida.

Y por último a Mario, Yinna Tatiana, Fabio, Rodolfo, Robinson, Deysi, Adriana y toda la tropa del burladero y Socorro, por los buenos momentos necesarios para subir la moral y seguir adelante.



Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos a:

Al Ingeniero Carlos Borrás Pinilla por toda su asesoría como director de este proyecto y por su amistad.

A la gran familia de industrias TANUZI S.A por darnos la oportunidad de realizar nuestro proyecto en sus instalaciones, y de esta manera poder aportar soluciones en favor del mejoramiento y eficiencia de producción, los cuales engrandezcan y reafirmen el buen prestigio y trayectoria como empresa; en especial a Luz Ángela Quiroz Vera y al ingeniero Camilo Sanabria por todo el apoyo recibido para el cumplimiento de las metas planteadas por este proceso.

A todo el valioso equipo de Ingenieros Mecánicos Docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica por toda su ayuda y asesoría en mi formación como profesional

A las Residencias Universitarias de la Universidad Industrial de Santander por acoger a uno de los autores de este proceso (Víctor Alfonso Pabón Neira) y promover su desarrollo profesional y crecimiento personal.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN: INDUSTRIAS TANUZI S.A.....	22
1.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	22
1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	22
1.2.1 Misión	24
1.2.2 Visión.....	25
1.2.3 Estructura organizacional	25
1.2.4 Valores corporativos.	26
1.2.5 Productos y servicios.....	26
1.2.6 Infraestructura.....	27
2 EL MODELO DE MANTENIMIENTO (FMECA) PARA EL ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL	30
2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	30
2.2 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	31
2.2.1 Mantenimiento Correctivo.....	32

2.2.2	Mantenimiento Preventivo.	35
2.2.3	Mantenimiento Predictivo.....	36
2.3	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).	37
2.3.1	Análisis de criticidad de equipos y maquinaria.	38
2.3.2	Método de coeficientes de ponderación.	41
3	EL PROBLEMA.....	42
3.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	42
3.2	JUSTIFICACIÓN.....	44
3.3	OBJETIVOS DEL PROCESO.....	45
3.3.1	Objetivo General.....	45
3.3.2	Objetivos Específicos.....	45
3.4	DISEÑO METODOLÓGICO.....	46
4	ANÁLISIS DE CRITICIDAD (CA) POR FACTORES DE PONDERACIÓN DE LOS EQUIPOS VINCULADOS AL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE INDUSTRIAS TANUZI S.A.	48
4.1	LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO SITUACIONAL DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA.....	48
4.1.1	Centro de Mecanizado.....	48
4.1.2	Fresadoras.....	51
4.1.3	Tornos.....	55

4.1.4	Taladros Radiales.....	61
4.1.5	Mandriladora.....	63
4.2	ANÁLISIS DE CRITICIDAD POR FACTORES PONDERADOS.....	67
4.2.1	Descripción del instrumento.....	68
4.2.2	Selección del personal a entrevistar.	69
4.2.3	Verificación de datos.....	70
4.2.4	Resultados del estudio.....	70
5	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)	73
5.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO	73
5.1.1	Proceso de análisis.....	73
5.2	CARACTERIZACIÓN SISTÉMICA Y POR COMPONENTES DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.....	73
5.2.1	Centro de mecanizado Mazak.	73
5.2.2	Mandrinadora TOS Horizontal HP 100.	76
5.2.3	Torno CNC Mazak Quick Turn 20.....	79
5.2.4	Resultados del proceso FMEA.....	81
5.3	SINTESIS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN MEDIANTE FMEA	106
6	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	109
6.1	PRESENTACIÓN.....	109

6.2	CONCEPTUALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON APOYO DE SOFTWARE.....	110
6.2.1	Gestión del mantenimiento asistida por ordenador (GMAO)	110
6.2.2	Módulo de Mantenimiento del ERP.....	111
6.3	METODOS PARA IDENTIFICAR LAS FALLAS.....	112
6.3.1	Reliability Centered Maintenance	112
6.3.2	FMEA.....	113
6.4	OBJETIVOS.....	116
6.4.1	General.....	116
6.4.2	Específicos	117
6.5	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO PARA EL DPTO DE PRODUCCIÓN CON APOYO DE GEMAC.....	117
	CONCLUSIONES	129
	RECOMENDACIONES.....	132
	BIBLIOGRAFIA	134
	ANEXOS.....	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Planta física de INDUSTRIAS TANUZI S.A.	23
Figura 2 Organigrama de la empresa INDUSTRIAS TANUZI S.A.	25
Figura 3 Ciclo para el desarrollo de productos en Industrias TANUZI S.A.....	27
Figura 4 Plano General de Industrias TANUZI S.A.	28
Figura 5 Plano general de la planta de soldadura de Industrias TANUZI S.A.....	29
Figura 6 Criterios para el análisis de criticidad.....	39
Figura 7 Confiabilidad Operacional.....	40
Figura 8 Imagen comercial de la organización.....	43
Figura 9 Proceso Metodológico	47
Figura 10 Equipos para analizar por Modos y Efectos de falla.	72
Figura 11 Subsistemas del Centro de Mecanizado Mazak.	74
Figura 12 Subsistemas de la Mandrinadora TOS Horizontal HP 100.	76
Figura 13 Subsistemas del Centro de Mecanizado Mazak.	79
Figura 14 Ingreso a la Plataforma Gemac	118
Figura 15 Modulo de gestión de mantenimiento	119
Figura 16 Modulo Actividades a desarrollar	120
Figura 17 Módulo Administración de procedimientos	121
Figura 18 Módulo planificador.....	122
Figura 19 Plan de mantenimiento centro de Mecanizado Mazak.....	123
Figura 20 Plan de mantenimiento Mandrinadora HP 100	124
Figura 21 Plan de mantenimiento torno CNC Mazak Quick Turn	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Perfil de la Empresa TANUZI.....	22
Tabla 2 Ficha técnica Centro de Mecanizado CNC Mazak VTC - 16 B.....	48
Tabla 3 Ficha técnica CNC Leadwell V40.....	50
Tabla 4 Fresadora de consola TOS KURIM FA 5 B-U.....	51
Tabla 5 Fresadora universal TOS CELAKOUVCE.....	53
Tabla 6 Centro de torneado CNC MAZAK QTN20.....	55
Tabla 7 Centro de torneado Shenyang CAK6161DJ.	56
Tabla 8 Torno paralelo Universal SMTCL.....	56
Tabla 9 Torno paralelo Universal ZMM INC SOFIA.	58
Tabla 10 Torno paralelo Universal TARNOW TUJ 50.....	59
Tabla 11 Taladro radial DAR SIN DSR 750 S.....	61
Tabla 12 Taladro Radial IMAT MILL X63350.....	62
Tabla 13 Mandriladora horizontal TOS VANDORSE HP 100.	63
Tabla 14 Mandriladora horizontal W100A.....	64
Tabla 15 Inventario para Maquinaria de TANUZI S.A.....	66
Tabla 16 Ponderaciones de los parámetros del análisis de criticidad.....	67
Tabla 17 Matriz de criticidad del equipo y maquinaria sector productivo industria TANUZI S.A.	71
Tabla 18 Descripción del subsistema del Centro de Mecanizado Mazak.	75
Tabla 19 Descripción del subsistema de la Mandrinadora TOS Horizontal HP 100.	78
Tabla 20 Descripción del subsistema de Torno CNC Mazak.....	80
Tabla 21 FMEA CENTRO DE MECANIZADO MAZACK.VTC 16.....	83
Tabla 22 FMEA MANDRINADORA TOS HORIZONTAL.....	88
Tabla 23 FMEA TORNO CNC MAZACK QUICK TURN.	92

Tabla 24 IPR Torno CNC Mazak Quick Turn.....	106
Tabla 25 IPR Centro de Mecanizado Mazak.....	107
Tabla 26 IPR de Mandrinadora horizontal de mesa TIS HP100	108
Tabla 27 Formato de Inspección del equipo	127
Tabla 28 Formato orden de trabajo.....	128

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A FORMATO PARA CUESTIONARIO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD .	138
ANEXO B PONDERACIÓN TORNO CONVENCIONAL SOFIA.	139
ANEXO C PONDERACIÓN TALADRO- FRESA IMAD X625D	140
ANEXO D PONDERACION CENTRO DE MECANIZADO MAZAK	141
ANEXO E PONDERACIÓN TORNO CNC SHENGYANG	142
ANEXO F PONDERACION TORNO CNC MAZAK QUICK TURN 20	143
ANEXO G PONDERACIÓN MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA HP 100	144
ANEXO H PONDERACIÓN MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA W 100 A	145
ANEXO I PONDERACIÓN TORNO SHENYANG 3MTS	146
ANEXO J PONDERACIÓN FRESADORA TOSH N 5	147
ANEXO K PONDERACIÓN AFILADORA UNIVERSAL DE HERRAMIENTAS TOSH BN 105	148
ANEXO L PONDERACIÓN TORNO CONVENCIONAL AL SHENYANG	149
ANEXO M PONDERACIÓN CENTRO DE MECANIZADO LEADWELL V40.....	150
ANEXO N PONDERACIÓN TORNO CONVENCIONAL TARNOW	151



RESUMEN

TITULO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE MECANIZADO DE INDUSTRIAS TANUZI S.A. BASADO EN ANALISIS DE CRITICIDAD Y ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)*

AUTOR

HERNANDEZ MORENO, Seimar Felipe y PABÓN NEIRA, Víctor Alfonso**

PALABRAS CLAVE

Confiabilidad Operacional, Plan de Mantenimiento, Mantenimiento correctivo, Mantenimiento preventivo, Análisis de criticidad, Análisis de Modos y Efectos de Falla.

DESCRIPCIÓN

El siguiente documento tiene el objeto de presentar el proceso orientado al desarrollo de un plan de mantenimiento en la empresa Industrias TANUZI. S.A. la meta general del proyecto es aumentar la eficiencia, rentabilidad y competitividad del departamento de producción mediante el diseño de un sistema de mantenimiento con base en Análisis de Criticidad y Análisis de efectos y modos de falla. En este proceso se presentan los objetivos desarrollados en el marco de la intervención profesional consistente en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la planta de mecanizado de INDUSTRIAS TANUZI S.A., basado en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla (FMEA), con el fin de aumentar los niveles de disponibilidad de la maquinaria en el desarrollo de los procesos productivos y minimización de costos.

Esto se consiguió mediante la verificación del inventario de los activos vinculados a las líneas de producción, tanto a la línea de reparación de maquinaria pesada minera como a la de reparación y fabricación de piezas para sistemas de embotellado. A continuación se efectuó un diagnóstico del estado del mantenimiento en INDUSTRIAS TANUZI. Seguidamente se determinaron y clasificaron los equipos críticos de las líneas de producción de INDUSTRIAS TANUZI S.A., mediante análisis de criticidad (CA) por el método de riesgo ponderado, y el análisis de modos y efectos de fallas (FMEA), haciendo uso del software de mantenimiento GEMAC con el que cuenta la empresa actualmente. Y finalmente implementó un plan maestro de mantenimiento preventivo para los equipos que presenten mayores niveles de criticidad, cumpliendo con el respectivo protocolo de inspección y mantenimiento.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Ph.D, Msc Carlos Borrás Pinilla.



SUMMARY

TITLE

DESIGN OF A PREVENTIVE MAINTENANCE SYSTEM FOR PROCESSING PLANT INDUSTRY TANUZI Inc FROM A CRITICALITY ANALYSIS AND ANALYSIS OF FAILURE MODES AND EFFECTS (FMEA)*

AUTHOR

HERNANDEZ MORENO, Seimar Felipe y PABÓN NEIRA, Víctor Alfonso**

KEY WORDS

Operational Reliability, Maintenance Plan, Corrective maintenance, preventive maintenance, criticality analysis, Analysis of Failure Modes and Effects.

DESCRIPTION

The following document is intended to present the process aimed at developing a maintenance plan at Industrias TANUZI. Inc. The overall project goal is to increase efficiency, profitability and competitiveness of the production department by designing a maintenance system based on Criticality Analysis and effects analysis and failure modes. In this process, the objectives are developed in the context of professional intervention involving the implementation of a preventive maintenance plan for machining plant TANUZI INDUSTRIES SA, based on critical analysis and analysis of failure modes and effects (FMEA), in order to increase the levels of availability of machinery in the development of production processes and cost minimization.

This was achieved by verifying the inventory of the assets related to the production lines at both line mining machinery repair as the repair and manufacture of parts for bottling systems. This was followed by a diagnosis of the state of maintenance TANUZI INDUSTRIES. Then be identified and classified critical equipment production lines TANUZI INDUSTRIES SA through criticality analysis (CA) by the method of weighted risk, and analyzing fault modes and effects (FMEA), using the software GEMAC keeping with currently available to the company. And finally implemented a preventive maintenance plan for teacher teams to present higher levels of criticality, complying with the relevant inspection and maintenance protocol.

*Work of degree

**Faculty of physical and mechanical engineering. Mechanical engineering school. Director Phd, Msc Carlos Borrás Pinilla.

INTRODUCCIÓN

El siguiente informe presenta el cumplimiento de los objetivos del anteproyecto bajo modalidad de tesis de grado, desarrollado en el departamento de producción de INDUSTRIAS TANUZI S.A., el objetivo general del proyecto es aumentar la eficiencia, rentabilidad y competitividad del departamento de producción mediante el diseño de un sistema de mantenimiento con base en Análisis de Criticidad y análisis de efectos y modos de falla.

En el primer capítulo, se resume la ficha de contexto empresarial de INDUSTRIAS TANUZI S.A., en donde se expresan su plataforma estratégica, sus objetivos, valores, negocio, y procesos desarrollados en su campo de acción. Esta información brindó una orientación metodológica y técnica de conocimiento de los diversos elementos que dispusieron el proceso de mantenimiento realizado.

A continuación, en el segundo capítulo, se presenta las orientaciones teóricas, metodológicas y técnicas a partir del concepto de mantenimiento, su importancia, sus niveles de intervención en la industria, orientándose, principalmente, hacia el desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad en siglas RCM que en este caso contará con el uso de las técnica de factores ponderados que brindará la información respectiva al proceso de análisis de criticidad (CA) que finalmente brindará soporte a la técnica de modos y efectos de falla (FME). No sobra decir que el FMECA una herramienta desarrollada inicialmente para garantizar la confiabilidad de los equipos en el ejército de los Estados Unidos hoy día es utilizada como una herramienta para la para la toma de decisiones que depende de la aplicación en el proceso o equipos a ser utilizados. La oportunidad es tal vez el factor más importante indiferente de la efectividad de la implementación.

Siendo el resultado regularmente el esperado según los objetivos mínimos establecidos.

No obstante, el FMECA busca desarrollar y aplicar actividades que respondan a la confiabilidad; esta también puede ser empleada para distintos propósitos como constituir la mantenibilidad de los equipos, análisis del impacto en seguridad de los procesos, desarrollo e ejecución del plan de mantenimiento y para establecer las acciones en caso de fallas. Estos puntos deben ser considerados en la planeación del FMECA para evitar la saturación de esfuerzos.

En el tercer capítulo se presentan los aspectos relativos a la formulación y cumplimiento de los objetivos planteados en el anteproyecto, para ello presentando el planteamiento del problema de intervención, justificación del mismo, entre otros elementos. En el cuarto capítulo se presenta el inventario de equipos y maquinaria relativa al proceso de producción para ello realizando una caracterización del mismo en el cual se describe la situación general de estos elementos de gran importancia para la producción, asimismo se realizan las evaluaciones respectivas al tema de modos y efectos de falla como eje vertebral de este proceso y finalmente se entregan los resultados de las ponderaciones y el proceso más factible de mantenimiento.

1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN: INDUSTRIAS TANUZI S.A

INDUSTRIAS TANUZI S.A es una organización de amplia trayectoria en el Departamento de Santander, inicialmente cumple con la labor de agotar los diversos procesos de diseño, adaptación y fabricación de repuestos, gestionando una serie de recursos humanos, técnicos, materiales y físicos necesarios para la implementación y desarrollo de procesos productivos que podrán verse con mayor énfasis a continuación. Para ello inicialmente se realizará una descripción general de los productos o servicios realizados, a continuación se presentarán los objetivos misionales y de visión institucional, y finalmente una breve descripción de las actividades, así como otros aspectos que tratarán de proporcionar una imagen institucional y específicamente del sector en sus aportes al desarrollo y renovación de la industria en la ciudad de Bucaramanga.

1.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Tabla 1 Perfil de la Empresa TANUZI

Nombre de la empresa:	INDUSTRIAS TANUZI S.A
Actividad Económica:	Metalmecánica
Dirección:	Calle 22 # 13 – 42 (ver Figura 1)
Teléfono:	6711340
Fax:	6711188
Nit:	840.204.448-1
Ciudad y Departamento:	Bucaramanga - Santander
Representante Legal:	Leonardo Quiroz Vera
Sector económico:	Privado
Página Web:	www.industriastanuzi.com

Fuente: Los autores.

1.2 RESEÑA HISTÓRICA

Industrias TANUZI S.A es una empresa fundada en la ciudad de Bucaramanga (Santander – Colombia), el 20 de diciembre de 1973 e inició actividades bajo la razón social de Taller Industrial TANUZI, con dos líneas de productos. Las líneas de productos de la empresa consistían en la elaboración de piezas y mantenimiento para grandes máquinas del sector del embotellado. En septiembre de 1980 cambia a Industrias TANUZI Ltda., y a partir de septiembre de 1999 toma el nombre actual.

Figura 1 Planta física de INDUSTRIAS TANUZI S.A.



Fuente: Elaboración propia.

Industrias TANUZI S.A es una empresa del sector metalmecánico con 39 años de experiencia, dedicada al diseño, adaptación y fabricación de repuestos, mantenimiento, actualización y reconstrucción general de maquinaria industrial, especializada en los sectores de: Bebidas, petrolero, minero, y alimentos.



En el sector de bebidas cuenta con una amplia experiencia alrededor de toda su trayectoria, con la fabricación de repuestos para diversas máquinas, adicionalmente ha desarrollado equipos como: Enjuagadora rotativa de botellas, transportador de tapas y dosificadoras de tapas, entre otras. En el sector petrolero y minero se especializa en la reparación y mantenimiento de maquinaria pesada. Dentro de su maquinaria y equipo, Industrias TANUZI S.A ha evolucionado desde la fabricación de repuestos con maquinaria convencional, actualizándose con equipos de control numérico que permiten programar la fabricación de piezas optimizando su producción, lo cual facilita el aseguramiento de la calidad de los productos y servicios. En los últimos años, la empresa se ha preparado para crecer realizando cambios importantes tales como: Incremento de la capacidad instalada; adquisición de tecnología necesaria que permita flexibilidad para ajustarse a las exigencias y requerimientos del cliente; y gestión del recurso humano, para responder con productividad los grandes retos y oportunidades debidos a la globalización de los mercados. Con base en esto y gracias a su mejoramiento continuo, INDUSTRIAS TANUZI S.A., recibió la certificación de su sistema de gestión de la calidad, bajo la norma ISO 9001 versión 2000, otorgada por ICONTEC en el mes de septiembre de 2004.

1.2.1 Misión

“Somos una empresa del Sector Metalmecánico que busca satisfacer las expectativas del cliente mediante la creación de valor, con la oferta de repuestos y servicios de alta calidad que permitan obtener beneficios para nuestros colaboradores, socios, proveedores y la comunidad general.”

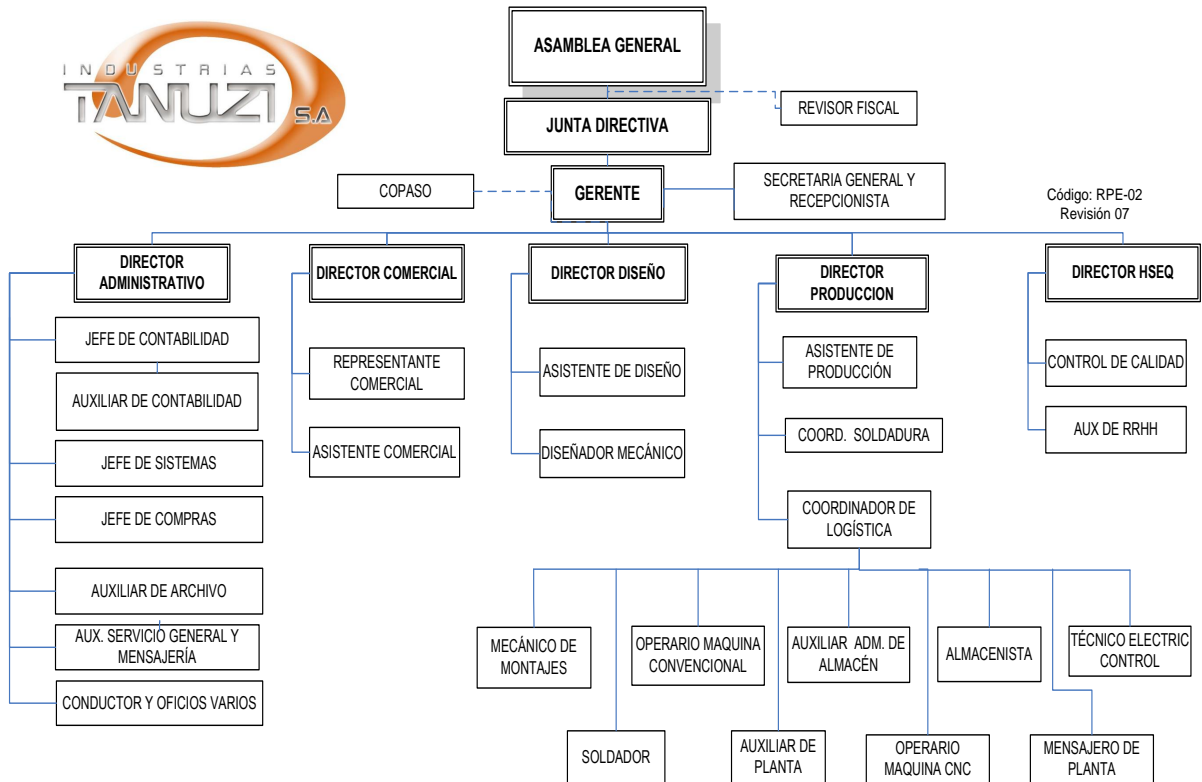
1.2.2 Visión

“Ser una empresa de categoría mundial de alta calidad, competitividad, productividad y rentabilidad que garantice un negocio estable para el cliente y nuestra organización, siendo reconocidos como los mejores proveedores”.

1.2.3 Estructura organizacional

Para esclarecer la estructuración interna y organización de la empresa con sus respectivos niveles jerárquicos, se presenta su organigrama en la figura 2.

Figura 2 Organigrama de la empresa INDUSTRIAS TANUZI S.A.



Fuente: Manual de Calidad de INDUSTRIAS TANUZI S.A.

1.2.4 Valores corporativos.

- **Iniciativa y creatividad.** En todos los procesos llevados a cabo en INDUSTRIAS TANUZI S.A, buscando así el mejoramiento continuo en cada cargo desempeñado, y por ende la satisfacción personal de trabajar en nuestra empresa.
- **Entusiasmo.** Por las actividades realizadas, teniendo presente la oportunidad de poder trabajar y aportar con el conocimiento y habilidades de cada uno de los colaboradores para servir en la sociedad.
- **Honestidad.** En cada acto dentro y fuera de la empresa. Los colaboradores de INDUSTRIAS TANUZI S.A se caracterizan principalmente por este valor, ser honestos de ideología, filosofía y acción.
- **Trabajo en equipo.** Los procesos realizados en la empresa, depende necesariamente del trabajo de todos en equipo, existiendo este concepto los resultados que se proyectan estarán de acuerdo a los objetivos de calidad.
- **Responsabilidad** en las funciones y tareas de cada persona que colabore en la empresa.

Gracias a estos valores INDUSTRIAS TANUZI S.A se ha consolidado en la industria metalmecánica, promoviendo un ambiente ético tanto al interior como exterior de la empresa.

1.2.5 Productos y servicios.

- Desarrollo de productos
- Fabricación de maquinaria
- Fabricación de repuestos

- Servicio de mantenimiento

1.2.6 Infraestructura.

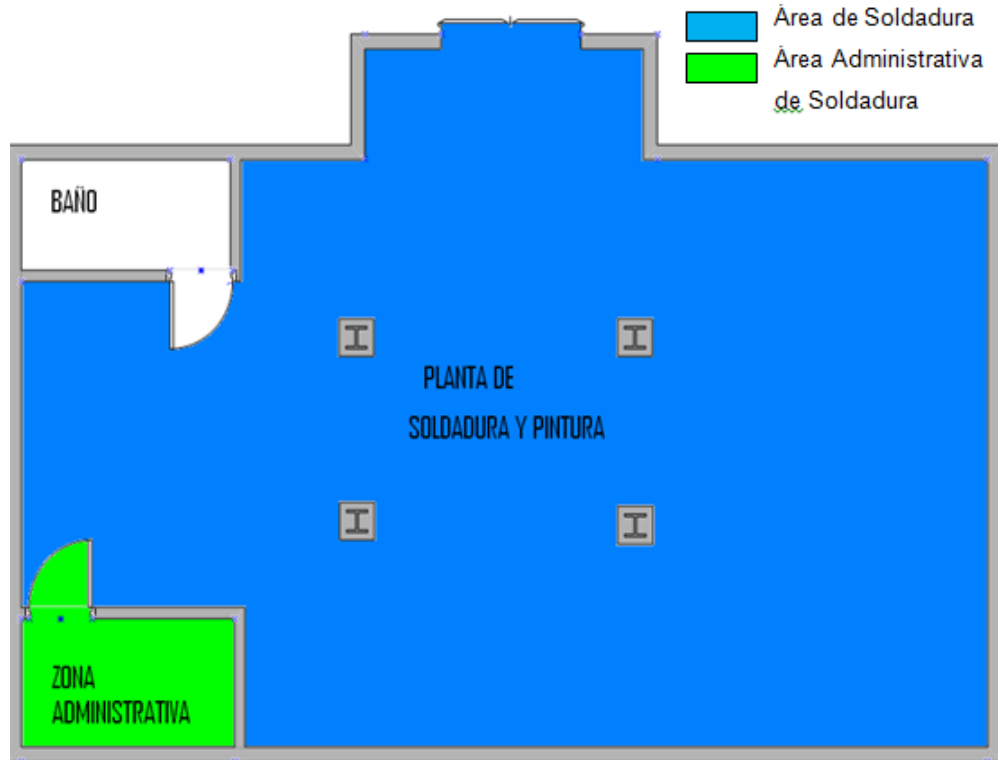
Industrias TANUZI S.A. es una empresa metalmeccánica donde su sistema de producción es por proyecto bajo una estructura organizacional de tipo funcional. La empresa trabaja por áreas, las cuales se ilustran en la figura 3, y que serán descritas a detalle a lo largo del documento.

Figura 3 Ciclo para el desarrollo de productos en Industrias TANUZI S.A.



Fuente: Industria TANUZZI S.A.

Figura 5 Plano general de la planta de soldadura de Industrias TANUZI S.A.



Fuente: Industrias TANUZI S.A.

2 EL MODELO DE MANTENIMIENTO (FMECA) PARA EL ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

En la mayoría de las empresas del sector industrial, un gran porcentaje de criticidad de los equipos se concentra en un número relativamente pequeño de equipos y maquinaria que conforman el sistema de producción. Estos equipos considerados como críticos para su operación deben recibir mayor atención en sus intervenciones tanto de inspección como de mantenimiento. De allí que el objetivo de este capítulo sea desarrollar la teoría, principales conceptos y la metodología relativa al análisis de falla FMECA para los equipos críticos pertenecientes a INDUSTRIAS TANUZI S.A con el fin de determinar las tareas de mantenimiento, ordenándolas de acuerdo con la priorización brindada por las ponderaciones a que conlleva el análisis en criticidad.

2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

“Cada vez son mayores las exigencias de competitividad a las que se ve sometida la industria y que han repercutido directamente en la evolución del mantenimiento aplicado a los equipos y maquinaria del sector industrial”¹. Son muchos los esfuerzos que se están realizando hacia la consecución de los objetivos para el aumento de la disponibilidad de los equipos y reducción de la tasa de fallos intempestivos, que además deber ser alcanzados con una optimización del binomio calidad/costo de mantenimiento.

¹ LEZANA GARCIA, Emilio, Curso superior de mantenimiento industria, Comisión Latinoamericana de Productividad y Medio Ambiente, CAPLAM edición 2001.a. 2010., p. 32

Los continuos avances tecnológicos registrados en la última década han permitido el desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico de estado de equipos, potenciando el mantenimiento predictivo y ha permitido la evolución de las filosofías de mantenimiento basadas en la fiabilidad.²

Es por esta razón que para desarrollar la metodología FMECA³ a los equipos críticos es indispensable primero conocer los conceptos básicos tenidos en cuenta para definir la estrategia de mantenimiento el departamento de producción de INDUSTRIA TANUZI S.A. Asimismo se hace necesario listar y analizar cada componente, teniendo en cuenta para su evaluación el tipo de equipo, su localización, el impacto operacional, la flexibilidad operacional, costo del mantenimiento, el impacto HSE, y al frecuencia de las fallas. Partiendo de la premisa de que la función principal de mantenimiento es garantizar la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad de los equipos en la industria.

2.2 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La palabra se relaciona con la dirección de empresas, aplicada a un sistema técnico y social cuya función básica es crear bienes y/o servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la empresa⁴. La expresión empresa se entiende como un conjunto formado por hombres, máquinas, tecnología, información, planeación y recursos financieros o de cualquier índole que procura alcanzar unos objetivos establecidos con antelación(eficacia y eficiencia), utilizando adecuadamente los

² LUDWIN SWARD, Fredick, Mantenimiento de las maquinas herramientas, Editorial Blume, 1972, Barcelona.,p 98.

³ KNEZEVIC, Jezdimir, "Mantenibilidad", Isdefe, Cuarta Edición, Madrid España 1996.,p.32

⁴ DOUNCE VILLANUEVA, Enrique; LOPEZ DE LEON Carlos; DOUNCE PEREZ Tagle, Productividad en el mantenimiento industrial, Compañía Editorial Continental. 2000, México., p 34-36.

recursos disponibles (eficiencia) y protegiendo la naturaleza. La gestión es el integrador para lograr estas premisas.

La gestión de mantenimiento⁵ se puede definir como la dirección y organización de recursos para controlar la disponibilidad y funcionamiento de la planta industrial a un nivel especificado. El responsable de mantenimiento tiene dos problemas principales: determinar el tamaño y naturaleza de la carga de trabajo de mantenimiento y la organización y control del personal, repuestos y equipos necesarios para responder a ésta carga. Se deben tener en cuenta estas consideraciones: el usuario del equipo debe cooperar con el diseñador, fabricante e instalador en el análisis completo de la fiabilidad y mantenibilidad, también el departamento de mantenimiento debe cooperar estrechamente con el de producción para conseguir el equilibrio óptimo entre los costos de recursos de mantenimiento y la disponibilidad.

2.2.1 Mantenimiento Correctivo.

También conocido como mantenimiento por rotura fue el esbozo de lo que hoy día es el mantenimiento, y consiste en que el equipo funcione al punto que no pueda realizar más su función, después de corregida la falla se deja laborando hasta que algo nuevo ocurra.

“Hasta los años 50, en pleno desarrollo de la producción en cadena y de la sociedad de consumo, lo importante era producir mucho a bajo costo”.⁶ En esta

⁵ NAVARRO ELOLA Luis; PASTOR TEJEDOR, Ana; MUGABURU LACABRERA, Jaime, Gestión de mantenimiento, Compañía Editorial Marcombo S.A., Primera edición, Barcelona España 1997., p. 45.

⁶ RITTMEISTER, Haroldo. Mantenimiento: Conceptos Básicos 17a. Mesa Redonda de Manutenção – IBP. Cabo Frio – 1975., p 78.

etapa, el mantenimiento era visto como un servicio necesario que debía costar poco y pasar inadvertido como señal de que "las cosas marchaban bien".

En esta etapa, "mantener" es sinónimo de "reparar"⁷ y el servicio de mantenimiento operaba con una organización y planificación mínimas (mecánica y engrase) pues la industria no estaba muy mecanizada y las paradas de los equipos productivos no tenían demasiada importancia al tratarse de maquinaria sencilla y fiable y, debido a esta sencillez, fácil de reparar. La política de la empresa era la de minimizar el costo de mantenimiento.

Este tipo de mantenimiento es el más común y conocido por los encargados de los equipos y jefes de mantenimiento⁸, por lo consiguiente obliga al encargado conocer detalladamente el equipo y las fuentes de falla.

Pero no todo es malo en este tipo de mantenimiento tiene justificaciones:

- ✓ Si el equipo no tiene un impacto directo en la línea de producción.
- ✓ El equipo está obsoleto y va a ser reemplazado por nuevas tecnologías.
- ✓ El equipo tiene gemelo.
- ✓ El equipo es más económico reemplazarlo que repararlo.⁹

⁷ ROLDAN VILORIA, J. Manual de mantenimiento de instalaciones Editorial. Paraninfo, 1997, Madrid. Espasa., p. 79-81.

⁸ BARRINGER, Paul – An Overview of Reliability Engineering Principles – [en línea]. Febrero 1996. [citado en 27 Agosto de 2012]. disponible en Internet <http://www.barringer1.com/pdf/Oview_REP.pdf>.

⁹ MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2ª Ed. Medellín: AMG, 2007., p. 54.

- **No planificado**

Este mantenimiento agrupa las acciones a realizar ante un funcionamiento incorrecto, deficiente o incompleto que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo.

Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, entre otros¹⁰.

Este mantenimiento generalmente es de emergencia y se deberá reparar en el menor tiempo posible para evitar sobrecostos y daños materiales y/o humanos mayores.

- **Planificado**

El mantenimiento correctivo planificado consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuesto, y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.

Al igual que el anterior se corrige el daño pero no se tiene el factor de emergencia, se puede disponer de personal sin afectar la producción, como es hacerlo en los tiempos muertos del equipo o al finalizar la jornada de producción¹¹.

¹⁰ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y montajes. En: Asignatura de mantenimiento y montajes. (2010: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

¹¹ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II. Traducción por Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires, Argentina – Madrid, España. Edición en español. USA: Lillington, North Carolina. 2004.

No podemos olvidar que dentro del marco de la confiabilidad y así podamos llegar a predecir un fallo del equipo siempre se termina en un mantenimiento correctivo.

2.2.2 Mantenimiento Preventivo.

Es aquel que se hace con anticipación y de manera programada con el fin de evitar desperfectos, el mantenimiento preventivo consiste en la inspección periódica y confirmar su correcto funcionamiento.

Elementos claves en el mantenimiento preventivo:

- ✓ Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- ✓ Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente,
- ✓ Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- ✓ Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.¹²

El mantenimiento preventivo es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una manera planificada bajo unos protocolos debidamente elaborados según la naturaleza del equipo, con el propósito de descubrir posibles fallos de los equipos o del proceso que pueda ocasionar paradas de la maquina y por ende de la producción.

Dentro de las ventajas del mantenimiento preventivo se encuentran las siguientes:

- ✓ Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.

¹² MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II. Traducción por Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires, Argentina – Madrid, España. Edición en español. USA: Lillington, North Carolina. 2004.

- ✓ Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- ✓ Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- ✓ Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- ✓ Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- ✓ Menor costo de las reparaciones.¹³

2.2.3 Mantenimiento Predictivo.

Lo realizamos después de verificar “en qué condición está”, y sólo si dicha condición indica que la reparación es necesaria, en ambos casos, buscamos Restaurar o Cambiar el elemento que produce el modo de fallo, antes de que ese modo de fallo produzca el fallo funcional, con esto evitamos las consecuencias que el fallo funcional traería consigo si lo dejamos ocurrir, es decir evitamos “esperar el fallo” para corregirlo sólo después de ocurrido”.¹⁴ Nótese que no evitaremos la reparación ni el costo que ocasionará dicha reparación.

Pero Sí evitaremos las consecuencias que tendríamos si dejamos que el fallo ocurra (consecuencias que pueden afectar a la seguridad, a El Curso de Técnicas del Mantenimiento Predictivo aborda con carácter general las distintas tecnologías desarrolladas para el mantenimiento basado en Confiabilidad (RCM / CBM),

¹³ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y montajes. En: Asignatura de mantenimiento y montajes. (2010: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

¹⁴ DUFFUA, Salih O.; RAOUF, A y CAMPBELL, Jhon Dixon. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. México: Limusa Wiley, 2000. 419p.

describiendo su principio físico, su rango de aplicación y las leyes básicas de interpretación de datos o diagnóstico de problemas.

La eficiencia con que la gestión de mantenimiento contribuye para alcanzar la producción total mediante la dotación de capacidades y fiabilidad del parque industrial, se plasma maximizando la disponibilidad de los equipos.

2.3 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).

El mundo del mantenimiento es un mundo cambiante, como resultado de nuevas expectativas, nuevos patrones de fallas de equipo y nuevas técnicas. Además explica cómo estos cambios han generado otros requerimientos en la industria, que siente la necesidad de innovar las estrategias o enfoques de la función mantenimiento.

A pesar de ser nuevo en la industria en general, el RCM¹⁵ ha venido siendo aplicado hace aproximadamente 30 años en la que es probablemente el área más exigente del mantenimiento, la aviación civil. Se deduce que ha sido puesto a prueba y refinado en éste campo, más que ninguna otra técnica existente

RCM es un modelo desarrollado con el fin de ayudar a determinar las mejores políticas para asegurar el cumplimiento de las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas¹⁶. El objetivo del RCM es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de

¹⁵ CONFIABILIDAD.NET, la cultura de la confiabilidad. Desarrollando un plan de mantenimiento.<URL: http://www.confiabilidad.net/invitados/desarrollando_un_plan.htm>.

¹⁶ NTC-IEC 60812 Norma Técnica Colombiana. Sistemas de Gestión. Técnicas de análisis de confiabilidad de sistemas. Procedimiento para análisis de modo de falla y efecto (AMFE).

las actividades necesarias para aumentar la confiabilidad de los equipos según operación y fallas

2.3.1 Análisis de criticidad de equipos y maquinaria.

El Análisis de Criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la Confiabilidad Operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la Confiabilidad Operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad del proceso, confiabilidad humana, confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos. Desde el punto de vista matemático puede expresarse así:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente¹⁷. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

¹⁷ GROSSO, Juan Carlos. Programa de Mantenimiento basado en RCM para los Hidrogeneradores de la Central La Guaca. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander.2004.

Figura 6 Criterios para el análisis de criticidad.



Fuente: Moubay John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2004.

Al hablar de confiabilidad operacional debe tenerse en cuenta cuatro criterios de análisis: confiabilidad humana, confiabilidad de los equipos, confiabilidad del proceso y finalmente, la mantenibilidad de los equipos, tal y como se muestra en la figura a continuación:

Figura 7 Confiabilidad Operacional.¹⁸



Fuente: DURÁN, José. El rol del facilitador en la Confiabilidad Operacional. 2003.

El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y

¹⁸ MORA GUTIÉRREZ. Luis Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Alfa Omega S.A. Bogotá 2009., p 34, 36-39.

tiempo de reparación principalmente¹⁹. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad

2.3.2 Método de coeficientes de ponderación.

Para el análisis de equipos críticos se realiza una evaluación con el objeto de determinar el índice de criticidad de cada equipo. En este método se elabora una tabla en la cual se establecen un conjunto de criterios, que ya tienen preestablecidos unos valores de ponderación los cuales son promediados dependiendo del número de personas evaluadas, para posteriormente hallar los índices de criticidad buscados.

¹⁹ DUFFUAA Salih O, RAOUF A. Y DIXON Campbell Jhon. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control, México; Limusa Wiley S.A, 1a ed 2000.

3 EL PROBLEMA

A continuación se presentará toda la información referente a la formulación del problema objetivo de trabajo de este proceso. A fin de brindar una orientación en torno al sentido del proceso de mantenimiento elaborado

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

INDUSTRIAS TANUZI S.A es una empresa perteneciente al sector metalmecánico, dedicada al diseño, adaptación y fabricación de repuestos, actualización y reconstrucción general de maquinaria industrial. Esta ha evolucionado desde la fabricación de repuestos con maquinaria convencional, hasta actualizarse con equipos de control numérico, que permiten programar la fabricación de piezas optimizando su producción, lo cual facilita asegurar la precisión, calidad y competitividad de sus productos y servicios. Esta empresa fue fundada en la ciudad de Bucaramanga, Colombia, el 20 de diciembre de 1973 e inició actividades bajo la razón social de Taller Industrial TANUZI Ltda., con dos líneas de productos, que consistían en la elaboración de piezas y mantenimiento para grandes máquinas. En septiembre de 1980 cambia a INDUSTRIAS TANUZI Ltda. Y a partir de septiembre de 1999 toma el nombre actual de INDUSTRIAS TANUZI S.A.

La organización presta sus servicios a empresas de gran importancia y con altos estándares de calidad, ofreciendo a sus clientes la mejor alternativa en el servicio especializado de diseño, adaptación y fabricación de repuestos con responsabilidad y calidad total, para satisfacer la entrega del producto en el tiempo y condiciones pactadas, cumpliendo con los requisitos legales del producto,

teniendo como bandera la organización de las tareas y el desarrollo de procesos productivos adecuados a las necesidades.

Esta organización es consciente que el mantenimiento en todos sus niveles es una práctica que comprende indivisibles tareas que deban realizarse a los equipos y maquinaria para mantenerlos en óptimas condiciones de conservación y funcionamiento. Teniendo en cuenta las diversas formas de conceptualizar el mantenimiento se podría determinar de este como el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menor costo posible, la disponibilidad del equipo para la producción desde el punto de vista de la prevención de fallos y la identificación de las causas que provocan un desempeño no óptimo del equipo.

Figura 8 Imagen comercial de la organización.



Fuente: página web de la empresa: www.industriastanuzi.com

Los programas de mantenimiento buscan la disminución de la posibilidad de falla de una pieza o maquinaria, que debe su funcionamiento a diversas variables como son: la manipulación humana, los niveles de deterioro propio del material y las situaciones críticas del proceso productivo. No sobra mencionar que la aparición de fallas puede afectar a los diversos componentes y recursos de una organización, los clientes (internos/externos) a través de accidentes laborales o

incumplimientos serios. Daño contra el medio ambiente, por ejemplo, entre otras situaciones críticas que poco a poco pueden acabar con una organización.

Sin embargo, no sobra mencionar la importancia de la formulación y – sobre todo- seguimiento y control de los planes de mantenimiento desarrollados. Al respecto INDUSTRIAS TANUZI S.A no cuenta con un sistema de mantenimiento a pesar de poseer un software que sintetiza la información correspondiente a la maquinaria y equipo con el que cuenta la empresa para la realización de sus actividades misionales dentro del sector metalmecánico, esta situación, exigiendo su formulación inmediata dentro del cual la Escuela de Ingeniería Mecánica por medio de sus estudiantes asume el compromiso de brindar el apoyo científico y tecnológico que satisfaga estas expectativas.

3.2 JUSTIFICACIÓN

El aumento de los compromisos con clientes externos, aumenta los niveles de expectativas internas de una organización frente a la disminución de fallos. Este principio administrativo se encuentra relacionado con la actual situación de INDUSTRIAS TANUZI S.A., que en los últimos tres años, aumentó sus niveles de facturación y participación económica al ampliar sus operaciones mercantiles con Panamá, Venezuela, Perú y República Dominicana por medio de la prestación de servicios de diseño y reparación de piezas y por tanto irse consolidando como una organización que asume grandes compromisos en los mas altos niveles de responsabilidad. De ahí la importancia de fortalecer sus diversas variables internas como son la autovaloración de los niveles de “salud” de su maquinaria de trabajo, base de sus operaciones y negocios.

Otro de los aspectos que otorga relevancia el desarrollo de este plan de trabajo consiste en la importancia de diseñar y establecer un programa que satisfaga con todos los estándares de diagnóstico y, por ende, responsabilidades que permitan vislumbrar y planear de manera efectiva el origen de una falla, su comportamiento, su relevancia, su impacto y aquellos mecanismos para su superación, venciendo niveles correctivos y posicionándolas en el campo de la prevención y la predicción.

3.3 OBJETIVOS DEL PROCESO

3.3.1 Objetivo General.

Continuar con la misión de la universidad industrial de Santander de aplicar y adaptar conocimientos como instrumento de apoyo en el proceso de formación integral de los estudiantes, dando soluciones a la industria mediante el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la planta de mecanizado de INDUSTRIAS TANUZI S.A., basado en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla (FMEA), con el fin de aumentar los niveles de disponibilidad de la maquinaria en el desarrollo de los procesos productivos y minimización de costos.

3.3.2 Objetivos Específicos.

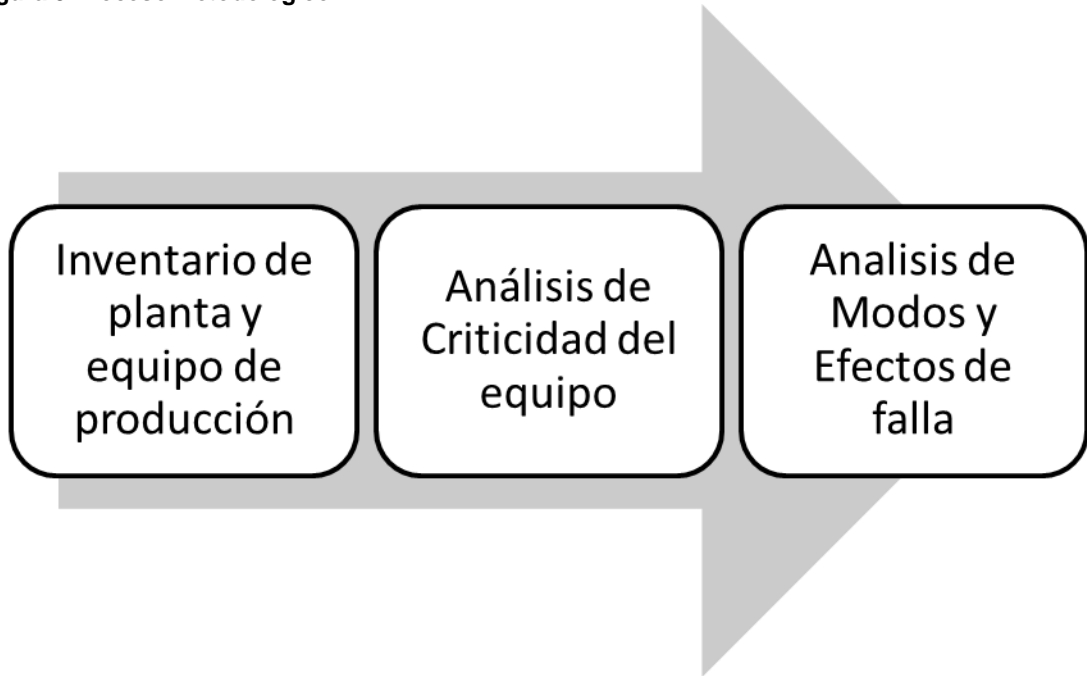
- Verificar el inventario de los activos vinculados a las líneas de producción, tanto a la línea de reparación de maquinaria pesada minera como a la de reparación y fabricación de piezas para sistemas de embotellado.
- Efectuar un diagnóstico del estado del mantenimiento en INDUSTRIAS TANUZI.

- Determinar y clasificar los equipos críticos de las líneas de producción de INDUSTRIAS TANUZI S.A., mediante análisis de criticidad (CA) por el método de riesgo ponderado, y el análisis de modos y efectos de fallas (FMEA), haciendo uso del software de mantenimiento GEMAC con el que cuenta la empresa actualmente.
- Implantar un plan maestro de mantenimiento preventivo para los equipos que presenten mayores niveles de criticidad, cumpliendo con el respectivo protocolo de inspección y mantenimiento.

3.4 DISEÑO METODOLÓGICO.

El diseño metodológico inicia con el acercamiento a la dependencia principal de TANUZI S.A, específicamente el sector de producción, a fin de conocer el manejo que tiene la entidad en torno al tema de mantenimiento. A continuación se procede al levantamiento y aplicación de las acciones referidas a la elaboración del diagnóstico general basado, para ello, en la metodología de FMEA Y CA ó también conocida como FMECA. Que inicia con recolección de información referida al manejo por parte del personal de la planta y equipo. Para una mejor orientación ver la figura 9.

Figura 9 Proceso Metodológico



Fuente: Los Autores. 2012

4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD (CA) POR FACTORES DE PONDERACIÓN DE LOS EQUIPOS VINCULADOS AL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE INDUSTRIAS TANUZI S.A.

A continuación se presenta el desarrollo del primer objetivo de este proceso de mantenimiento realizado en INDUSTRIAS TANUZI S.A, con el fin de establecer el camino más adecuado a las necesidades prestablecidas por esta organización.

4.1 LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO SITUACIONAL DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA.

4.1.1 Centro de Mecanizado.

4.1.1.1 Centro de Mecanizado CNC Mazak VTC - 16 B.

Tabla 2 Ficha técnica Centro de Mecanizado CNC Mazak VTC - 16 B.

		<h2 style="margin: 0;">FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO	CNC - CM - 01	
EQUIPO	Centro de Mecanizado CNC	
FABRICANTE	MAZAK	
MODELO	VTC - 16 B	
CAPACIDAD DE CARGA	100 Kg	
AÑO DE FABR.	1996	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

Diariamente se revisa el nivel y funcionamiento del sistema de lubricación de la bancada así como el sistema de refrigeración de las piezas (Nivel de agua adecuado). El lubricante usado por la bancada el Mobil Vactra # 2.

La máquina en este momento necesita un mantenimiento general, específicamente cambiar rodamientos de los ejes, empaquetadura del husillo y las guías lineales del inspector de herramientas.

Esta máquina cuenta con alarma por pantalla del estado del sistema de lubricación, sin embargo se debe verificar visualmente que el sistema este operando de manera apropiada. Anualmente el operario realiza un mantenimiento general que consiste en desmontar todas las guardas de la maquina, hacer limpieza a fondo, limpiar el tanque de agua y cambiar todo el contenido.

El aceite que lubrica el husillo se cambia cada 2 años (con ciclo de trabajo actual, entre 1 y 2 turnos diarios). Cambio se cumple entre Septiembre-Octubre de 2012. En este momento existen fallas en las guías del inspector, se adaptó para que funcione, pero requiere reparación y ajuste.

La parte eléctrica de la maquina, la revisa el técnico de IMOCON en cada inspección, aun así también se dan avisos por pantalla de fallas luego de auto diagnóstico.

Los sensores están en buen estado, se han cambiado en el pasado pero su vida útil es normal bajo funcionamiento adecuado.

Las memorias de trabajo (canales) se encuentran trabajando solo al 40%, algunos de ellos están bloqueados y no permiten su uso. Esta falla se origina de forma espontanea.

4.1.1.2 Centro de Mecanizado CNC Leadwell V40

Esta máquina trabaja bajo demanda, cubre entre 1 y 2 turnos por día (12-24 Horas). El mayor cuidado de la máquina debe tenerse con la lubricación. Maquina cuenta con un aviso automático de control de nivel por pantalla, así mismo debido a este control si el nivel no es el adecuado la maquina no opera.

Tabla 3 Ficha técnica CNC Leadwell V40.

		FICHA TÉCNICA
CODIGO	CNC - CM - 02	
EQUIPO	Centro de Mecanizado CNC	
FABRICANTE	LEADWELL	
MODELO	V40	
CAPACIDAD DE CARGA	100 Kg	
AÑO DE FABR.	1996	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

El software de programación está en buenas condiciones, así como el de operación. Los finales de carrera se encuentran funcionando y en buen estado, la maquina no presenta desajuste o fallas de precisión.



Uno de los puntos críticos de la máquina, es el estado de las guardas telescópicas que cubren el tornillo de avance de la bancada, si a este espacio entra viruta o cualquier otro objeto, el tornillo se ve afectado y la máquina, su mesa, pierde precisión.

El día 24 de Mayo/2012, se hace la solicitud de mantenimiento, y se trabaja sobre las guardas montándolas y dándoles ajuste con espaciadores de bronce. Esta modificación la realizó INDUSTRIAS TANUZI. Esta máquina utiliza aceite lubricante Mobil Vactra #2.

4.1.2 Fresadoras.

4.1.2.1 Fresadora de consola TOS KURIM FA 5 B-U

Tabla 4 Fresadora de consola TOS KURIM FA 5 B-U.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO		
EQUIPO	Fresadora universal	
FABRICANTE	TOS KURIM	
MODELO	FA 5B-U	
CAPACIDAD DE CARGA	600 Kg	
AÑO DE FABR.	1982	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

El operario de este equipo de forma diaria antes de comenzar su labor revisa que los niveles de aceite sean los adecuados, que los desplazamientos de la bancada sean correctos, y que el recorrido de la misma sea completo.

Utiliza 2 tipos de aceite para la vacada (ISO 32) y para la caja de engranajes (ISO 68), estos aceites solo se están recargando cuando el nivel es bajo.

La maquina presenta un problema de nivelación en el recorrido longitudinal del carro sobre la mesa de trabajo debido al desgaste normal y tiempo en operación de la misma. Cuando este se desplaza sobre los extremos cambia el nivel de la mesa, se hace notorio cuando se trabaja sobre piezas largas.

La parte eléctrica de la maquina ha sido reparada; la bomba del agua sufrió un corto que se reparo, el motor principal necesita un cambio de piezas (escobillas y balineras) ya que a pesar del mantenimiento que se le ha efectuado estas piezas ya cumplieron su vida útil.

Los controles de mando, pulsadores, presentan desgaste en sus contactos y/o tienen el piloto quemado así mismo, la empaquetadura de protección del mando ya esta desgastada sobre los puntos de mayor contacto. Los finales de carrera han recibido mantenimiento correctivo y en este momento se encuentran trabajando de forma continua y normal.

La máquina varia sus horas de operación y trabajo, durante el año (2011) trabajaba a doble turno las 24 horas del día, en la vigencia del año (2012) trabaja bajo una intensidad de entre 8 y 10 horas diarias y en ocasiones 16 horas a doble turno.

En este momento una manguera del sistema de lubricación se encuentra añadida y fue reparada debido al desgaste sufrido por roce con la bancada y/o la viruta que se deposita sobre ella, sería conveniente remplazar esta manguera.



Alrededor del año 2009, la maquina fue reparada ya que el sistema de lubricación de la bancada se encontraba obstruido, en este momento sobre la maquina solo se realizan recargas del fluido hidráulico pero no se lleva un control para el cambio total del mismo en ciertos periodos de tiempo.

Los extremos de la bancada se han endurecido y el desplazamiento del carro sobre la misma ya no es tan fluido o suave como solía serlo, esto puede indicar una deficiencia de lubricación o fallas en el sistema.

El cabezal adjunto de la herramienta genera un sonido fuera de lo normal en el inicio o arranque de su rotación, sobre este cabezal no se puede hacer lubricación (grasa) ya que no se cuenta con una manera de hacerlo.

4.1.2.2 Fresadora universal TOS CELAKOUVCE.

Tabla 5 Fresadora universal TOS CELAKOUVCE.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>	
CODIGO	MEC - FR - 03		
EQUIPO	Fresadora Universal		
FABRICANTE	TOS CELAKOUVCE		
MODELO	FMGJ 32		
CAPACIDAD DE CARGA	400 Kg		

AÑO DE FABR.	1986	
---------------------	------	--

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

El operario diariamente revisa niveles de aceite, aseo de la maquina y antes de comenzar su labor lubrica la bancada de la maquina; una vez finaliza su turno de trabajo realiza aseo nuevamente para dejar la maquina en buenas condiciones de trabajo.

Los sistemas de lubricación de la maquina funcionan adecuadamente, esta máquina cuenta con sistemas independientes para la lubricación de bancadas y el sistema de engranajes principal, cada sistema cuenta con una reserva independiente de lubricante que en este caso es el lubricante de clasificación ISO 32. En este momento el lubricante de la caja de engranajes se cambia cada 2 años y el de las bancadas se recarga cada mes.

Las partes eléctricas, controles de mandos e interruptores se encuentran en buen estado y funcionando de forma adecuada.

El desajuste de la maquina es mínimo y se encuentra dentro de lo esperado a una maquina con estos años de servicio, en ningún momento la maquina ha sido recargada o se han maquinado en ella piezas sobredimensionadas, esto ha permitido que el desgaste sea muy poco y permita el trabajo con precisión dentro de los rangos deseados. La maquina trabaja a 2 turnos, se maneja un mínimo de 16 horas de trabajo, máximo es de 24 horas.

4.1.3 Tornos.

4.1.3.1 Centro de torneado CNC MAZAK QTN20.

Tabla 6 Centro de torneado CNC MAZAK QTN20.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO		
EQUIPO	TORNO CNC	
FABRICANTE	MAZAK	
MODELO	QTN20	
CAPACIDAD DE CARGA	100 Kg	
AÑO DE FABR.	1996	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

Dentro del análisis realizado a este equipo, se encontró que presenta riesgos frente a la frecuencia de paro, más o menos entre 2 y 3 durante el año. Cuando esta maquina para normalmente los pedidos referentes a su función también fallan en cumplimiento ya que es una máquina muy versátil y generalmente es donde se presenta en fenómeno de “cuello de botella”.

Normalmente los fallos se deben a problemas enfocados hacia la productividad total de la organización, por esta razón esta maquina es calificada como critica dentro de la organización.

4.1.3.2 Centro de torneado Shenyang CAK6161DJ.

Tabla 7 Centro de torneado Shenyang CAK6161DJ.

		FICHA TÉCNICA
CODIGO	CNC - CT - 02	
EQUIPO	Centro de Torneado CNC	
FABRICANTE	SHEN YANG	
MODELO	CAK6161DJ	
CAPACIDAD DE CARGA	100 Kg	
AÑO DE FABR.	1998	


Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

Esta maquinaria no presenta deterioro grave de sus componentes, no hay fugas de aceite y el sistema hidráulico no presenta problemas, la parte electrónica se encuentran en perfectas condiciones y su funcionamiento es el adecuado, el operario inspecciona y reporta anomalías para que se les realice mantenimiento y no se conviertan en problemas de alto costo. Los datos generales para el centro de mecanizado torneado CNC SHENG YANG, se muestran en la tabla 6.

4.1.3.3 Torno paralelo Universal SMTCL.

Tabla 8 Torno paralelo Universal SMTCL.

	FICHA TÉCNICA
---	----------------------



CODIGO	MEC - TP - 01	
EQUIPO	Torno Paralelo Universal	
FABRICANTE	SMTCL	
MODELO	CA 6240 A X 1000	
CAPACIDAD DE CARGA	700 Kg	
AÑO DE FABR.	2004	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

El funcionamiento de la máquina (ver tabla 8) en su ciclo normal de trabajo es la correcta, el sistema mecánico se encuentra bien aunque hay piezas que deben ser ajustadas para mayor precisión, el sistema de lubricación no presenta problemas de presión, ni fugas y el cambio de aceite se realiza en los tiempos estipulados, pero no por la planeación de ésta actividad, sino gracias a la pro actividad y el compromiso del operario para con la empresa. El sistema eléctrico está en buenas condiciones y todos los cables y la cabina de conexiones se encuentran aislados.

4.1.3.4 Torno paralelo Universal ZMM INC SOFIA.

Tabla 9 Torno paralelo Universal ZMM INC SOFIA.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>	
CODIGO	MEC - TP - 03		
EQUIPO	Torno Paralelo Universal		
FABRICANTE	ZMM INC.SOFIA		
MODELO	CU 502		
CAPACIDAD DE CARGA	400 Kg		
AÑO DE FABR.	2003		

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

Este torno cada mañana antes de comenzar su rutina de trabajo, es aseado por el operario, el mismo chequea los niveles de aceite y procede a lubricar la bancada antes de comenzar a maquinar alguna pieza.

El torno cuenta con un sistema de retraso al encendido que está ahí para garantizar que la lubricación este funcionando antes de encender el motor de desplazamiento del carro sobre la bancada.

Este torno trabaja con una carga considerable de horas al día, mínimo 18 horas repartidas en 2 turnos de trabajo, pero pueden llegar a ser 24 horas de trabajo en los mismos 2 turnos de trabajo.

La maquina presenta un desajuste en la bancada debido al desgaste normal y esperado que se presenta bajo una demanda de trabajo tan alta, además el torno lleva en funcionamiento alrededor de 10 años.

El sistema eléctrico de esta máquina no presenta ninguna falla, sus motores no han sido reparados o sometidos a mantenimiento, solo se ha cambiado el cableado del torno, en especial los cables expuestos al ambiente, que pueden verse afectados por residuos de agua-aceite y/o virutas. Sin embargo estos han cumplido con su vida útil.

Debido a exigencias y requerimientos de trabajo a esta máquina se le ha acoplado en su motor principal un variador de velocidad en algunas ocasiones.

4.1.3.5 Torno paralelo Universal TARNOW TUJ 50.

Tabla 10 Torno paralelo Universal TARNOW TUJ 50.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO	MEC - TP - 05	
EQUIPO	Torno Paralelo Universal	
FABRICANTE	TARNOW	
MODELO	TUJ 50	
CAPACIDAD DE CARGA	300 Kg	
AÑO DE FABR.	1978	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

El operario de este torno diariamente revisa los niveles de aceite, realiza un aseado y chequeo visual del estado general de la maquina.

Este torno presenta perdidas por fugas en el sistema de lubricación de la bancada, debido a este y pese a que el torno originalmente utiliza 2 tipos de aceite uno para la bancada (ISO 32) y uno para la caja de engranajes (ISO 68), se está empleando uno solo (ISO68) para contrarrestar estas pérdidas.

La parte eléctrica y los componentes eléctricos de este torno no han presentado falla, sobre ellos no se ha realizado ningún tipo de mantenimiento o acción correctiva. La bancada presenta un desgaste normal por trabajo, permite trabajar con precisión de decimas más no de centésimas de milímetro. La maquina trabaja un promedio de 8-10 horas diarias.



Algunos de los engranajes del carro de desplazamiento longitudinal fueron remplazados ya que por ingreso de agua al sistema se oxidaron; esta falla ya fue reparada y corregida permitiendo que la maquina este trabajando de manera normal.

El operario no cuenta con la información y el apoyo suficiente para realizar rutinas de mantenimiento más específicas y completas.

4.1.4 Taladros Radiales.

4.1.4.1 Taladro radial DAR SIN DSR 750 S

Tabla 11 Taladro radial DAR SIN DSR 750 S.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO	MEC -TR - 01	
EQUIPO	Taladro Radial	
FABRICANTE	DAR SIN	
MODELO	DSR 750 S	
CAPACIDAD DE CARGA	100 Kg	
AÑO DE FABR.	1986	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

La máquina (ver figura 22) no presenta ningún tipo de problema, el sistema mecánico, eléctrico y de lubricación se encuentran en buen estado. La máquina se le realiza mantenimiento recientemente y las piezas desgastadas fueron cambiadas. Los datos generales de la máquina se presentan en la tabla 9.

4.1.4.2 Taladro Radial IMAT MILL X63350.

Tabla 12 Taladro Radial IMAT MILL X63350.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO	MEC -TR - 02	
EQUIPO	Taladro Radial	
FABRICANTE	IMAT MILL	
MODELO	X63250	
CAPACIDAD DE CARGA	200 Kg	
AÑO DE FABR.	1977	


Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

El funcionamiento de la máquina (ver figura 21) en su ciclo normal de trabajo es la correcta, el sistema mecánico se encuentra bien aunque hay piezas que deben ser ajustadas para mayor precisión, el sistema de lubricación no presenta problemas de presión, ni fugas de aceite, el sistema eléctrico en general se encuentra en buenas condiciones. La programación de mantenimientos generales ayudará a mantener la máquina en un nivel óptimo de tolerancia. Algunos datos generales del taladro radial IMAT-MILL se pueden visualizar en la tabla 8

4.1.5 Mandriladora.

4.1.5.1 Mandriladora horizontal TOS VANDORSE HP 100.

Tabla 13 Mandriladora horizontal TOS VANDORSE HP 100.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO	MEC - MN - 01	
EQUIPO	MANDRINADORA HORIZONTAL	
FABRICANTE	TOS VANDORSF	
MODELO	HP 100	
CAPACIDAD DE CARGA	1989	
AÑO DE FABR.	15 Ton	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.



Esta máquina trabaja bajo demanda, sus horas de trabajo varían diariamente. El punto crítico de la máquina es la nivelación entre la bancada y la torre anclada al piso. Cuando se realiza trabajo sobre piezas muy grandes la “taladrina” cae al suelo y esta genera un desgaste o deterioro acelerado sobre el piso.

La máquina presenta un desajuste en nivelación menor que permite trabajar sobre piezas que no requieran alto grado de precisión/ajuste en su maquinado.

No se aprecia desgaste en la bancada. Sobre esta máquina se realizó un trabajo de repotenciación eléctrica, cuenta con un visualizador electrónico, control de desplazamiento/mando por pantalla táctil. Todo el sistema es controlado por PLC.

4.1.5.2 Mandriladora horizontal W100A.

Tabla 14 Mandriladora horizontal W100A.

		<h2>FICHA TÉCNICA</h2>
CODIGO	MEC - MN - 02	
EQUIPO	Mandriladora Horizontal de Mesa	
FABRICANTE	TOS	
MODELO	W 100 A	
CAPACIDAD DE CARGA	3 ton	
AÑO DE FABR.	1989	

Fuente: Los autores con base en la información recolectada en INDUSTRIAS TANUZI, 2012.

Diariamente el operario revisa niveles de aceite, realiza una limpieza, una inspección visual y de mandos del estado general de la maquina así como de su desplazamiento correcto.

Esta máquina en este momento (Junio 2012) presenta una desnivelación de la mesa de trabajo respecto al árbol porta herramientas de la misma en sus ejes X y Z.

El desplazamiento sobre el eje X no es confiable en cuando a precisión debido a esta falta de nivel; de igual forma sobre el eje Z no solo se presenta la misma falta de confiabilidad sino que además la regleta de posicionamiento y control de

desplazamiento esta fuera de funcionamiento, si esta se conecta al visualizar de la maquina presenta un error que bloquea todo el sistema o no mantiene los valores predeterminados por el operario.

Todo esto sumado genera que la maquina solo pueda trabajar sobre 2 de los 3 posibles ejes de acción. La parte eléctrica de esta máquina (motores principales) no ha presentado fallas, pero se ha hecho cambio de algunas partes y mejora de otras, en este momento la maquina opera de forma normal.


El sistema de lubricación de mecanizado (taladrina) trabaja de forma adecuado, gracias a su ubicación independiente de la maquina se puede controlar y chequear de forma sencilla.

Esta máquina utiliza fundamentalmente 2 tipos de aceite uno para la bancada (ISO 32) y otro para la caja de engranajes (ISO 68) estos depósitos solo son recargados cuando el nivel baja, no se efectúan cambios completos de aceite cada cierto periodo de tiempo.

En una empresa cuya actividad económica se centre en procesos de mecanizado, es fundamental la presencia y servicios que facilita el torno. Es decir existen ciertos procesos que no se pueden realizar en una máquina herramienta diferente.

Actualmente INDUSTRIAS TANUZI S.A cuenta con una gran variedad de equipos abarcando desde tornos convencionales hasta contar con la gran versatilidad de manejo de los CNC, así como otros equipos que prestan una gran apoyo al desarrollo de sus actividades productivas.

Tabla 15 Inventario para Maquinaria de TANUZI S.A.

		INVENTARIO DE MAQUINAS Y EQUIPOS					
CODIGO DEL EQUIPO	NOMBRE DEL EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	SERIE	CAPACIDAD DE CARGA	OPERARIO	AÑO DE FABICACIÓN
CNC - CM - 01	Centro de Mecanizado CNC	MAZAK	VTC - 16 B	123257	100 Kg	Willinton Lizcano	1996
CNC - CM - 02	Centro de Mecanizado CNC	LEADWELL	V40		100 Kg	Oscar Gil	1996
CNC - CT - 01	Centro de Torneado CNC	MAZAK	QT - N 20	126060	100 Kg	Joaquin Jaimes	1996
CNC - CT - 02	Centro de Torneado CNC	SHEN YANG	CAK6161DJ	AC1715	100 Kg	Hernando Naranjo	1998
MEC - TP - 01	Torno Paralelo Universal	SMTCL	CA 6240 A X 1000	GM00445	700 Kg	Rafael Castrillón	2004
MEC - TP - 02	Torno Paralelo Universal				350 Kg	Adrian Sanchez	1989
MEC - TP - 03	Torno Paralelo Universal	ZMM INC.SOFIA	CU 502	0210008	400 Kg	Arturo Sierra	2003
MEC - TP - 05	Torno Paralelo Universal	TARNOW	TUJ 50	4043	300 Kg	Jaime Rodriguez	1978
MEC - FR - 02	Fresadora de Consola	TOS KURIM	FA 5 B-U	27628	600 Kg	Ivan Romero	1982
MEC - FR - 03	Fresadora Universal	TOS CELAKOUVCE	FMGJ 32		400 Kg	Edgar Esparza	1986
MEC -TR - 01	Taladro Radial	DAR SIN	DSR 750 S	86880	100 Kg	Jorge Tarazona	1986
MEC -TR - 02	Taladro Radial	IMAT MILL	X63250	66208	200 Kg	Orlando Suarez	1977
MEC - MN - 01	Mandrinadora Horizontal	TOS VANDORSF	HP 100	MEKMN01	15 Ton	Cesar Grandinson	1989
MEC - MN - 02	Mandrinadora Horizontal		W 100 A			Hely Jaimes	1989

Fuente: Loa Autores con base en la recolección de datos suministrado pro TANUZI S.A.

4.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD POR FACTORES PONDERADOS

El análisis de criticidad permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los que vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos). Para el caso del análisis del generador se propone seguir la metodología desarrollada por la Consultoría inglesa “The Woodhouse Partnership Limited”,²⁰ llamada el modelo de criticidad “Factores ponderados basados en el riesgo”. Este modelo está basado en el concepto del riesgo así:

Tabla 16 Ponderaciones de los parámetros del análisis de criticidad.

Parámetros de medición de criticidad.	Criterios	Puntaje
Frecuencia de falla	No mas de 1 por año	1
	Entre 2 y 15 por año	2
	Entre 16 y 30 por año	3
	Entre 31 y 50 por año	4
	Mas de 50 por año	5
Tiempo promedio para reparar	Criterios	Puntaje
	Menos de 4 horas	1
	Entre 4 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	3
	Entre 34 y 48 horas	4
Impacto sobre la producción	Mas de 48 horas	5
	Criterios	Puntaje
	No afecta la producción	0,05F
	25% de impacto	0,3F
	50% de impacto	0,5F
Costos de reparación	75% de impacto	0,8F
	La afecta totalmente	1F
	Criterios	Puntaje
	Menos de 3 millones de pesos	3
	Entre 310 y 15 millones de pesos	5
Impacto ambiental	Entre 15 y 35 millones de pesos	10
	Mas de 35 millones de pesos	25
	Criterios	Puntaje
	No origina ningún impacto ambiental	0

²⁰ HUERTA MENDOZA, Rosendo. Club de mantenimiento. Publicación periódica página 12: “El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional”. Aplicación del Análisis de Criticidad en Petróleos de Venezuela. PDVSA E & P Occidente. Autor.

	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta	5
	Contaminación ambiental moderada. No rebasa lo límites de la planta	10
	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad	25
Impacto en la salud y seguridad personal	No origina heridas ni lesiones	0
	Puede ocasionar heridas o lesiones leves no incapacitantes	5
	Puede ocasionar heridas o lesiones graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
Impacto en la satisfacción del cliente.	Criterios	Puntaje
	No ocasiona pérdidas económicas en las otras áreas de la planta	0
	Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV	5
	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV	10
	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV	25

Fuente: Los Autores con base en la recolección de datos suministrado por TANUZI S.A.

4.2.1 Descripción del instrumento.

Respecto al instrumento, una calificación por equipo entre 0 y 20 implica un bajo nivel de criticidad; Un calificación mayor a 20 pero menor a menor o igual a 40 implica un nivel medio y finalmente una calificación mayor a 40 demuestra que el equipo en mención a razón de sus operarios se encuentra en estado crítico alto. Los criterios o parámetros que se utilizaron para la elaboración de las encuestas, las tablas de ponderación y el cálculo de los valores de criticidad de los sistemas fueron los siguientes:

- **Frecuencia de Fallas.** Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.
- **Nivel de Producción.** Representa la producción aproximada por día de la instalación y sirve para valorar el grado de importancia de la instalación a nivel económico.
- **Tiempo Promedio para Reparar.** Es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. El MTTR, mide la efectividad que se tiene para restituir la unidad o unidades del sistema en estudio a condiciones óptimas de operatividad.
- **Impacto en la Producción.** Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- **Costo de Reparación.** Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.
- **Impacto en la Seguridad Personal.** Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.
- **Impacto Ambiental.** Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.
- **Impacto Satisfacción al Cliente.** En el se evalúa el impacto que la ocurrencia de una falla afectaría a las expectativas del cliente. En este caso se considera cliente a las áreas a las cuales se les suministran los servicios industriales.²¹

4.2.2 Selección del personal a entrevistar.

El personal seleccionado para el análisis de la información por medio del enfoque de criticidad fue el siguiente:

- Director de producción.
- Operario por cada una de las máquinas previamente caracterizada.
- Funcionario Encargado de mantenimiento.

²¹ HUERTA MENDOZA, Rosendo. Óp. cit., p 26.

Cada uno de estos funcionarios ponderó cada una de las variables abordadas en el cuestionario, luego estos resultados fueron promediados por máquina o equipo, finalmente estos datos fueron ingresados en la siguiente fórmula:

CRITICIDAD= FRECUENCIA DE FALLA x CONSECUENCIA

Siendo consecuencia= a+b

a = costo reparación+ impacto seguridad personal + impacto ambiental+ impacto satisfacción cliente.

b = impacto en la producción × Tiempo promedio para reparar MTTR.

4.2.3 Verificación de datos

Los anteriores criterios (tabla 16) fueron la base de el cuestionario de aplicación realizado con el personal logístico, operativo y directivo de INDUSTRIAS TANUZI S.A en cada una de las máquinas, modos de uso, costos de producción, a fin de que los sujetos, con base en sus experiencias financieras, de manejo y organización pudieran evaluar el estado de riesgo que sufren sus maquinas a fin de general priorizaciones en el plan de mantenimiento. El personal escogido para la evaluación por equipo fue conformado por el Ingeniero de producción, el supervisor de mantenimiento y el operario de la máquina (ANEXO A).

4.2.4 Resultados del estudio.

La Tabla 17 muestra el resultado de la evaluación de los diversos equipos existentes en el departamento de producción de INDUSTRIAS TANUZI S.A. los

datos particulares de evaluación de cada uno de los equipos corresponden a los anexos B,C,,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M y N respectivamente.

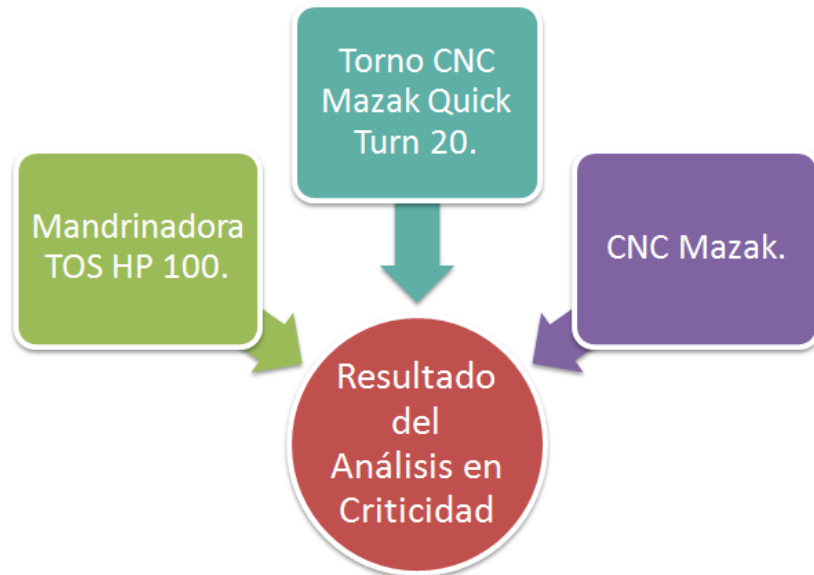
Tabla 17 Matriz de criticidad del equipo y maquinaria sector productivo industria TANUZI S.A.

EQUIPOS	CRITICIDAD	RANGO DE CRITICIDAD
CENTRO DE MECANIZADO "MAZAK"	51,556	40 > ALTA ≤ 60
MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA "HP 100 "	42,733	
TORNO CNC "MAZAK" QUICK TURN 20	42,089	
TORNO CNC "SHENGYANG"	36,667	20 > MEDIA ≤ 40
FRESADORA "TOSH" No 5	36,000	
TORNO "SHENGYANG" 3 MTS	33,541	
MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA "W 100 A"	30,556	
TALADRO - FRESA IMAD X625D	27,574	
TORNO CONVENCIONAL "SOFIA" - HUNGARO	26,133	
FRESADORA "TOSH"	24,667	
AFILADORA UNIVERSAL DE HERRAMIENTAS "TOSH BN 105"	23,244	
CENTRO DE MECANIZADO "LEADWELL V-40"	21,667	
TORNO CONVENCIONAL "SHENGYANG"	17,500	
TORNO CONVENCIONAL TARNOW	7,222	

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Como resultado final del Análisis de Criticidad, se establecieron los 3 equipos que hacen parte del estudio de Análisis de Modos y Efectos de Falla, estos equipos son:

Figura 10 Equipos para analizar por Modos y Efectos de falla.



Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Finalizado este proceso se continúa con el análisis de modos y efectos de falla de estos tres equipos.

5 ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)

Se debe tener en cuenta que mantenimiento significa asegurar que los elementos funciones de una organización continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga, entonces un programa de mantenimiento general debe tener en cuenta todos los sucesos que son contingentes de amenazar esa funcionalidad. Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente manera: Subsistemas y componentes de los equipos críticos

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

5.1.1 Proceso de análisis.

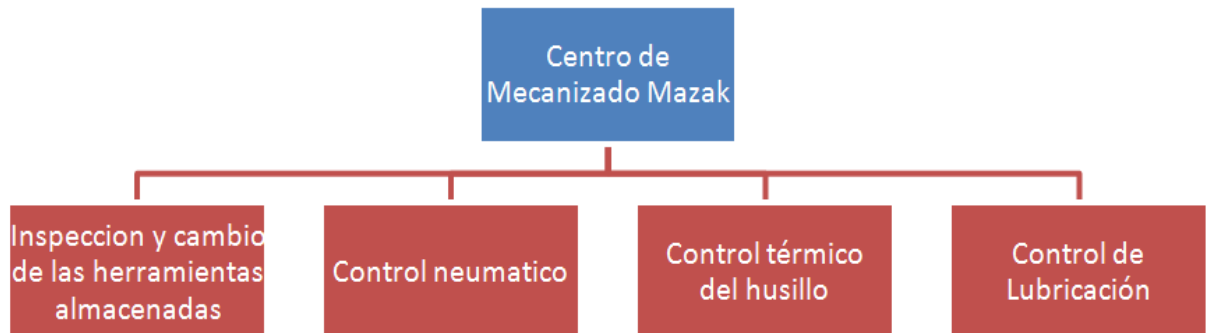
Para el desarrollo de este aparte se tuvieron en cuenta los diversos pasos preestablecidos por el análisis de FMEA para el análisis de los equipos previamente caracterizados. De esta forma se pretendió inicialmente realizar una subdivisión por sistemas que resulte útil para el proceso de verificación de posibles fallas en componentes del equipo. Los libros-manuales para el manejo del equipo y el personal operativo, fueron esenciales para la consecución de este objetivo.

5.2 CARACTERIZACIÓN SISTÉMICA Y POR COMPONENTES DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.

5.2.1 Centro de mecanizado Mazak.

Para la división de este equipo se hizo necesaria la división por cuatro subsistemas susceptibles de análisis en el campo de la ingeniería mecánica y específicamente en el área de mantenimiento.

Figura 11 Subsistemas del Centro de Mecanizado Mazak.



Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

El mecanizado de una pieza en una máquina de CNC en principio es igual que en una fresadora convencional manual. Con la diferencia de que una serie de tareas que en la forma de trabajo convencional las ha de efectuar el operario, aquí las ejecuta el control numérico computarizado.

Para ello antes del comienzo del mecanizado se programa la máquina con todas las instrucciones para ejecutar el trabajo. Durante la fabricación de la pieza, el control toma paso a paso las instrucciones programadas y las ejecuta. Para ello está en contacto con los diferentes componentes de la fresadora a través de sensores y actuadores de los cuales recibe datos y además le envía órdenes respectivamente.

En los ejes de los carros longitudinal, transversal y vertical hay montados motores de avance, que transforma el movimiento de giro del motor en movimiento longitudinal del carro por medio de husillo y tuerca. Con el fin de desplazar la herramienta (carro vertical) o la pieza (carros longitudinal y transversal), el control emite las señales eléctricas correspondientes. Estas señales que sonde control son de muy baja potencia por lo que previamente son amplificadas en un

amplificador del accionamiento y se transmiten al motor de avance correspondiente, el cual entonces mueve el eje y con ello el carro. La velocidad y la dirección del movimiento la debe conocer el control. La forma en que el control sabe cuánto se ha desplazado la herramienta, lo hace a través de sistemas de medición del recorrido que se encuentran en todos los carros de los ejes. Estos sistemas transmiten señales eléctricas al control durante el movimiento de desplazamiento, a partir de las cuales el control calcula el camino recorrido y lo que falta por recorrer, los diversos subsistemas cumplen con las funciones a continuación:

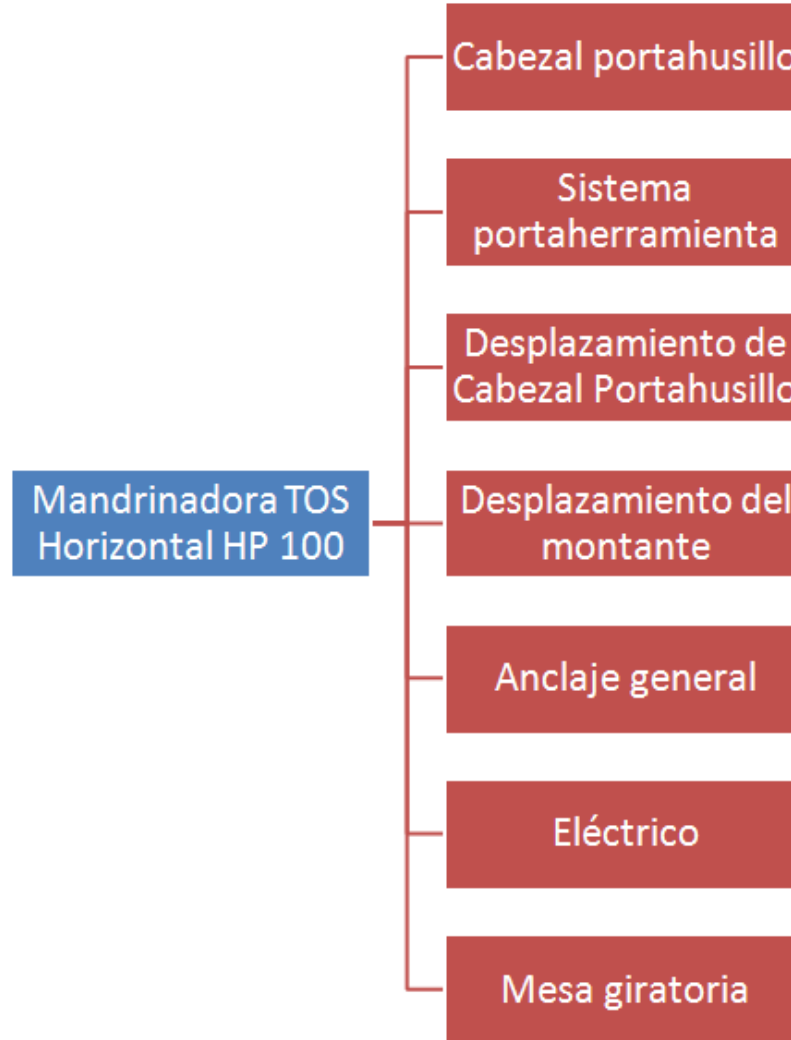
Tabla 18 Descripción del subsistema del Centro de Mecanizado Mazak.

SUBSISTEMA	FUNCIONES	COMPONENTES
INSPECCIÓN Y CAMBIO DE HERRAMIENTAS ALMACENADAS	Realizar el procedimiento de almacenamiento y cambio de herramienta automático	<ul style="list-style-type: none"> • Tambor giratorio de almacenamiento. • Mecanismo índice. • Conjunto transportador.
SISTEMA NEUMÁTICO	Emplear el aire comprimido para transmitir la energía necesaria a los elementos o mecanismos neumáticos del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de aire y regulador. • Válvula solenoide. • Cilindro de aire. • Silenciador. • Lubricador. • Desacelerador. • Control de velocidad. • Válvula de seguridad.
CONTROL TÉRMICO DE HUSILLO	Distribuir el líquido de enfriamiento a través del cartucho del husillo para controlar el calor y la expansión térmica	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba trocoidal. • Intercambiador de calor con filtro y depósito de fluido en la columna de la maquina
CONTROL TÉRMICO DE LUBRICACIÓN	Suministrar aceite lubricante por las cuatro válvulas de dosificación de las guías lineales, al punto sobre la tuerca del tornillo de bolas de cada eje.	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de lubricación. • Interruptor de presión. • Tornillo de bola regulador de la línea del eje x. • Tornillo de bola regulador de la línea del eje y. • Tornillo de bola regulador de la línea del eje z.

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

5.2.2 Mandrinadora TOS Horizontal HP 100.

Figura 12 Subsistemas de la Mandrinadora TOS Horizontal HP 100.



Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

La función de la mandrinadora es reducir el tiempo de ciclo de mecanizado para un número de asientos cilíndricos separados axialmente entre sí y que, sin embargo, siempre permita que se lleve a cabo de forma automática la regulación

radial del elemento de corte, y que, además, presente una estructura relativamente sencilla y proporcione un coste reducido

Al inicio de la operación de mecanizado, se hace que la barra de mandrinar y la contrabarra se introduzcan en el interior del árbol de leva desde lados opuestos hasta que sus extremos se acoplen recíprocamente. Cuando se completa esta operación, el grupo compuesto por la barra de mandrinar y la contrabarra se desplaza a intervalos en la dirección axial por medio del control sincronizado de los dos carriles, de manera que sitúe, en etapas sucesivas, el elemento de corte de la barra de mandrinar en correspondencia con cada uno de los asientos del árbol de leva de la caja de cigüeñal.

Cada vez que el elemento de corte se sitúa en correspondencia con un asiento, se activa el giro síncrono de la barra de mandrinar y de la contrabarra, junto con un movimiento de alimentación axial progresivo para llevar a cabo el mandrinado del asiento específico. Antes y después del mecanizado de cada uno de los asientos, se extrae radialmente el elemento de corte dispuesto en la barra de mandrinar, por medio de un sistema de regulación controlado por el motor, para permitir el nuevo posicionamiento axial del grupo sin crear interferencias entre el elemento de corte y la superficie mecanizada o la nueva superficie que se va a mecanizar. Una vez que el grupo ha sido situado para disponer el elemento de corte en correspondencia con un nuevo asiento para su mecanización, dicho elemento se vuelve a desplazar radialmente hasta su posición de funcionamiento, con el fin de permitir el mecanizado. La regulación radial del elemento de corte también se utiliza para compensar el desgaste sobre el mismo. Ver figura a continuación:

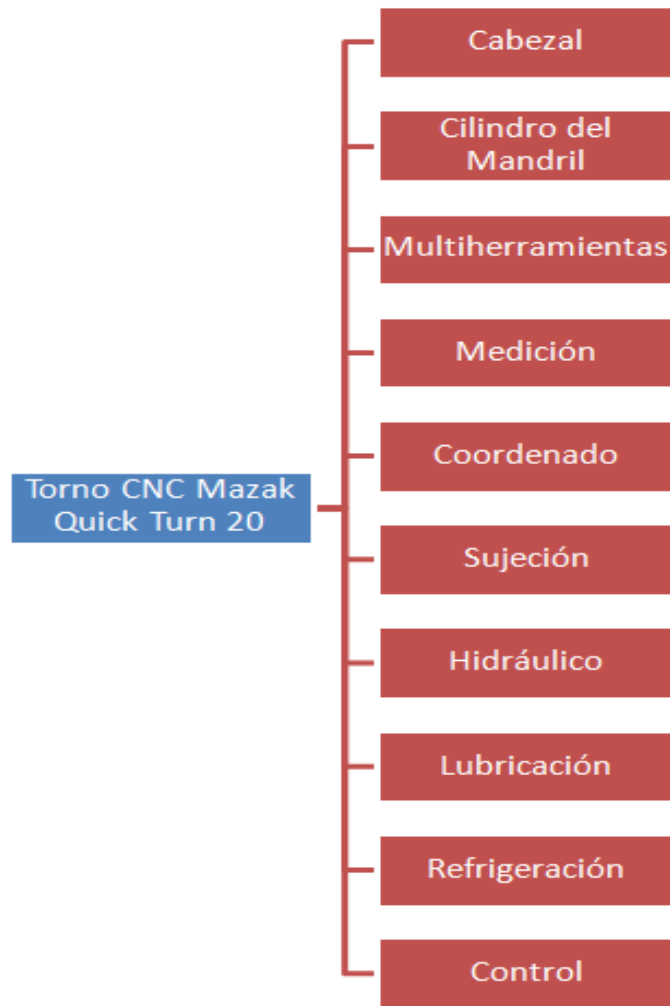
Tabla 19 Descripción del subsistema de la Mandrinadora TOS Horizontal HP 100.

SUBSISTEMA	FUNCIONES	COMPONENTES
Cabezal Portahusillo	<ul style="list-style-type: none"> • Permite el movimiento vertical sobre el montante y sostiene el husillo de trabajo. • Proteger la maquina contra sobrecargas en el mecanismo de avance • Sistema portaherramienta que sujeta las barrinas de mandrinar • Lubricar automáticamente por circulación forzada el cabezal portahusillo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cabezal. • Acoplamiento de seguridad. • Husillo. • Sistema de lubricación del cabezal portahusillo.
Sistema Portaherramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismo que produce avance radial de las herramientas a lo largo del brazo colocado en el eje de rotación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plato de frentado.
Desplazamiento del Cabezal Portahusillo	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta y limita el desplazamiento del cabezal portahusillo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Montante.
Desplazamiento del montante	<ul style="list-style-type: none"> • Desplaza automática y manualmente el montante transversalmente 	<ul style="list-style-type: none"> • Carro del montante.
Anclaje general	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazar en dirección Rectilínea el subconjunto Carrillo-mesa 	<ul style="list-style-type: none"> • Bancada.
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidad eléctrica.
Mesa giratoria	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazar en dirección Rectilínea el subconjunto carrillo-mesa • Permite la variación de las velocidades de avance (8 relaciones de velocidad)" • Suministrar el líquido de presión a las unidades inmovilizadoras (bloqueo del carrillo y de la placa de sujeción) • Unidad giratoria donde se sujetan las piezas a mecanizar 	<ul style="list-style-type: none"> • Bancada. • Caja de avance. • Grupo hidráulico. • Mesa giratoria.

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

5.2.3 Torno CNC Mazak Quick Turn 20.

Figura 13 Subsistemas del Centro de Mecanizado Mazak.



Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

El Torno CNC Mazak se refiere a una máquina herramienta que se utiliza para mecanizar piezas de revolución mediante un software de computadora que utiliza

datos alfa-numéricos, siguiendo los ejes cartesianos X,Y,Z. Se utiliza para producir en cantidades y con precisión porque la computadora que lleva incorporado controla la ejecución de la pieza.

Este torno puede hacer todos los trabajos que normalmente se realizan mediante diferentes tipos de torno como paralelos, copiadores, revólver, automáticos e incluso los verticales. Su rentabilidad depende del tipo de pieza que se mecanice y de la cantidad de piezas que se tengan que mecanizar en una serie.

Los ejes X, Y y Z pueden desplazarse simultáneamente en forma intercalada, dando como resultado mecanizados cónicos o esféricos según la geometría de las piezas.

Las herramientas se colocan en portaherramientas que se sujetan a un cabezal que puede alojar hasta 20 portaherramientas diferentes que rotan según el programa elegido, facilitando la realización de piezas complejas.

En el programa de mecanizado se pueden introducir como parámetros la velocidad de giro de cabezal portapiezas, el avance de los carros longitudinal y transversal y las cotas de ejecución de la pieza. La máquina opera a velocidades de corte y avance muy superiores a los tornos convencionales por lo que se utilizan herramientas de metal duro o de cerámica para disminuir la fatiga de materiales.

Tabla 20 Descripción del subsistema de Torno CNC Mazak

SUBSISTEMA	FUNCIONES	COMPONENTES
Cabezal	<ul style="list-style-type: none"> • Transmitir y limitar la potencia real de la maquina 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor.
Cilindro del mandril	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo que sostiene el material a mecanizar mientras es sometido a movimiento rotacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Mandril

Multi-herramientas	<ul style="list-style-type: none"> Sujetar herramientas de múltiples tipos de filo cortante y posicionarlas en el material a mecanizar 	<ul style="list-style-type: none"> Torreta
Medición	<ul style="list-style-type: none"> Mide la posición de la punta de la herramienta para la función de ajuste de medición y la función de desgaste automático por compensación. 	<ul style="list-style-type: none"> Herramienta visual
Coordenados	<ul style="list-style-type: none"> Servir de guía para mecanizados en la dirección x. Servir de guía para mecanizados en la dirección z. 	<ul style="list-style-type: none"> Eje X; Eje Z.
Sujeción	<ul style="list-style-type: none"> Sujetar la pieza en el lado opuesto del cabezal. 	<ul style="list-style-type: none"> Contrapunto
Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> Suministrar flujo de aceite para generar el accionamiento de la torreta, cabezal, contrapunto. 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad hidráulica
Lubricación	<ul style="list-style-type: none"> Suministrar el aceite lubricante para las guías lineales de los ejes x, z, husillos de bola y el contrapunto. 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de lubricación
Refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> Abastecer de líquido refrigerante la herramienta de corte en el punto de corte y el otro para fragmentos lejos del corte. 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de refrigeración
Control	<ul style="list-style-type: none"> Permitir ultra-alta velocidad de control para el eje, y para el avance rápido acelerado y desacelerado, operaciones del PLC, control óptimo constante de la velocidad periférica, ajuste automático de la torreta, control digital del motor del husillo y los servomotores. Minimiza riesgos por sobrecargas o cortocircuitos en el sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Unidad CNC Cabina control eléctrico.

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.


5.2.4 Resultados del proceso FMEA

Se debe tener en cuenta, inicialmente, que las máquinas fueron caracterizadas, luego se dividieron los diversos subsistemas y a continuación se muestran los resultados del FMEA, con base en la información colectada por los operarios, dado que a pesar de la existencia de una software, este no resulta ser suficiente para garantizar de manera dinámica la actualización de la información por equipo



y menos predecir su estado por medio de la cuantificación de las horas de trabajo.
De allí la importancia de preestablecer un mecanismo

Tabla 21 FMEA CENTRO DE MECANIZADO MAZACK.VTC 16.

 FORMATO PARA ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)						CODIGO					
						REVISION					
						FECHA					
						PAGINA					
EQUIPO	CENTRO DE MECANIZADO MAZACK					NUMERO INVENTARIO					
MODELO	MODELO VTC16 20/30 Mazatrol M-Plus										
DEPARTAMENTO	PRODUCCION					CODIGO MANUAL					
OPERARIO											
INGENIERO DE PRODUCCION				INSPECTOR HSEQ					INGENIERO DE MANTENIMIENTO		
SISTEMA	COMPONENTE	FUNCION	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	CONTROL A EFECTUAR	"P"	"G"	"D"	"IPR"	
INSPECCION Y CAMBIO DE LAS HERRAMIENTAS ALMACENADAS	TAMBOR GIRATORIO DE ALMACENAMIENTO	REALIZAR EL PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE HERRAMIENTA AUTOMATICO	LA INSPECCION AUTOMATICA DE ROTACION ES LENTA	Demora en el mecanizado	Daño en la leva del tambor.	Reemplazar la leva del tambor	3	8	3	72	
			AL HACER LA INSPECCION DE ROTACION SE GENERA RUIDO	Incertidumbre e inseguridad en el mecanizado	Seguidor de leva dañado	Reemplazar o Engrasar el seguidor de leva	4	8	5	160	
	Leva de tambor dañado				Reemplazar o engrasar la leva de tambor						
	Daños a los engranajes cónicos				Reemplazar o engrasar los engranajes cónicos						
	MECANISMO INDICE		EN LA INSPECCION DE HERRAMIENTAS SELECCIONA LAS EQUIVOCADAS	DEMORA EN EL MECANIZADO	Interruptores de posición dañados	Reemplazar interruptor	1	9	2	18	
					Defecto en la posición inicial del interruptor						
	FF CONJUNTO TRANSPORTADOR		VARIA LA POSICION FINAL DE LA CARRERA	MECANIZADOS INCORRECTOS	Tuerca en el cilindro de aire esta floja	Apretar la tuerca y ajustar el eje X en el punto cero	3	5	6	90	
					Problema en la guía lineal.	Inspeccionar la guías lineal.					

			Contragolpe o reacción violenta en la unidad de almacenamiento	DAÑO EN PIEZAS ADJUNTAS A LA UNIDAD	Seguidor de leva dañado	Reemplazar o engrasar el seguidor de leva	3	6	4	72
					Leva de tambor dañado	Reemplazar o engrasar la leva de tambor				
					Daños a los engranajes cónicos	Reemplazar o engrasar los engranajes cónicos				
			Durante la revisión hace ruido al cerrar. (ATC)	DESGASTE DE LAS GUIAS	Problema en la guía lineal.	Inspeccionar las guías lineales.	3	5	6	90
			Problemas en la carga o descarga de una herramienta en el tambor de almacenamiento de herramientas.	DEMORA EN EL MECANIZADO	Engrase inadecuado en el tambor de almacenamiento de herramientas	Reemplazar el portaherramientas	3	6	5	90
						Engrasar el tambor de almacenamiento de herramientas.				
Se hacen intentos para poner una herramienta en el compartimento donde una herramienta ya existe.	DESCONFIGURACION	El interruptor de imágenes del "compartimento de herramientas" está inadecuadamente ajustado.	Ajuste el interruptor de imágenes del "compartimento de herramientas"	3	7	2	42			
			Daño o estado defectuoso del interruptor de imágenes.					Reemplazar el interruptor de imágenes.		
CONTROL NEUMATICO	FILTRO DE AIRE Y REGULADOR VALVULA SOLENOIDE CILINDRO DE AIRE SILENCIADOR	EMPLEAR EL AIRE COMPRIMIDO PARA TRANSMITIR LA ENERGIA NECESARIA A LOS ELEMENTOS O MECANISMOS NEUMATICOS DEL SISTEMA	Disminución del flujo de aire	Averías en la sucesión y dirección de los movimientos de trabajo.	Filtro o regulador de aire obstruido	Limpiar la unidad y reemplazar los componentes de los filtros.	2	9	2	36
			Aparición de gotas de agua en la tubería		Averías en las velocidades y la regularidad de los movimientos de trabajo	Exceso de agua en el sistema				


	LUBRICADOR DESACELERADOR CONTROL DE VELOCIDAD VALVULA DE SEGURIDAD		Incapacidad para regular la presión de aire		Regulador montado al revés	Remontar unidad				
			Fuga de aire en el filtro regulador		Muelle regulador roto	Reemplazar resorte.				
					Válvula estancada	Limpiar la unidad				
					Diafragma o el sello roto	Reemplazar el diafragma o el sello				
					Diafragma roto.	Reemplazar diafragma				
CONTROL TERMICO DEL HUSILLO	BOMBA TROCIDAL INTERCAMBIADOR DE CALOR CON FILTRO Y DEPOSITO DE FLUIDO EN LA COLUMNA DE LA MAQUINA	DISTRIBUIR EL LÍQUIDO DE ENFRIAMIENTO A TRAVÉS DEL CARTUCHO DEL HUSILLO PARA CONTROLAR EL CALOR Y LA EXPANSIÓN TÉRMICA	Refrigeración insuficiente	CALENTAMIENTO O Y DEFORMACION DEL HUSILLO	Presión insuficiente de bombeo	Reemplazar bomba	2	10	3	60
					Fallo del ventilador de refrigeración	Reemplazar ventilador				
					Filtro de aire obstruido	Limpiar o reemplazar filtros				
			Tubería, manguera o Accesorios rotos		Chequear la tubería y reparar o reemplazar					
			Accesorios sueltos		Ajustar o apretar accesorios					
			Bomba dañada		Reemplazar bomba					
insuficiente presión de bombeo	Filtro o manguera obstruida	Limpiar el sistema y reemplazar filtro y fluido								
CONTROL DE LUBRICACION	BOMBA DE LUBRICACION INTERRUPTOR DE PRESION TORNILLO DE BOLA REGULADOR DE LA LINEA DEL EJE X TORNILLO DE BOLA REGULADOR	SUMINISTRAR ACEITE LUBRICANTE POR LAS CUATRO VALVULAS DE DOSIFICACION DE LAS GUIAS LINEALES, AL PUNTO SOBRE LA TUERCA DEL TORNILLO DE BOLAS DE CADA EJE.	No se suministra aceite o muestra una alarma de error en la presión del lubricante	DESGASTE, DETERIORO Y DEFORMACION DE LOS COMPONENTES MECANICOS	Bajo nivel de aceite en el tanque	Adicionar la misma marca o grado de aceite	4	9	2	72
					El motor gira en dirección incorrecta	Chequear el cableado del motor				
					El filtro de succión está obstruido	Limpiar o reemplazar los filtros. Cambiar los filtros				
					Bombeo incorrecto en la cantidad de descarga	Ajustar el bombeo de descarga				
					Daño en la tubería de la bomba (aplastada, doblada o suelta)	Apretar las conexiones o reemplazar la sesión de tubería				

	DE LA LINEA DEL EJE Y TORNILLO DE BOLA REGULADOR DE LA LINEA DEL EJE Z		Viscosidad demasiado alta	examinar aceite y reemplazar con aceite adecuado				
			Aire en el sistema de distribución.	Purgar el sistema de aire				
			Sustancias extrañas en el sistema.	Limpiar el sistema y reemplazar válvulas dosificadoras				
			Chequear la válvula anti retorno pegada	Limpiar o reemplazar válvulas.				
			Interruptor o cableado de presión defectuoso.	Chequear cableado o reemplazar el interruptor de presión				
		No existe incremento de presión en la tubería de distribución principal	No se suministra aceite por las razones anteriores	Corregir las condiciones que se describen.	6	8	3	144
			El empaque del pistón de la bomba está dañado	Reemplazar el empaque del pistón. (oring)				
			Aire en el tubo de suministro de aceite.	Chequear el sistema por debajo del accionador de la bomba para purgar el sistema.				
			Fuga de aceite en la conexiones de la tubería					
			Sección de la tubería dañada	Apretar o instalar nueva tubería y reemplazar sección de tubería dañada				
			Fugas de aceite	Empaque de la bomba dañados				

			Montaje de la bomba suelto	Apretar tornillos	5	4	8	160
			Medidor de aceite desajustado o dañado	Apretar o reemplazar el manómetro				
			Tapón de drenaje suelto	Apretar el tapón del drenaje.				
		Aire en el sistema	Nivel de aceite bajo (aire introducido por el aire de admisión).	Adicionar la misma marca o grado de aceite				
			Incorrecta conexión del tubo en el bloque de succión.	Apretar o reemplazar los accesorios o racores				
			Tubo dañado.	Reemplazar la sección de tubo dañados				

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Tabla 22 FMEA MANDRINADORA TOS HORIZONTAL.

		FORMATO PARA ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)							CODIGO	
									REVISION	
									FECHA	
									PAGINA	
EQUIPO		MANDRINADORA TOS HORIZONTAL							NUMERO INVENTARIO	
MODELO		HP 100								
DEPARTAMENTO		PRODUCCION							CODIGO MANUAL	
OPERARIO										
INGENIERO DE PRODUCCION			INSPECTOR HSEQ			INGENIERO DE MANTENIMIENTO				
SISTEMA	COMPONENTE	FUNCION	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	CONTROL A EFECTUAR	PROBABILIDAD OCURRENCIA "P"	GRAVEDAD DE FALLA "G"	PROBABILIDAD DE NO DETECCION "D"	INDICE PRIORIDAD DE RIESGO "IPR"
CABEZAL PORTAUSILLO	CABEZAL	Permite el movimiento vertical sobre el montante y sostiene el husillo de trabajo	Obstrucción en el recorrido vertical, vibraciones y desajustes	Imposibilidad de mecanizar en sentido vertical	viruta o elementos extraños en el tornillo sinfin	Inspección, limpieza y lubricación del tornillo de traslación vertical, ajustar tomillería general del montante	4	7	3	84
	ACOPLAMIENTO DE SEGURIDAD	Proteger la maquina contra sobrecargas en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Sobrecarga en el sistema de avance	Desajuste en el sistema de embrague	Inspeccionar, corregir y lubricar el acoplamiento de seguridad	5	5	5	125
	HUSILLO	Sistema portaherramientas que sujeta las barrenas de mandrinar	Vibración y desalineamiento, par de giro irregular	Imposibilidad de mecanizar elementos que requieran alta precisión, aumento en el tiempo de mecanizado	Mal funcionamiento del motor eléctrico asincrónico rodamientos en mal estado	Inspeccionar el motor eléctrico y el sistema de embrague cambiar de rodamientos	6	8	4	192


	SISTEMA DE LUBRICACION DEL CABEZAL PORTAHUSILLO	Lubricar automáticamente por circulación forzada el cabezal porta husillo	Lubricación insuficiente en el sistema	Impedir desplazamiento vertical deterioro y desgaste de los componentes internos del cabezal	Bajo nivel de lubricante fallas en la bomba de émbolos	Inspeccionar mirilla del indicador de nivel de lubricante, si es necesario, complete el nivel inspeccionar bomba de émbolos, si es necesario remplace partes defectuosas o cambie la bomba limpiar el colador de la línea de succión cambio de lubricante del sistema	6	10	5	300
SISTEMA PORTAHERRAMIENTAS	PLATO DE FRENTADO	Mecanismo que produce avance radial de las herramientas a lo largo del brazo colocado en el eje de rotación	Obstrucción del desplazamiento radial desajuste mecánico	Imposibilidad de mecanizar radialmente	Baja y descuidada lubricación deterioro en los rodamientos de las ruedas cónicas	Cambiar rodamientos y ajustarlos adecuadamente	4	9	4	144
DESPLAZAMIENTO DEL CABEZAL PORTAHUSILLO	MONTANTE	Soporta y limita el desplazamiento del cabezal porta husillo	Finales de carrera defectuosos leve inclinación del cabezal porta husillo	No limita el desplazamiento del cabezal porta husillo	Uso paulatino desajuste en las regletas del montante	Ajustar finales de carrera y delicadamente los tornillos reguladores de las regletas del montante	4	9	3	108

DESPLAZAMIENTO DEL MONTANTE	CARRO DEL MONTANTE	Desplaza automática y manualmente el montante transversalmente	desajuste del sistema de anclaje a la bancada hay holgura al desplazarse el cabezal porta husillo	mecanizado incorrecto	Uso paulatino	Ajuste delicadamente las cuñas ubicadas entre la base del montante y la bancada ajuste delicadamente los tornillos reguladores de las regletas de la base del montante	4	9	4	144
ANCLAJE GENERAL	BANCADA	Servir de soporte al montante y al carro del montante permitiendo el desplazamiento transversal de la máquina	Obstrucción en el desplazamiento transversal	No permite mecanizar en esa dirección	Insuficiencia de lubricación inclusión de virutas o cuerpos extraños en las guías daños en el sistema de transmisión del movimiento componentes eléctricos o de control averiados	Proteger la superficie de deslizamiento lubricar permanentemente las guías no apoyar objetos sobre la bancada inspeccionar cableados y sistemas eléctricos	3	8	4	96
ELECTRICO	UNIDAD ELECTRICA	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	la máquina no prende el cableado se calienta	Imposibilidad de mecanizar paradas inoportunas de la máquina	Aislamiento del fluido eléctrico interruptores defectuosos	verificar suministro de energía detectar y cambiar	4	10	2	80

			olor a quemado en el cuadro de control	riesgo general de la maquina	cables sueltos componentes eléctricos deteriorados	elementos averiados o en mal estado revisar y ajustar conexiones y terminales sueltos				
MESA GIRATORIA	BANCADA	Desplazar en dirección rectilínea el subconjunto carrillo-mesa	Movimiento rectilíneo nulo	No permite mecanizado, ni perforaciones de gran profundidad	Daños en la cremallera y en el piñón que ejecuta el movimiento	Revisar y lubricar elementos de transmisión	2	9	2	36
	CAJA DE AVANCE	Permite la variación de las velocidades de avance (8 relaciones de velocidad)	Ruido y sobrecalentamiento del sistema	Imposibilidad de cambios de velocidades en el avance	Mal tensionamiento en la cadena desgaste de acoplamiento problemas de lubricación	Inspeccionar y corregir tensión de la cadena reajuste de los acoplamientos electromagnéticos	2	10	3	60
	GRUPO HIDRAULICO	Suministrar el liquido de presión a las unidades inmobilizadoras (bloqueo del carrillo y de la placa de sujeción)	Bajas o subidas por fuera del rango de presión de trabajo (presión de trabajo: 7mpa < p > 9mpa)	No permite el bloqueo de la mesa giratoria	Daño en el contacto del manómetro que prende o apaga la bomba fugas en las mangueras y acoples	Inspeccionar manómetros-contactar revisión de mangueras y acoples hidráulicos	3	8	3	72
	MESA GIRATORIA	Unidad giratoria donde se sujetan las piezas a mecanizar	No gira ni avanza longitudinalmente	Imposibilidad de mecanizado	Problemas en el sistema hidráulico o del carrillo	Inspección y lubricación de la caja de avance y del grupo hidráulico	3	10	2	60

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Tabla 23 FMEA TORNO CNC MAZACK QUICK TURN.

 FORMATO PARA ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)							CODIGO			
							REVISION			
							FECHA			
							PAGINA			
EQUIPO	TORNO CNC MAZACK QUICK TURN						NUMERO INVENTARIO			
MODELO	QTN-20 / 20HP & QT-25C									
DEPARTAMENTO	PRODUCCION						CODIGO MANUAL			
OPERARIO										
INGENIERO DE PRODUCCION			INSPECTOR HSEQ			INGENIERO DE MANTENIMIENTO				
SISTEMA	COMPONENTE	FUNCION	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	CONTROL A EFECTUAR	PROBABILIDAD OCURRENCIA "P"	GRAVEDAD DE FALLA "G"	PROBABILIDAD DE NO DETECCION "D"	INDICE PRIORIDAD DE RIESGO "IPR"
CABEZAL	MOTOR	TRANSMITIR Y LIMITAR LA POTENCIA REAL DE LA MAQUINA	EL MOTOR NO GIRA	IMPOSIBILIDAD DE MECANIZAR	El interruptor de encendido está apagado	Conecte la alimentación	5	10	3	150
					Si el interruptor no está apagado, el interruptor esta sin fusible (ELB) o el contactor magnético es defectuoso	Cambie el interruptor sin fusible o el contactor magnético				
					El voltaje de 3 fases está desequilibrado	Equilibrar el voltaje de 3 fases				
			Motor sobrecargado	Disminuir la carga lateral de la máquina, cambiar el motor, o revisar el cableado						
					Inversor defectuoso, no permite el encendido de la lámpara	Inspección o cambio del inversor				
			EL MOTOR ZUMBA PERO NO GIRA		Carga pesada o el ajuste de aceleración esta corto	Disminuir la carga lateral de la máquina, o aumentar el valor de tiempo Aceleración	3	9	3	81

				Motor defectuoso: debido a desequilibrio en el voltaje de los terminales de salida (UV, VW, WU)	inspección o cambio del motor				
				convertidor defectuoso: Debido a desequilibrio de la tensión en los bornes de salida (UV, VW, WU)	inspección o cambio del inversor				
			EL MOTOR ESTA SOBREALENTADO	motor sobrecargado	Disminuir la carga lateral de la máquina	4	7	5	140
				Inversor averiado: Debido al desequilibrio en el voltaje de los terminales de salida (UV, VW, WU)	inspección o cambio del inversor				
				Obstrucción en el sistema de enfriamiento del motor	Eliminar los obstáculos del sistema Cambiar el motor				
			EL MOTOR NO GIRA SUAVEMENTE	motor sobrecargado	Disminuir la carga lateral de la máquina	3	5	5	75
				Inversor averiado: debido a variaciones en el voltaje de salida durante la aceleración y desaceleración	inspección o cambio del inversor				

					Inversor averiado: Debido a desequilibrio del voltaje en los terminales de salida (UV, VW, WU)	inspección o cambio del inversor							
					Variación de la carga	Reducir la variación de la carga							
					Salida del inversor del voltaje capacitor defectuosa (uso entre 5 y 10 años) si el inversor es nuevo, está defectuoso	Cambiar el voltaje de salida del inversor-condensador de filtrado. Cambiar el inversor							
CILINDRO DEL MANDRIL	MANDRIL	DISPOSITIVO QUE SOSTIENE EL MATERIAL A MECANIZAR MIENTRAS ES SOMETIDO A MOVIMIENTO ROTACIONAL	El mandril no funciona.	MECANIZADOS INCORRECTOS	Una parte o componente del Mandril está dañado.	Desmonte el mandril y sustituya las piezas rotas.	3	9	2	54			
					No gira el cilindro rotatorio hidráulico.	Revise el sistema Hidráulico							
					Se hallan partes corredizas.	Desmontar el plato y elimine o corrija las parte incautadas. Si fuera necesario, cámbielas.							
							Gran volumen de virutas acumuladas dentro del mandril.	Desarme y limpie el porta brocas.	3	6	5	90	
							La mandíbula Maestra no tiene carrera suficiente	Tubería de drenaje se afloja.	Retire y limpie el tubo de drenaje.				
							Material de trabajo se desliza en el mandril	Movimiento de la mandíbula maestra insuficiente	Ajustar la carrera de la mandíbula maestra	4	8	3	96

				Fuerza de sujeción del Mandril es insuficiente.	Establecer correctamente la presión hidráulica.	3	7	4	84
				Mordazas no se forman correctamente para el diámetro de la pieza de trabajo.	Forme la parte superior de las mordazas correctamente.				
				Fuerza de corte es demasiado alta.	Calcular la fuerza de corte; cambiar las condiciones de corte.				
				la mandíbula Maestra y otras piezas deslizantes no son lubricadas correctamente.	Baje la velocidad del eje				
			inexactitud en el mecanizado	Está sacudiendo el mandril.	vuelva a apretar los pernos.				
				Hay Partículas extrañas en el dentado de la mandíbula maestra y Mandril.	Retirar las mordazas y limpie las estriaciones.				
				pernos de la mandíbula superior de fijación están sueltos	Apretar los pernos al par especificado.				
				Mordazas suaves no tienen la forma correcta.	fórmelos correctamente				

					Mordazas son demasiado altas, causando deformación, o pernos de fijación de la mandíbula superior están flojos.	Baje las mandíbulas superiores.				
					La pieza de trabajo se deforma debido a la fuerza de agarre excesivamente alta.	Disminuir la fuerza de agarre.				
MULTIHERRAMIENTAS	TORRETA	SUJETAR HERRAMIENTAS DE MULTIPLES TIPOS DE FILO CORTANTE Y POSICIONARLAS EN EL MATERIAL A MECANIZAR SIGUIENDO UNA PROGRAMACION DETERMINADA	La torreta no se sujeta	IMPOSIBILIDAD DE MECANIZAR	La abrazadera de control de la válvula de solenoide no está funcionando correctamente	Compruebe la válvula solenoide o cámbiela	2	10	2	40
			La torreta no gira a pesar de que se suelta		la torreta aparece no suelta en el menú	El menú de soltado de la torreta es ineficaz	2	10	3	60
					Los dientes del acoplamiento de la torreta índice interfieren unas con otras.	Contactar al representante en el país de MAZACK				
					Los pernos y el elemento de conexión mecánico para fijación de la torreta están flojos.	Vuelva a apretar los pernos y a fijar la torreta				
					Tubería hidráulica en incorrecta.	Verifique la tubería hidráulica.				

		La torreta sigue girando sin posicionarse	El codificador de detección de posición de torreta es defectuoso.	Compruebe el codificador de detección de posición o cámbielo	2	9	2	36
			La válvula de control de solenoide de la abrazadera no está funcionando correctamente.	Limpie la válvula o cámbiela				
			La válvula esta obstruida	Limpie la válvula o cámbiela				
		La torreta gira, pero se detiene a medio camino	Los dientes del acoplamiento índice de la torreta interfieren unos con otros.	Contactar al representante en el país de MAZACK	2	9	3	54
			El control de la abrazadera de la válvula solenoide es defectuoso.	Compruebe la válvula solenoide o cámbiela				
			El codificador de detección de posición de la torreta está defectuoso.	Compruebe el codificador de detección de posición o cámbielo				
		La torreta gira pero no indexa correctamente.	Los dientes de acoplamiento de índice no se involucran correctamente.	Contactar al representante en el país de MAZACK	2	10	2	40
			La torreta no está montado correctamente.					
			El codificador no está montado correctamente.					

					Las Herramientas no está equilibradas.	Equilibre las herramientas				
					El juego en el mecanismo de accionamiento es excesivo	Contactar al representante en el país de MAZACK				
					El elemento mecánico de conexión (anillo de luz) está suelto.	Vuelva a apretar el anillo				
MEDICION	HERRAMIENTA VISUAL	MIDE LA POSICIÓN DE LA PUNTA DE LA HERRAMIENTA PARA LA FUNCIÓN DE AJUSTE DE MEDICIÓN Y LA FUNCION DE DESGASTE AUTOMÁTICO POR COMPENSACIÓN	La herramienta visual no funciona	IMPOSIBILIDAD DE MEDIR RANGOS DE MECANIZADO	El interruptor de proximidad (SQ7 o SQ8) es defectuoso.	Ajuste o reemplace el interruptor de proximidad (SQ7 o SQ8)	2	9	2	36
			Se muestran los siguientes mensajes de alarma: " 209 INCORRECT TOOL EYE ARM POSITI" " 231 TOOL EYE SENSOR MALF"		El cableado está roto o el enchufe está suelto.		2	8	2	32
COORDENADO	EJE X	SERVIR DE GUIA PARA MECANIZADOS EN LA DIRECCION X	El posicionamiento no es exacto	MECANIZADOS INEXACTOS	Las superficies deslizantes no tienen la propiedad de lubricarse.	contactar al representante de mazack en el país	3	10	2	60
					Los pernos, pasadores cónicos y / o tuercas están flojas.	apriételes				
					Acoplamiento está suelto.	apreté nuevamente el acoplamiento				

			El punto cero del eje X no es fijo. (la variación es inferior a 10 mm (0,394 in)).		Perno de montaje para la carrera y punto cero del eje X está suelto.	Vuelva a apretar el tornillo.	3	10	2	60	
			El punto cero del eje X no es fijo. (la variación es mayor que 10 mm (0,394 in)).		El perro de punto cero del eje X no está ajustado.	Ajuste el perro del punto cero del eje X	3	10	2	60	
	EJE Z	SERVIR DE GUIA PARA MECANIZADOS EN LA DIRECCION Z	El posicionamiento no es exacto		La corredera no se lubrican correctamente.	Póngase en contacto con el representante para el país de MAZAK.	3	10	2	60	
Los pernos, pasadores cónicos y / o tuercas están flojas.					Apretelos						
Acoplamiento está suelto.					Vuelva a apretar el acoplamiento.						
				El punto cero del eje Z no es fijo. (La variación de valor es menor que 10 mm (0,394 in)).		Perno de montaje para el punto cero de la carrera del eje Z está suelto.	Vuelva a apretar el tornillo.	3	10	2	60
				El punto cero del eje Z no es fijo. (variando el valor es mayor que 10 mm (0,394 in)).		El perro de punto cero del eje Z no está ajustado.	Ajuste el perro del punto cero del eje Z	3	10	2	60
SUJECION	CONTRAPUNTO	SUJETAR LA PIEZA EN EL LADO OPUESTO DEL CABEZAL	El eje trasero no se mueve hacia adelante y / o hacia atrás.	INSEGURIDAD E INEXACTITUD EN EL MECANIZADO	La potencia de cola del husillo es excesivamente alta.	Ajuste la potencia de empuje	3	10	3	90	

					La válvula solenoide no funciona correctamente.	Revise la válvula de solenoide y reemplácela si es necesario.				
					El sensor de proximidad no funciona correctamente	Ajuste el interruptor de proximidad y sustituyalo si es necesario.				
			El sensor de movimiento rotativo en el centro del cabezal móvil está funcionando mal.		El poder de empuje del eje de cola es excesivamente alto.	Ajuste la potencia de empuje.	2	10	4	80
					El rodamiento interno está roto.	Reemplace el cojinete.				
HIDRAULICO	UNIDAD HIDRAULICA	SUMINISTRAR FLUJO DE ACEITE PARA GENERAR EL ACCIONAMIENTO DE LA TORRETA, CABEZAL, CONTRAPUNTO	Aceite no se descarga.	IMPOSIBILIDAD DE MECANIZAR	La bomba no gira.	Compruebe la conexión del cable de alimentación.	5	9	5	225
					La bomba está rotando en sentido inverso.	Verifique la polaridad de la fuente de alimentación.				
					Tubería de aspiración está obstruida.	Verifique la tubería de aspiración.				
					Filtro está obstruido.	Limpie el filtro				
					Fuga en la tubería de aspiración.	Verifique la tubería de aspiración y su conjunto.				
					Filtro de aspiración no está completamente sumergido en aceite.	Reponer el aceite hidráulico con el mismo grado hasta la línea de referencia en la mirilla de nivel.				

				Manguito de ajuste de volumen de descarga se apreta excesivamente.	Gire el manguito hacia la izquierda.				
				Viscosidad del aceite hidráulico es demasiado alta.	Cambie el aceite con aceite de viscosidad adecuada.				
					Calentar el aceite usando calentador como medidas temporales.				
			no se genera presión aunque el aceite está descargado.	mal funcionamiento de la válvula de alivio	Desmontar e inspeccionar la válvula de alivio.				
				No se aplica la carga en el circuito hidráulico.	Controlar el circuito y aplicar la carga.	2	10	3	60
				Fuga en el sistema hidráulico.	Verifique la tubería y repare la fuga.				
		BAJA EFICIENCIA VOLUMETRICA	Sellos dentro de la bomba están rotos.	Póngase en contacto con el representante en el país de Mazak.	5	8	5	200	
			desgaste anormal debido a porciones de polvo y partículas extrañas						
		El ruido es excesivamente grande.	El filtro está tapado.	Limpie el filtro o cambielo.	5	5	2	50	
			El aire es aspirado desde el tubo de succión	Compruebe el punto de donde el aire es aspirado aplique aceite en las partes					

					sospechosas.				
				Las burbujas en el interior del tanque de reserva.	Comprobar la tubería de retorno y evitar la generación de burbujas.				
				Burbujas atrapadas en el interior de la tubería.	Repita avance lento de la bomba para descargar las burbujas.				
				Bajo nivel de aceite.	Rellenar de aceite hidráulico del grado especificado hasta la línea de referencia en el indicador visual de nivel.				
				Montaje del pie de Bomba no es rígido	Use la base rígida; comprobar pernos flojos también.				
				Bomba de desplazamiento muestra desgaste.	Si el desgaste es anormal, compruebe que la contaminación del aceite, del agua en el aceite, la viscosidad del aceite y temperatura del aceite durante el funcionamiento de la bomba.				
		sobrecalentamiento de la		Generación de calor debido	Si la temperatura	2	8	4	64

			bomba		a la inadecuada eficiencia volumétrica.	superficial de la bomba sube excesivamente, detenga inmediatamente su operación.				
LUBRICACION	UNIDAD DE LUBRICACION	Suministrar el aceite lubricante para las guías lineales de los ejes x, z, husillos de bola y el contrapunto	presión de aceite Lubricación cae por debajo de 1 Kgf/cm ² (14.2 PSI).	DESGASTE DE PIEZAS, MECANIZADOS INCONSISTENTES	Aceite de lubricación es insuficiente.	Agregar aceite lubricante.	4	10	4	160
			El mensaje de alarma, "lubricación de canaleta 260" se muestra en la pantalla de la Control.		Fuga de la tubería de lubricar.	Vuelva a apretar el tubo.	1	9	2	18
					Tubería de lubricación está obstruida	Limpie la tubería.				
REFRIGERACION	UNIDAD REFRIGERANTE	Abastecer de liquido refrigerante la herramienta de corte en el punto de corte y el otro para fragmentos lejos del corte	No se suministra el líquido refrigerante.	Calentamiento y deformación del material y herramientas de corte	El filtro está obstruido.	Limpie el filtro o cámbielo	2	10	1	20
					El refrigerante es insuficiente.	Llenar el líquido refrigerante.				
					El interruptor electromagnético (KM13, Km16) está activado.	Restablezca el interruptor electromagnético (KM 13, KM 16)				

					Si el interruptor electromagnético no se haya activado la bomba de agua está averiada.	Cuando la bomba de agua no funcione, preferiblemente comuníquese con un representante de MAZAK en el país				
CONTROL	UNIDAD CNC	Permitir ultra-alta velocidad de control para el eje, y para el avance rápido acelerado y desacelerado, operaciones del plc, control optimo constante de la velocidad periférica, ajuste automático de la torreta, control digital del motor del husillo y los servomotores	Des configuración del programa matriz	Imposibilidad de mecanizar	Cierre del sistema y apagado incorrecto	Contactar al ingeniero programador	1	10	1	10
	CABINA CONTROL ELECTRICO	Minimiza riesgos por sobrecargas o cortocircuitos en el sistema	Corto circuitos		Tomillos y terminales de elementos eléctricos mal apretados y conectados, cables sueltos, falta de "prueba mínima de tensión" a cables soldados	Tirar de manera adecuada las piezas soldadas con la mano para comprobar rigidez	1	8	2	16
			Soldaduras vencidas				2	8	5	80
			Cabezales de fusibles deteriorados				2	9	4	72

		Puerta de cabina mal cerrada		Parada inoportuna del mecanizado	verificar cierre correcto de la puerta	1	5	4	20
		Visualización de la alarma " 264 thermal trip (single block) "		Sobrecarga del motor	verificar funcionamiento del relevador, si es necesario cambiarlo	2	9	1	18

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

5.3 SINTESIS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN MEDIANTE FMEA

Tabla 24 IPR Torno CNC Mazak Quick Turn.

INDICES DE PRIORIDAD DE RIESGO CRITICOS				
TORNO CNC MAZACK QUICK TURN QTN-20 / 20HP & QT-25C				
SISTEMA	MODO DE FALLA	IPR	ACCIONES CORRECTIVAS	RESPONSABLE
Hidráulico	El aceite no se descarga	225	Llevar control de viscosidad del aceite utilizado y horas de servicio del elemento filtrante	Técnico de mantenimiento
	Baja eficiencia volumétrica	200	Realizar seguimiento diario a la presión de la bomba para programar cita de asistencia técnica por parte del fabricante	Técnico de mantenimiento
Lubricación	Desgaste de piezas, mecanizados inconsistentes	160	Verificar y controlar diariamente nivel y continuidad del fluido lubricante	Técnico de mantenimiento
Cabezal	El motor no gira.	150	Inspeccionar periódicamente voltajes, estado de el inversor y el contacto magnético	Técnico de mantenimiento
	El motor esta sobrecalentado.	140	Controlar carga de trabajo del motor, efectuar mantenimiento periódico en especial hendijas de ventilación	Técnico de mantenimiento

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Tabla 25 IPR Centro de Mecanizado Mazak.

INDICES DE PRIORIDAD DE RIESGO CRITICOS				
CENTRO DE MECANIZADO MAZACK MODELO VTC16 20/30 Mazatrol M-Plus				
SISTEMA	MODO DE FALLA	IPR	ACCIONES CORRECTIVAS	RESPONSABLE
Inspección y cambio de las herramientas almacenadas	Al hacer la inspección de rotación se genera ruido	160	Realizar operaciones de lubricación en intervalos mas cortos	Técnico de mantenimiento
Control de lubricación	Aire en el sistema	160	Purgar la tubería de succión, verificar estanqueidad de todos los elementos	Técnico de mantenimiento
	Fugas de aceite	150	Ajustar acoples roscados en general del sistema, cambiar empaques y elementos deteriorados	Técnico de mantenimiento
	No existe incremento de presión en la tubería de distribución principal	144	Ajustar acoples roscados de la línea de distribución principal, verificar integridad general de la tubería	Técnico de mantenimiento

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Tabla 26 IPR de Mandrinadora horizontal de mesa TIS HP100

INDICES DE PRIORIDAD DE RIESGO CRITICOS				
MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA TOS HP - 100				
SISTEMA	MODO DE FALLA	IPR	ACCIONES CORRECTIVAS	RESPONSABLE
Cabezal Porta husillo	Lubricación insuficiente en el sistema	300	Inspeccionar diariamente el nivel de lubricación, verificar calidad del fluido lubricante, efectuar mantenimiento mensual a la bomba de émbolos	Técnico de mantenimiento
	Vibración y desalineamiento, par de giro irregular	192	Efectuar mantenimiento periódico al motor asincrónico y sus cojinetes y rodamientos	Técnico de mantenimiento
Desplazamiento del montante	Desajuste del sistema de anclaje a la bancada hay holgura al desplazarse el cabezal porta husillo	144	Verificar diariamente el ajuste de las regletas del montante y los tornillos reguladores	Técnico de mantenimiento
Sistema portaherramientas	Obstrucción del desplazamiento radial desajuste mecánico	144	Inspeccionar diariamente continuidad del fluido lubricante y semanalmente los rodamientos de las ruedas cónicas	Técnico de mantenimiento
Cabezal porta husillo	No desembraga al finalizar la carrera	125	Inspeccionar diariamente ajuste del acoplamiento de seguridad	Técnico de mantenimiento
Desplazamiento del cabezal portahusillo	Finales de carrera defectuosos leve inclinación del cabezal portahusillo	108	Efectuar mantenimiento y ajuste a los finales de carrera, ajustar suavemente los tornillos de las regletas del montante	Técnico de mantenimiento

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

6 PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

6.1 PRESENTACIÓN

Luego de conseguidos los resultados del Análisis de Criticidad y el Análisis de Modos y Efectos de Falla, herramientas que brindaron derroteros para el estudio de los tres equipos de mayor criticidad en el departamento de producción de Industrias TANUZZI S.A se formuló un plan de mantenimiento preventivo general que permite reducir las paradas imprevistas, los costos de mantenimiento y un mejor control de personal, materiales y equipos.

INDUSTRIAS TANUZZI S.A es una organización en crecimiento por tanto está enfrentando los problemas propios de esta actividad, donde controlar y supervisar se torno una operación compleja, por tanto en la búsqueda de proyección, consolidación y exigencias del mercado hace un llamado a la academia para generar una sinergia que permita superar los obstáculos de un mercado competitivo con altos estándares de calidad.

Con base en el análisis realizado queda clara la necesidad de implementar un programa de mantenimiento enfocado hacia la prevención dado que una parte significativa del estudio realizado mostró una gran tendencia a lo correctivo por lo cual el objetivo de este proyecto es el desarrollo de una primera etapa que permita crear el ambiente y condiciones desde el enfoque del mantenimiento preventivo dirigida hacia el control de los procesos con el diseño de rutinas y chequeos que permitan el seguimiento.

A continuación se desarrolla la estrategia de mantenimiento a implementar en INDUSTRIAS TANUZZI S.A, con base en los requerimientos de la organización, información recolectada y el diagnóstico hecho en el transcurso de este proyecto.

6.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON APOYO DE SOFTWARE.

6.2.1 Gestión del mantenimiento asistida por ordenador (GMAO)

La Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO) es una metodología consistente en la informatización de todos los datos, informes y procesos de Mantenimiento para mejorar la accesibilidad, facilitando la consulta y la extracción de conclusiones, con el fin de optimizar todas las tareas relacionadas con la gestión de los activos industriales, consiguiendo así una disminución del número, duración y coste de las averías.

La aplicación de esta metodología ha dado lugar a la aparición de gran variedad de programas de software comerciales, algunos enfocados a sectores concretos y otros para uso general, cada uno con sus características propias, y cubriendo un amplio rango de precios. Estos programas pueden tratarse de sistemas independientes, o pertenecer en forma de módulo a un software tipo ERP (Enterprise Resource Planning, o Planificación de Recursos de la Empresa) como SAP, Oracle-PeopleSoft, Microsoft Business Solutions o Sage Group.

Un paquete de software, o módulo, típico suele tener las siguientes características:

- Administración de activos: almacenamiento de datos sobre los activos de la empresa como especificaciones, garantías, contratos de revisión, fecha de compra o tiempo de vida esperado.
- Órdenes de trabajo: programación de tareas, asignación de personal, reserva de material, anotación de costes y registro de las causas de los problemas, tiempo de respuesta, tiempo de parada
- Mantenimiento preventivo: registro de las inspecciones y tareas de mantenimiento preventivo, incluyendo instrucciones paso-a-paso o listas de verificación, listas de material requerido y otros detalles. Además, algunos software GMAO avanzados son capaces de programar estas tareas automáticamente basándose en los datos históricos almacenados.
- Control de inventario: gestión de repuestos, herramientas y utillajes, con la capacidad para reservar partes para intervenciones programadas, recordando que cada artículo se encuentra almacenado y determinante cuando hay que hacer un pedido de nuevas unidades, basándose en la frecuencia de uso de cada producto.
- Estos sistemas se instalan en la red interna de la empresa, permitiendo el acceso desde cualquier ordenador, y donde cada trabajador puede acceder a unas opciones diferentes según su rango.

6.2.2 Módulo de Mantenimiento del ERP

Los sistemas de Planificación de Recursos de la Empresa (ERP) son sistemas de software que integran todas las facetas de un negocio, desde la planificación, producción y ventas, hasta el marketing, permitiendo una optimización de los procesos industriales, un acceso a toda la información de manera fiable y precisa,

y una mejora del servicio a los clientes. Estos sistemas están compuestos por una serie de módulos que responden a los procesos operativos de las empresas. Pueden ser agrupados en tres grandes áreas (financiera, logística y recursos humanos), aunque funcionan de manera integrada, dado que existe una conexión natural entre los diferentes procesos.

Dentro de estos sistemas ERP existe un módulo de Mantenimiento de Plantas (conocido como PM - Plant Maintenance), que está orientado a cubrir todas las actividades de Mantenimiento, apoyando la planificación, programación y ejecución, poniendo énfasis en la disponibilidad de equipos y personal, y en el control de costes, garantizando de esta manera la actualización de la base de datos y la optimización de los procesos del negocio.

El módulo de Mantenimiento de Plantas consta de todas las características de los sistemas GMAO mencionadas anteriormente, pero como ventaja, éste se encuentra relacionado con la resto de paquetes del ERP (por ej, el paquete de Calidad o el de Control de la Producción), permitiendo unos análisis de la situación con una profundidad y detalle inalcanzables por un software GMAO convencional.

6.3 METODOS PARA IDENTIFICAR LAS FALLAS

6.3.1 Reliability Centered Maintenance

El Reliability Centered Maintenance (RCM), o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, es una palabra creado a mediados del siglo pasado para describir una forma costo-efectiva de mantener sistemas complejas.El método RCM se basa en la formulación de 7 preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué manera puede fallar?
- ¿Qué causa el fallo?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?

Como aplicación del concepto RCM nació el FMEA, Process Failure Mode and Effect Analysis, una metodología que permite para cada producto o proceso, asignar un valor numérico para cada una de las preguntas anteriores para un posterior análisis.

6.3.2 FMEA

Modos de Falla y Análisis de Efectos (FMEA) es un método sistemático y proactivo para evaluar un proceso para identificar dónde y cómo se puede fallar y para evaluar el impacto relativo de fallos diferentes, con el fin de identificar las partes de la proceso que son las más necesitadas de cambio. FMEA incluye la revisión de:

- Pasos en el proceso
- Modos de fallo (¿Qué podría salir mal?)
- Causas de fallo (¿Por qué el fracaso suceder?)
- Efectos de fallo (¿Cuáles serían las consecuencias de cada falla?)

Para identificar el potencial de diseño y errores de proceso antes de que ocurran y

minimizar el riesgo de incumplimiento por cualquiera de los cambios de diseño que proponen o bien, si estos no se puede formular, proponer procedimientos operativos. En esencia, el FMEA es:

- Identificar el equipo o subsistema, modo de operación y el equipo;
- Identificar los modos de falla potenciales y sus causas;
- Evaluar los efectos en el sistema de cada modo de fallo;
- Identificar medidas para eliminar o reducir los riesgos asociados a cada modo de fallo;
- Identificar los ensayos y pruebas necesarios para demostrar las conclusiones y
- Proporcionar información a los operadores y mantenedores para que entiendan las capacidades y limitaciones del sistema para lograr el mejor rendimiento.

El informe se estructurará en las conclusiones que se han desarrollado a partir de hojas de cálculo. Los resultados se centrará en los modos de falla encontrados que puedan tener efectos significativos sobre el sistema y el grado en que categorías, por ejemplo, catastrófico, etc crítica, hasta el valor mínimo o molestia.

Un FMEA que cubre el sistema completo (que puede incluir FMEAs de diversos fabricantes subsistema) debe abarcar los FMEAs de una revisión y un análisis de las interfaces entre los subsistemas. Un FMEA debe contener un programa de pruebas prácticas y los resultados de dichas pruebas.

Durante el curso del análisis, habrá modos de fallo que son difíciles de evaluar, por lo que durante el análisis se deberán diseñar una serie de pruebas diseñan para evaluar los fracasos en la práctica.

El FMEA debe comenzar en la etapa más temprana que el diseño y el programa de desarrollo permitan, incluso para asistir a un nivel superior en la identificación de debilidades potenciales durante el diseño conceptual.

Por otra parte existen metodologías que pretenden anticiparse a los fallos de los equipos ya desde la fase de diseño, analizando los procesos de manera sistemática para identificar los puntos potencialmente peligrosos, permitiendo así aplicar las modificaciones necesarias con un coste mucho menor que si se aplicaran una vez construida la máquina.

Estas metodologías y los diversos tipos de mantenimientos no son alternativos sino complementarios, dado que la documentación generada en la fase de diseño puede ayudar en la fase de explotación del equipo para, por ejemplo, diseñar un plan de mantenimiento preventivo.

En esta memoria se hace referencia al PFMEA, Process Failure Mode and Effect Analysis, una metodología desarrollada en la industria aeroespacial a mediados de los años 1960, para posteriormente expandirse se uso en la industria nuclear y más tarde en la del automóvil.

El PFMEA consiste en un método analítico para asegurar la calidad mediante la prevención aplicado durante la fase de diseño del proceso. Sirve para encontrar los fallos potenciales de un proceso, para evaluar su importancia y para identificar acciones apropiadas para prevenir estos fallos potenciales o para permitir descubrirlas a tiempo.

El análisis sistemático y la eliminación de puntos débiles conduce a la minimización de riesgos, la reducción de los costes por fallo ya una mejora en la fiabilidad.

Este método analiza, para cada proceso existente, la función, los modos de fallo, los efectos de este fallo y sus causas. También incluye los procedimientos y elementos instalados que permiten evitar este fallo, o detectarla en caso de que se produzca. Se analiza para cada fallo la relevancia de las consecuencias (S), la probabilidad de ocurrencia (O) y la probabilidad de detección (D), asignando un valor numérico, donde 1 denota poca importancia o probabilidad, y 10 implica efectos extremadamente probables, serios o difícil detección.

Finalmente se calcula el parámetro RPN (Risk Priority Number) como el producto de los valores (S) x (O) x (D), y se compara el valor con un límite previamente especificado.

Además, en algunos casos se puede especificar límites también para los parámetros (S), (O) y (D) (por ej, 9) En caso de sobrepasar alguno de los límites, habrá que aplicar modificaciones para reducir el valoración.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 General

Diseñar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo para el Centro de Mecanizado Mazak, Mandrinadora Horizontal de mesa HP 100 y el Torno CNC Mazak Quick Turn 20 en el departamento de producción de Industrias TANUZZI S.A. con el apoyo del programa Gemac.

6.4.2 Específicos

- Fortalecer las prácticas de operación de las maquinas seleccionadas
- Diseñar formatos de seguimiento y control de la maquinaria que se articulen con el software..
- Mejorar los procedimientos de mantenimiento.

6.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADO PARA EL DPTO DE PRODUCCIÓN CON APOYO DE GEMAC.

El plan de mantenimiento preventivo para la el departamento de producción de INDUSTRIAS TANUZZI S.A fue realizado para los tres equipos más críticos, según los resultados del Análisis de Criticidad, además, está hecho con base en los modos de falla que se obtuvieron en el Análisis de Modos y Efectos de Falla y fue realizado en la plataforma del software de mantenimiento Gemac.

El plan de mantenimiento diseña rutas de inspección que proporcionan información del estado de los componentes que hacen parte de los tres equipos críticos de este departamento.

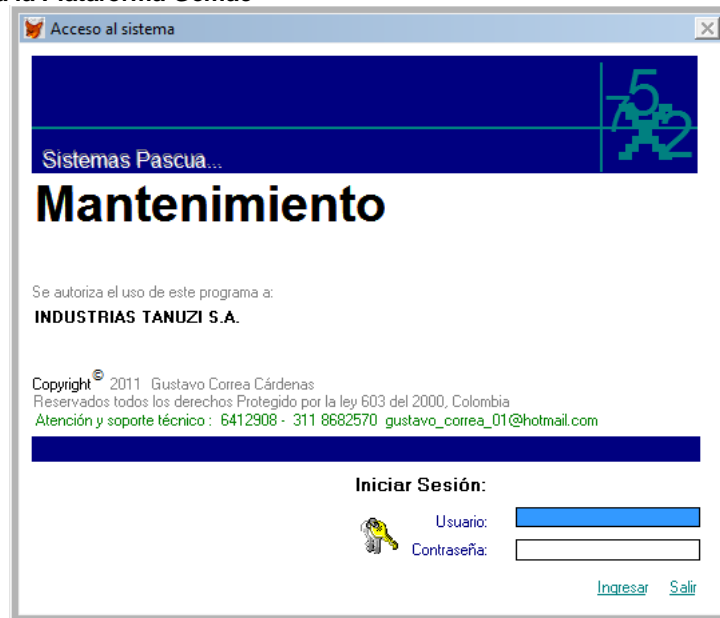
Esta información es necesaria para planear trabajos programados que puedan prevenir paros imprevistos y daños severos en las máquinas. Estas rutas de inspección fueron diseñadas bajo la supervisión del ingeniero de producción y de mantenimiento, de tal forma que el supervisor u operario revise los puntos vulnerables de las componentes de la máquina, como: subsistema hidráulica, cabezal, husillos de rodamiento, entre otros.

Dentro de los formatos de inspección y seguimiento se pueden encontrar información del equipo lo siguientes elementos:

1. Sistemas y subsistemas de los equipos.
2. Código de materiales.
3. Tipología de la revisión
4. Estado de la revisión.

Esta información facilita la búsqueda de las características del componente en proceso de registro y actualización en el programa Gemac. De este modo de procura el registro de numero de inspecciones semanales, quincenales y mensuales, así como por horas de trabajo. Esto se puede ver mas ampliado a continuación:

Figura 14 Ingreso a la Plataforma Gemac

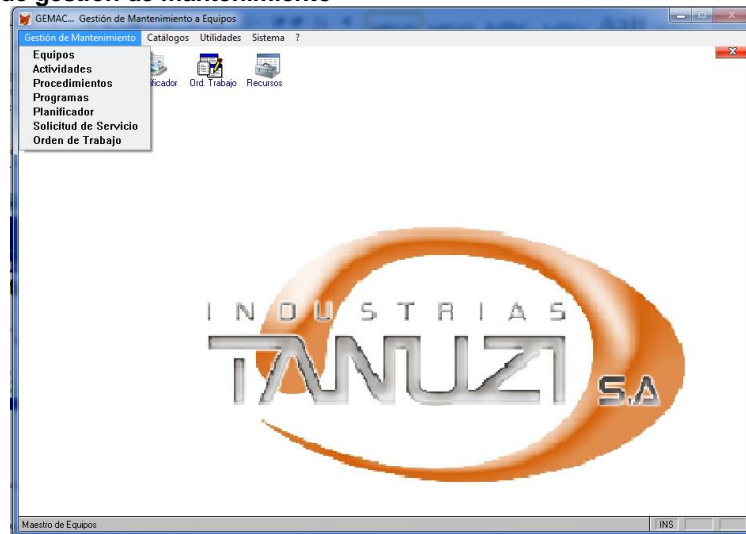


Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Según el formato diseñado para la implementación de las órdenes de trabajo del mantenimiento, la información puede registrarse directamente en el software o designarse físicamente (ver figura 14).

Para poder implementar los planes de mantenimiento utilizando la herramienta GEMAC se utilizará la sección que despliega el módulo de gestión de mantenimiento referente a “actividades de mantenimiento”, “procedimientos”, “planificación”, “órdenes de trabajo” ver figura 15.

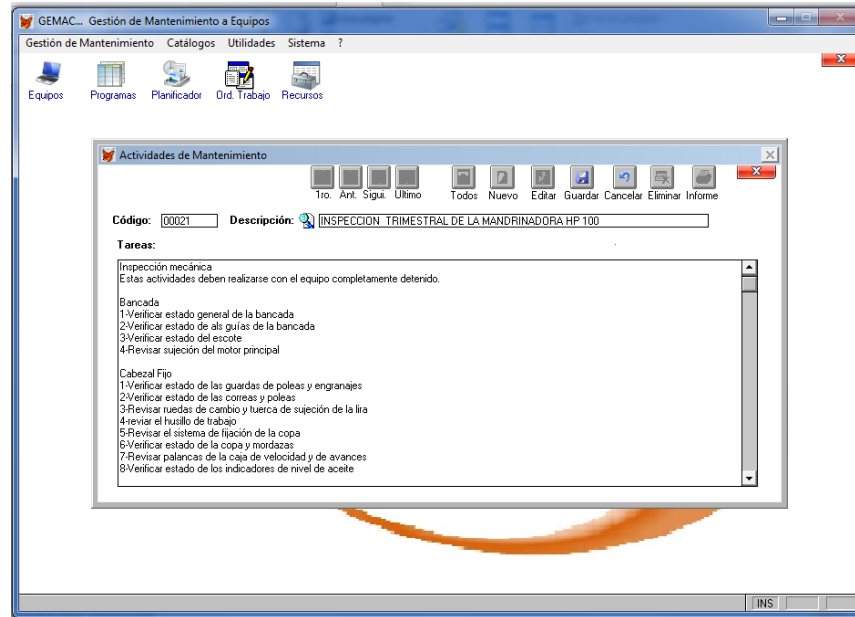
Figura 15 Modulo de gestión de mantenimiento



Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

El módulo de actividades permite editar o listar las actividades de mantenimiento de acuerdo a los periodos de ejecución establecidos (inspecciones diarias, semanales, mensuales, trimestrales, etc.) Ver figura 16..

Figura 16 Modulo Actividades a desarrollar

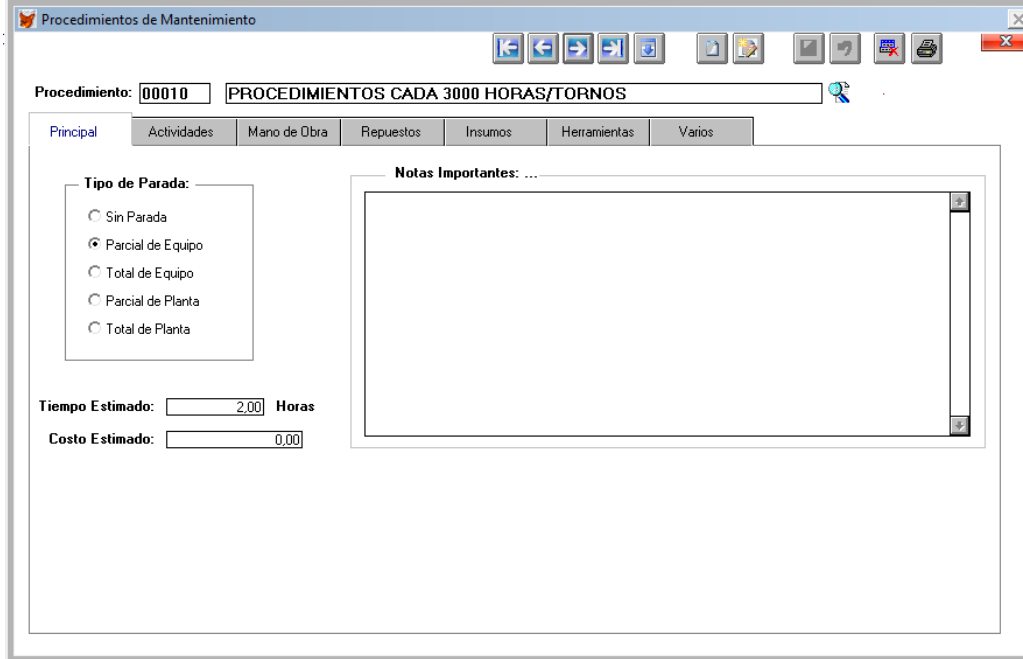


Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Teniendo en claro el procedimiento de trabajo que se va a desarrollar, resolviendo los interrogantes: el ¿Qué?, ¿con quién?, ¿con que?, ¿Cuándo?, ¿Cuánto?, se procede a la alimentación del software teniendo en cuenta todos los factores y así presentar la información en una forma ordenada y rápida ().

Las diferentes pestañas de esta sección permiten controlar información general como lo es el tipo de parada, tiempos estimados, el valor de costos de mantenimiento, actividades a desarrollar, la mano de obra, insumos, herramientas, etc. Ver figura 17.

Figura 17 Módulo Administración de procedimientos



Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

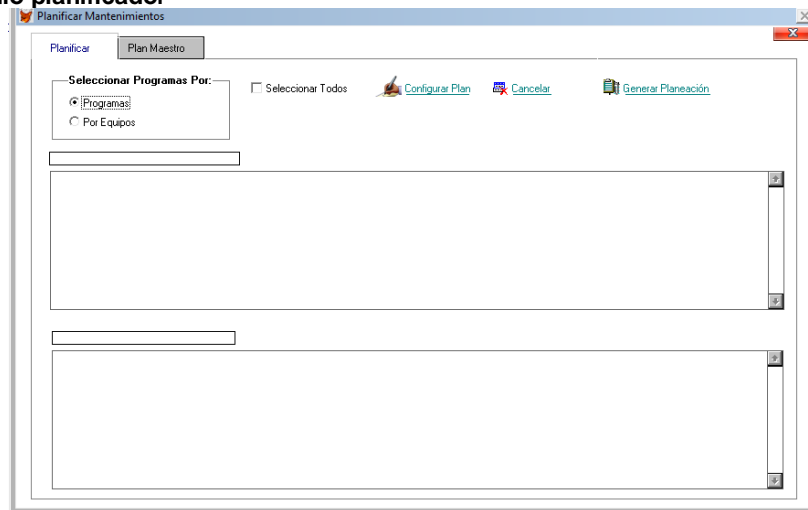
El software permite proyectar a futuro los equipos que ingresarán a mantenimiento en determinado periodo. Esta planificación se puede generar a partir de los programas de mantenimiento o a partir de los equipos. Ver figura 18.

Los pasos a seguir para la planificación del mantenimiento son los siguientes:

1. Seleccionar el equipo o los equipos que se desean incluir en la planeación.
2. Generar la planeación de estos equipos, se incluye la fecha hasta la cual se quiere planear y el método para los promedios de lectura.

De esta manera el software genera un plan de mantenimiento según la información suministrada y procedimientos seleccionados, y permite la visualización y posterior impresión del mismo.


Figura 18 Módulo planificador



Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.


A continuación se entregan los planes de mantenimiento preventivos de los equipos caracterizados previamente como críticos.

Figura 19 Plan de mantenimiento centro de Mecanizado Mazak.

	CRONOGRAMA DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRO DE MECANIZADO MAZACK MAZATROL M - PLUS VTC - 16 / 20 / 30 MACHINING CENTERS	MANUAL		PERIODO DE INSPECCION								
		CODIGO INTERNO	116	FECHA FINALIZACION		D	M	A				
				DIARIO	SEMANA L	MESES DE OPERACION						
		PAGINAS				1	3	6	12	24	36	
COMPONENTE	OPERACION DE MANTENIMIENTO											
UNIDADES DE LA MAQUINA	INSPECCIONAR EL CONTROL DEL EJE Y LA HERRAMIENTA TITULAR, REMOVER TODOS LOS FRAGMENTOS Y RESIDUOS	4 - 23	X									
	RETIRE LA CUBIERTA DE LA NARIZ DEL HUSILLO Y ELIMINE CUALQUIER RESIDUO. NOTA: ASEGURESE DE QUE EL AGUJERO DE DRENAJE ESTE LIBRE DE OBSTACULOS Y REAPRIETE TODOS LOS TORNILLOS UNIFORMEMENTE					X						
	LIMPIAR GUIAS DE LAS CUBIERTAS		X									
	INSPECCIONE LAS FORMAS DE LAS GUIAS			X								
	INSPECCIONE LA TRAYECTORIA DEL LIMPIAPARABRISAS				X							
	INSPECCION Y LUBRICACION DE LOS RODAMIENTOS DEL MOTOR							X				
	VERIFIQUE EL NIVEL DE LA MAQUINA							X				
	REVISAR ALINEACIONES Y CONTRAGOLPES								X			
SISTEMA NEUMATICO	COMPRIEBE EL SUMINISTRO DE AIRE DE ENTRADA	4 - 19			X							
	INSPECCIONE EL FILTRO/REGULADOR		X									
	LIMPIE EL FILTRO/REGULADOR			X								
	COMPRUEBE EL NIVEL DE ACEITE DEL LUBRICADOR DE AIRE		X									
UNIDAD DE ENFRIAMIENTO DEL CABEZAL	COMPROBAR NIVEL DE LIQUIDO	4 - 22	X									
	REVISAR SISTEMA DE FUGAS			X								
	INSPECCIONAR MANGUERAS Y TUBERIAS			X								
	REVISAR PRESION DEL SISTEMA				X							
	LIMPIEZA DE FILTRO						X					
	LIMPIAR EL TANQUE Y CAMBIAR EL FLUIDO							X				
SISTEMA DE LUBRICACION	INSPECCIONAR NIVEL DE LUBRICANTE	4 - 17	X									
	VERIFICAR EL FLUJO DE ACEITE EN TODAS LAS LINEAS		X									
	INSPECCIONAR INTERVALOS DE OPERACION					X						
	REVISAR PRESION DEL SISTEMA					X						
	REVISAR SISTEMA DE FUGAS			X								
	VERIFICAR LA LUBRICACION DEL EJE		X									
COMPONENTES ELECTRICOS	LIMPIEZA DE LA CAJA DE FILTROS	4 - 1			X							
	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR				X							
	INSPECCIONAR EL CONTROL DE RESIDUOS		X									
	INSPECCIONAR DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD		X									
	INSPECCIONAR CABLEADOS, RELES, TEMPORIZADORES				X							
	INSPECCIONAR EL ALOJAMIENTO DE LOS COMPONENTES				X							
	INSPECCIONAR OPERACION DE LUCES INDICADORAS			X								
	REVISAR LA FUENTE DE ALIMENTACION DE ENTRADA						X					
	APRETAR REGLETAS DE LOS BORNES							X				
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	CONTROL DE NIVEL DEL REFRIGERANTE	4 - 22	X									
	LIMPIAR/CAMBIAR EL FILTRO DEL REFRIGERANTE			X								
	VACIAR EL REFRIGERANTE					X						
OBSERVACIONES												
INGENIERO DE MANTENIMIENTO		INSPECTOR DE SEGURIDAD		INGENIERO DE PRODUCCION								

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Figura 20 Plan de mantenimiento Mandrinadora HP 100

 CRONOGRAMA DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO MANDRINADORA HORIZONTAL TOS HP - 100		MANUAL	PERIODO DE INSPECCION									
		CODIGO	FECHA	D	M	A						
		PAGINAS	DIARIO	SEMANAL	MESES DE OPERACION							
					1	3	6	12	24	36		
COMPONENTE	OPERACION DE MANTENIMIENTO											
CABEZAL DEL HUSILLO - HUSILLO - PLATO DE FRENTEAR	REVISAR SUJECION DEL MOTOR PRINCIPAL											
	REVISAR PALANCAS, VOLANTES Y ACCIONAMIENTOS											
	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE EN LOS DEPOSITOS DEL CABEZAL DEL HUSILLO, REPONER SI ES NECESARIO	X				X						
	REVISAR EXTERNAMENTE EL HUSILLO DE TRABAJO					X						
	REVISAR TORNILLO SINFIN DE DESPLAZAMIENTO DEL HUSILLO DE TRABAJO					X						
	REVISAR EL SISTEMA DE FIJACION DE LA COPA											
	REVISAR SINFIN Y CREMALLERA DE LA COPA											
	INSPECCIONAR ALOJAMIENTO DEL HUSILLO PRINCIPAL (JOINETES SIMPLES AXIALES, RADIALES,)					X						
	INSPECCIONAR Y COMPENSAR LA HOGURA AXIAL Y RADIAL DEL HUSILLO HUECO, PRINCIPAL Y DE TRABAJO					X						
	LUBRICAR COJINETE PRINCIPAL DEL HUSILLO											
	LUBRICAR ENGRANAJES Y COJINETES DEL CABEZAL DEL HUSILLO	X										
	VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ACEITE DEL CABEZAL DEL HUSILLO MEDIANTE GOTEO EN EL INDICADOR DE FLUJO DE ACEITE	X										
	LUBRICAR RODAMIENTO DEL BRAZO DEL HUSILLO	X										
	LUBRICAR SUPERFICIES DE LAS GUIAS DEL CABEZAL DEL HUSILLO MEDIANTE ACEITERA					X						
	LUBRICAR TUERCA DE DESPLAZAMIENTO DEL CABEZAL DEL HUSILLO					X						
LUBRICAR TUERCA DE DESPLAZAMIENTO DEL HUSILLO					X							
LUBRICAR PLATO DE SUJECION												
CARROS Y MESA GIRATORIA	VERIFICAR ESTADO DEL CARRO LONGITUDINAL					X						
	VERIFICAR ESTADO DEL CARRO TRANSVERSAL					X						
	VERIFICAR ESTADO DE LA MESA PORTAPIEZA					X						
	VERIFICAR LA NO EXISTENCIA DE FUGAS EN EL SISTEMA DE LUBRICACION					X						
	INSPECCIONAR SI SE PRESENTA PATINAJE DE LOS ACOPLAMIENTOS ELECTROMECAVICOS, DE SER ASI REAJUSTAR EL INTERVALO DE AIRE ENTRE LA CAPA DEL INDUCIDO Y EL CUERPO DEL IMAN											
	INSPECCION DE LOS COJINETES DE DOBEL HILERA DE RODILLOS											
	INSPECCIONAR GRUPO HIDRAULICO DE LA MESA GIRATORIA (BOMBA DE ALTA PRESION, VALVULA DE RETENCION, MANOMETRO, ACUMULADORES, VALVULA DE SEGURIDAD, ETC)											
	INSPECCIONAR CARGA DE NITROGENO EN EL ACUMULADOR Y CAMBIO											
	LUBRICAR COJINETE CENTRADO DE LA MESA											
	LUBRICAR CARROS LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL ACCIONANDO LA BOMBA MANUAL	X										X
BANCADA	VERIFICAR ESTADO DE LA BANCADA	MANUAL 189 paginas				X						
	VERIFICAR ESTADO DE LAS GUIAS DE LA BANCADA					X						
LUNETAS	REVISAR SUPERFICIE DE LAS GUIAS DE LA LUNETAS	MANUAL 189 paginas										
	REVISAR TORNILLO SIN FIN											
UNIDAD REFRIGERANTE	REVISAR LIMPIEZA DEL FILTRO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION	MANUAL 189 paginas							X			
	REVISAR SISTEMA DE REFRIGERACION: TANQUE, BOMBA, CONDUCTOS								X			
	REVISAR ESTADO DE LOS ACCESORIOS	26							X			
SISTEMA ELECTRICO	VERIFICAR ESTADO DE CONTACTORES, INTERRUPTORES, RELES, FUSIBLES Y CABLEADO ELECTRICO								X			
	VERIFICAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PARADA DEL MOTOR PRINCIPAL								X			
	VERIFICAR QUE EL MOTOR PRINCIPAL NO PRESENTE RUIDOS, VIBRACIONES, Y RECALENTAMIENTO ANORMAL								X			
	VERIFICAR ESTADO DEL VENTILADOR DEL MOTOR PRINCIPAL								X			
	MEDIR Y REGISTRAR EL VALOR DE LA CORRIENTE DE CONSUMO DEL MOTOR PRINCIPAL								X			
	VERIFICAR ESTADO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO	MANUAL 189 pagina 71, 86										
OBSERVACIONES												
INGENIERO DE MANTENIMIENTO			INSPECTOR DE SEGURIDAD			INGENIERO DE PRODUCCION						

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

Figura 21 Plan de mantenimiento torno CNC Mazak Quick Turn


 GRAMA DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO TORNO CNC MAZACK QUICK TURN QTN-20 / 20 HP & QT 25C		MANUAL		PERIODO DE INSPECCION											
		CODIGO	114	FECHA			MESES DE OPERACION								
				DIARIO	SEMANAL	D	M	A	1	3	6	12	24	36	
PAGINAS															
COMPONENTE	OPERACION DE MANTENIMIENTO														
GENERAL	MANTENER EN ORDEN Y LIMPIEZA LA MAQUINA Y SU PERIFERIA, ESPECIALMENTE EL SUELO.	4 - 1	X												
CABEZAL	COMPROBACION DEL MANDRIL Y SU PERIFERIA PARA BUSCAR ASTILLAS O TROZOS COMPROBACION DEL MONTAJE SEGURO DE LAS MORDAZAS COMPROBACION DE LA SUEJION Y NO SUEJION DE MANERA SUAVE ENGRASE DE LA UNIDAD DEL MANDRIL ELIMINACION DE VIRUTAS DEL COLECTOR DEL REFRIGERANTE COMPROBACION DE LAS CORREAS	5 - 1	X X X												
CONTRAPUNTO	COMPROBAR EL EJE DEL CABEZAL MOVIL PARA BUSCAR ASTILLAS O TROZOS COMPROBACION DEL CUERPO DEL HUSILLO Y EL CONTRAPUNTO PARA EL BUEN AVANCE/RETROCESO COMPROBAR LA ADECUADA TENSION DE LA CADENA IMPULSORA (sólo en contrapunto automático completo)	5 - 5	X X										X		
TORRETA Y EL EJE X	COMPROBACION DEL MONTAJE SEGURO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE AL SOPORTE TITULAR COMPROBACION DE LAS TORRES Y HERRAMIENTAS DE CORTE QUE SE ENCUENTREN LIBRES DE ASTILLAS O TROZOS	5 - 2 5 - 4	X X												
HERRAMIENTA VISUAL	LIMPIEZA DE LA SECCION DEL SENSOR Y ELIMINAR CUALQUIER VIRUTA COMPROBACION DE SONIDOS DE REACCION DURANTE EL CONTACTO DEL SENSOR	5 - 3	X X												
CORREDERA Y CUBIERTAS	COMPROBACION DE LOS LIMPIABRISAS PARA EVITAR ANORMALIDADES COMO EL DAÑO.	5 - 69												X	
UNIDAD DE LUBRICACION	COMPROBACION DE LOS NIVELES DE ACEITE, SI ES NECESARIO, RECARGARLOS LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE SUCCION LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE ENGRASE COMPROBACION DE FUGAS DE ACEITE O TUBERIAS DAÑADAS	5 - 7		X										X X X	
UNIDAD HIDRAULICA	COMPROBACION DE LA PRESION ADECUADA COMPROBACION DE LOS NIVELES DE ACEITE, Y SI ES NECESARIO, RECARGUELO LIMPIEZA DEL MICROSEPARATOR LIMPIEZA DE LOS FILTROS SUSTITUCION DEL ACEITE HIDRAULICO CONTROL DE FUGAS DE ACEITE Y POR TUBERIA DAÑADA	5 - 6	X X											X X X X	
UNIDAD REFRIGERANTE	COMPROBACION DE LOS NIVELES DE REFRIGERANTE, SI ES NECESARIO RECARGARLOS COMPROBAR EL GRADO DE SUCIEDAD DE LOS FILTROS, SI ES NECESARIO LIMPIARLOS O CAMBIARLOS COMPROBAR EL GRADO DE SUCIEDAD DEL REFRIGERANTE, SI ES NECESARIO, DRENARLO Y RECARGARLO	5 - 49	X X										X		
UNIDAD NEUMATICA	COMPROBACION DE LA PRESION DE AIRE APROPIADO COMPROBACION DEL ELEMENTO FILTRANTE, SI ES NECESARIO, CAMBIARLO	5 - 9	X											X	
UNIDAD DE CONTROL ELECTRICO	LIMPIEZA DEL FILTRO Y EL VENTILADOR CONTROLAR QUE LA PUERTA ESTÁ TOTALMENTE CERRADA COMPROBACION DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS PARA EVITAR LA SUCIEDAD Y DECOLORACION COMPROBACION DE TORNILLOS PARA TERMINALES MOVILES	6 - 16	X											X	
CONECTORES	COMPROBACION DE CONECTORES SUELTOS O TERMINALES ENTRE LAS UNIDADES	6 - 16												X	
CIMIENTO	COMPROBACION Y AJUSTE DEL NIVEL DE CAMA CON UN NIVEL	6 - 15												X	
POLO A TIERRA	COMPROBACION DE LA RESISTENCIA A TIERRA DE 100 OHMNIOS O MENOS (USE UN EQUIPO MEGGER A 500 V)	6 - 16												X	
OBSERVACIONES															
		INGENIERO DE MANTENIMIENTO		INSPECTOR DE SEGURIDAD				INGENIERO DE PRODUCCION							

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.



A continuación se entregan los formatos de soporte al Gemac en cuanto a líneas de inspección de equipo y ordenes de trabajo.

Tabla 28 Formato orden de trabajo

		FORMATO ORDEN DE TRABAJO						No.	
FECHA APERTURA	DIA	MES	AÑO	FECHA EJECUCION	DIA	MES	AÑO	TIPO DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO					MODELO			CODIGO	
CONDICION DEL EQUIPO				DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO				PERSONAL DE APOYO	
EN SERVICIO	<input type="checkbox"/>	AFECTA PRODUCCION		<input type="checkbox"/>	SIEMPRE	EN PARADA			
FUERA DE SERVICIO	<input type="checkbox"/>	NO AFECTA PRODUCCION		<input type="checkbox"/>	FECHA DEL	AL			
SISTEMA				MATERIALES E INSUMOS					
DESCRIPCION DEL TRABAJO/PROCEDIMIENTO									
OBSERVACIONES					NORMAS DE SEGURIDAD				
REVISADO:					APROBADO:				

Fuente: La autores con base en la información colectada en INDUSTRIA TANUZI S.A.

CONCLUSIONES

Al efectuarse el diagnóstico del mantenimiento se pudo constatar que estuvo dinamizado por las acciones correctivas, de tal modo que se espera a que ocurra la falla para solucionarla inmediatamente. Sin embargo, se espera que implementando el FMEA se podrán generar los planes de mantenimiento requeridos para cada equipo, e igualmente se podrá alimentar el software GEMAC con el que cuenta la empresa y así tener un control más estricto del mantenimiento para cada uno de los activos vinculados

Se cumplieron a cabalidad los objetivos propuestos en el presente proyecto de grado, y con ello se aportó a la empresa INDUSTRIAS TANUZI S.A., elementos de gran importancia como lo es el análisis de criticidad de sus activos en el área de producción y la formulación de los planes de mantenimiento para cada uno de sus equipos críticos.

Una vez realizada la verificación del inventario de la empresa se efectuó una comparación con los anteriores inventarios, encontrándose que no existe variación en el número de equipos, una vez validado, se recopiló información física y digital (catálogos, manuales, procedimientos) y se encontró desorganización además de una alta desactualización del material bibliográfico, por esta razón se procedió a la tarea de actualizar tanto el material recopilado como las fichas técnicas de los equipos, y así tener un soporte técnico más adecuado de las especificaciones y operación.

Se realizó el análisis de modo y efectos de falla para cada uno de los equipos críticos, se establecieron unas acciones correctoras de los subsistemas que presentan mayor índice de prioridad de riesgo (IPR). Mediante el análisis, evaluación y ejecución de estas actividades, así como la aplicación del plan maestro de mantenimiento diseñado para cada uno de éstos equipos se logrará la disminución del IPR en cada uno de los modos de falla que éstos presentan.

Se crearon dos formatos: “Ordenes de Compra” y “Inspección de Equipos”. Estos formatos permiten al personal de la empresa llevar un control responsable de todas las actividades de mantenimiento que se lleven a cabo. Se tienen en cuenta factores como lo son los costos, la seguridad, la producción, la disponibilidad de equipos, entre otros.

Con el análisis de modos y efectos de falla (FMEA) se lograron identificar los tres equipos más críticos del proceso que corresponden al 22% del total de activos en el área de producción, información que fue de vital importancia para seleccionar las acciones preventivas y el respectivo procedimiento de inspección para captar los síntomas en la etapa más prematura.

Mediante la metodología de gestión de mantenimiento FMEA orientada a buscar plenamente la satisfacción del cliente, se reducen o eliminan las fallas conocidas en el proceso, de esta manera se entrega una solución integra a los buenos procedimientos y prácticas de mantenimiento, conduciendo los activos hacia una operación óptima, donde se cumplan los tiempos y objetivos planteados por la empresa en búsqueda del mejoramiento continuo.

Es de gran importancia saber el diagnóstico por parte de los operarios y el personal de mantenimiento al recopilarse y validarse datos e información, pues son ellos quienes interactúan directamente con los equipos, además de conocer y detectar las fallas y en algunas ocasiones realizar acciones correctivas, procedimientos que serán de valor incalculable al aplicar la metodología FMEA.

Es fundamental crear el compromiso y la cultura en el personal de ser preventivos con los equipos de trabajo, de esta forma se anticipan a los futuros problemas técnicos que se presenten ya que de esto trata la gestión temprana en los activos, es decir, buscar o llevar cierto orden para descubrir las anomalías o fortalezas a tiempo y utilizarlas de manera eficaz.

Al no encontrarse herramientas suficientes en INDUSTRIAS TANUZI S.A, para desarrollar un Análisis de Criticidad, se efectuaron encuestas al personal de mantenimiento y producción involucrado con el funcionamiento de los equipos, pues es un método sencillo de detectar y jerarquizar la criticidad de los mismos en el proceso, además ayuda a determinar la mejor manera de destinar los recursos tanto humanos como económicos para mejorar su mantenibilidad.

RECOMENDACIONES

Vincular el software de mantenimiento GEMAC al sistema general de la empresa PASCUA ya que esto permitirá controlar las horas de trabajo efectivas de los equipos y con ello planear actividades de mantenimiento basadas en los objetivos y metas del área de producción, además es importante que el personal responsable de manipular el software lo actualice constantemente e informe posibles inconsistencias o fallos del mismo.

Actualizar las tareas del plan de mantenimiento generado a los equipos críticos detectados, con el fin de mejorar su eficacia y evidenciar el mejoramiento continuo en el proceso

Gestionar la adquisición de catálogos actualizados de los equipos, además de establecer una comunicación y asesoría constante con los fabricantes de cada una de las maquinas que conforman la línea de producción.

Es indispensable capacitar a todo el personal involucrado en las actividades de mantenimiento ya sean programadas o inusuales, con el fin de disminuir los tiempos de reparación durante la producción, en elementos o sistemas averiados de manera inesperada o prolongar el funcionamiento del equipo mientras llega la asistencia técnica por parte del fabricante.

Es recomendable continuar evaluando mediante la metodología FMEA los factores que se detectaron como causales de falla, ya que de esta manera se pueden



minimizar o eliminar totalmente esos tipos de riesgo y por ende dar como finalizada el FMEA para los diferentes modos de fallo presentados.

Las actividades de mantenimiento que se plantean, son el resultado del estudio y el trabajo de personal estrechamente relacionado con la línea de producción y el área de mantenimiento, por lo tanto cualquier sugerencia u observación deben ser analizados con la mayor aceptación posible, esto con el fin de reafirmar a INDUSTRIAS TANUZI como la empresa de alta confiabilidad, responsabilidad y cumplimiento que es lo que siempre la ha caracterizado y que para esto requiere del mejoramiento continuo de sus procesos, además del compromiso y concientización de cada uno de sus integrantes.

BIBLIOGRAFIA

AMÉNDOLA, Luis José. Modelos Mixtos de Confiabilidad. DATASTREAM. España: Valencia. 2002. Disponible en Web: <http://www.datastream.net/English/Default.aspx>

BARRINGER, Paul – An Overview of Reliability Engineering Principles – [en línea]. Febrero 1996. [citado en 27 Agosto de 2012]. disponible en Internet <http://www.barringer1.com/pdf/Oview_REP.pdf>.

CONFIABILIDAD.NET, la cultura de la confiabilidad. Desarrollando un plan de mantenimiento. <URL:http://www.confiabilidad.net/invitados/desarrollando_un_plan.htm>.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique; LOPEZ DE LEON Carlos; DOUNCE PEREZ Tagle, Productividad en el mantenimiento industrial, Compañía Editorial Continental. 2000, México., p 34-36.

DUFFUAA Salih O, RAOUF A. Y DIXON Campbell Jhon. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control, México; Limusa Wiley S.A, 1a ed 2000.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y montajes. En: Asignatura de mantenimiento y montajes. (2010: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.



GROSSO, Juan Carlos. Programa de Mantenimiento basado en RCM para los Hidrogeneradores de la Central La Guaca. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander.2004.

HUERTA MENDOZA, Rosendo. Club de mantenimiento. Publicación periódica página 12: “El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional”. Aplicación del Análisis de Criticidad en Petróleos de Venezuela. PDVSA E & P Occidente. Autor.

KNEZEVIC, Jezdimir, “Mantenibilidad”, Isdefe, Cuarta Edición, Madrid España 1996.,p.32

LEZANA GARCIA, Emilio, Curso superior de mantenimiento industria, Comisión Latinoamericana de Productividad y Medio Ambiente, CAPLAM edición 2001.a. 2010., p. 32

LUDWIN SWARD, Fredick, Mantenimiento de las maquinas herramientas, Editorial Blume, 1972, Barcelona.,p 98.

MORA GUTIÉRREZ. Luis Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Alfa Omega S.A. Bogotá 2009., p 34, 36-39.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II. Traducción por Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires, Argentina – Madrid, España. Edición en español. USA: Lillington, North Carolina. 2004.MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II. Traducción por Ellman Suerios



y Asociados. Buenos Aires, Argentina – Madrid, España. Edición en español. USA: Lillington, North Carolina. 2004.

NAVARRO ELOLA Luis; PASTOR TEJEDOR, Ana; MUGABURU LACABRERA, Jaime, Gestión de mantenimiento, Compañía Editorial Marcombo S.A., Primera edición, Barcelona España 1997., p. 45.

NTC-IEC 60812 Norma Técnica Colombiana. Sistemas de Gestión. Técnicas de análisis de confiabilidad de sistemas. Procedimiento para análisis de modo de falla y efecto (AMFE).

RITTMEISTER, Haroldo. Mantenimiento: Conceptos Básicos 17a. Mesa Redonda de Manutenção – IBP. Cabo Frio – 1975., p 78.

ANEXOS

FORMATO PARA ENCUESTA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

PERSONA _____ ÁREA O SECCIÓN _____

EQUIPO _____ FECHA _____

1. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA).		2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. MTTR.	
	No más de 1 por año		Menos de 4 horas
	Entre 2 y 15 por año		Entre 4 y 8 horas
	Entre 16 y 30 por año		Entre 8 y 24 horas
	Entre 31 y 50 por año		Entre 24 y 48 horas
	Más de 50 por año (Más de una parada semanal)		Más de 48 horas
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN		4. COSTO DE REPARACIÓN (MILLONES DE PESOS)	
	No afecta la producción		Menos de 3 millones
	25% de impacto		Entre 3 y 15 millones
	50% de impacto		Entre 15 y 35 millones
	75% de impacto		Más de 35 millones
	La afecta totalmente		
5. IMPACTO AMBIENTAL			
	No origina ningún impacto ambiental		
	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta		
	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta		
	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios		
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL			
	No origina heridas ni lesiones		
	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes		
	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días		
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente		
7. IMPACTO EN SATISFACCIÓN CLIENTE. (DEPARTAMENTOS DE LA EMPRESA A LA QUE SE LE PRESTAN SERVICIOS).			
	No ocasiona perdidas económicas en las otras áreas de la planta		
	Puede ocasionar perdidas económicas hasta de 5 SMMLV		
	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV		
	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 25 SMMLV		

ANEXO B PONDERACIÓN TORNO CONVENCIONAL SOFIA.

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																			
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	ECUACION DE CRITICIDAD														
TORNO CONVENCIONAL "SOFIA" - HUNGARO	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	LUIS ARTURO SIERRA		CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))														
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	2	2	2	2,000	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">26,133</p>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC
FRECUENCIA DE FALLA	FF																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																		
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																		
COSTOS DE REPARACION	CR																		
IMPACTO AMBIENTAL	IA																		
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																		
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	2	2	2	2,000															
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,3F	0,5F	0,5F	0,867															
	0,6	1	1																
COSTOS DE REPARACION	3	3	3	3,000															
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	0	0,000															
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	0	10	3,333															
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	5	5	5	5,000															

ANEXO C PONDERACIÓN TALADRO- FRESA IMAD X625D

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																			
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD														
TALADRO - FRESA IMAD X625D	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	ORLANDO SUAREZ		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$														
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	2	1	2	1,667	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">27,574</p>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC
FRECUENCIA DE FALLA	FF																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																		
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																		
COSTOS DE REPARACION	CR																		
IMPACTO AMBIENTAL	IA																		
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																		
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	2	4	5	3,667															
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,05F	0,8F	1F	0,967															
	0,1	0,8	2																
COSTOS DE REPARACION	3	3	3	3,000															
IMPACTO AMBIENTAL	0	5	5	3,333															
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	5	10	5,000															
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	0	0	5	1,667															

ANEXO D PONDERACION CENTRO DE MECANIZADO MAZAK

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR)) ECUACION DE CRITICIDAD																
CENTRO DE MECANIZADO "MAZAK"	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	WILINGTON LIZCANO		CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))																
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	2	2	2	2,000	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">51,556</td></tr> </table>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC	51,556	
FRECUENCIA DE FALLA	FF																				
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																				
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																				
COSTOS DE REPARACION	CR																				
IMPACTO AMBIENTAL	IA																				
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																				
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																				
51,556																					
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	4	4	5	4,333																	
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,5F	0,5F	1F	1,333																	
	1	1	2																		
COSTOS DE REPARACION	10	5	5	6,667																	
IMPACTO AMBIENTAL	0	5	5	3,333																	
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	5	5	3,333																	
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	10	5	5	6,667																	

ANEXO E PONDERACIÓN TORNO CNC SHENGYANG

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																			
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR)) ECUACION DE CRITICIDAD														
TORNO CNC "SHENGYANG"	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	HERNANDO NARANJO		CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))														
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	2	2	2	2,000	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">45,333</p>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC
FRECUENCIA DE FALLA	FF																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																		
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																		
COSTOS DE REPARACION	CR																		
IMPACTO AMBIENTAL	IA																		
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																		
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	5	5	5	5,000															
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,5F	0,5F	1F	1,333															
	1	1	2																
COSTOS DE REPARACION	10	5	3	6,000															
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	0	0,000															
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	5	5	3,333															
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	10	5	5	6,667															

ANEXO F PONDERACION TORNO CNC MAZAK QUICK TURN 20

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD																
TORNO CNC "MAZAK" QUICK TURN 20	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	JOAQUIN JAIMES		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$																
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	2	2	2	2,000	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">42,089</td></tr> </table>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC	42,089	
FRECUENCIA DE FALLA	FF																				
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																				
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																				
COSTOS DE REPARACION	CR																				
IMPACTO AMBIENTAL	IA																				
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																				
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																				
42,089																					
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	4	3	1	2,667																	
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,8F	0,8F	0,3F	1,267																	
	1,6	1,6	0,6																		
COSTOS DE REPARACION	5	5	3	4,333																	
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	0	0,000																	
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	5	5	3,333																	
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	20	10	0	10,000																	

ANEXO G PONDERACIÓN MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA HP 100

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD																
MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA "HP 100 "	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	CESAR GRANDINZON		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$																
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	2	2	2	2,000	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">30,000</td></tr> </table>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC	30,000	
FRECUENCIA DE FALLA	FF																				
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																				
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																				
COSTOS DE REPARACION	CR																				
IMPACTO AMBIENTAL	IA																				
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																				
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																				
30,000																					
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	4	5	1	3,333																	
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,5F	0,5F	0,05F	0,700																	
	1	1	0,1																		
COSTOS DE REPARACION	5	5	3	4,333																	
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	5	1,667																	
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	0	5	1,667																	
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	10	5	0	5,000																	

ANEXO H PONDERACIÓN MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA W 100 A

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD																
MANDRINADORA HORIZONTAL DE MESA "W 100 A"	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	HELY JAIMES		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$																
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	1	2	2	1,667	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">30,556</td></tr> </table>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC	30,556	
FRECUENCIA DE FALLA	FF																				
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																				
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																				
COSTOS DE REPARACION	CR																				
IMPACTO AMBIENTAL	IA																				
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																				
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																				
30,556																					
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	2	5	5	4,000																	
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,3F	0,3F	0,3F	0,500																	
	0,3	0,6	0,6																		
COSTOS DE REPARACION	3	3	3	3,000																	
IMPACTO AMBIENTAL	0	5	5	3,333																	
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	0	10	3,333																	
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	5	5	10	6,667																	

ANEXO I PONDERACIÓN TORNO SHENYANG 3MTS

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																			
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR)) ECUACION DE CRITICIDAD														
TORNO "SHENGYANG" 3 MTS	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	RAFAEL CASTRILLON		CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))														
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	3	3	2	2,667	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">33,541</p>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC
FRECUENCIA DE FALLA	FF																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																		
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																		
COSTOS DE REPARACION	CR																		
IMPACTO AMBIENTAL	IA																		
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																		
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	4	3	1	2,667															
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,05F	1F	1F	1,717															
	0,15	3	2																
COSTOS DE REPARACION	3	3	3	3,000															
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	0	0,000															
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	0	0	0,000															
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	5	5	5	5,000															

ANEXO J PONDERACIÓN FRESADORA TOSH N 5

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																			
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR)) ECUACION DE CRITICIDAD														
FRESADORA "TOSH" No 5	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	IVAN ROMERO		CRITICIDAD () ((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))														
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	2	2	2	2,000	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">36,000</p>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC
FRECUENCIA DE FALLA	FF																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																		
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																		
COSTOS DE REPARACION	CR																		
IMPACTO AMBIENTAL	IA																		
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																		
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	4	2	2	2,667															
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,5F	0,5F	0,5F	1,000															
	1	1	1																
COSTOS DE REPARACION	5	3	3	3,667															
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	5	1,667															
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	5	10	5,000															
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	5	5	5	5,000															

ANEXO K PONDERACIÓN AFILADORA UNIVERSAL DE HERRAMIENTAS TOSH BN 105

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD
AFILADORA UNIVERSAL DE HERRAMIENTAS "TOSH BN 105"	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	CONTRATISTA HENRY PORTILLO		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	1	1	1	1,000	FRECUENCIA DE FALLA FF
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	4	5	5	4,667	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR MTTR
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,5F	0,8F	1F	0,767	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION ISP
	0,5	0,8	1		COSTOS DE REPARACION CR
COSTOS DE REPARACION	3	3	3	3,000	IMPACTO AMBIENTAL IA
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	5	1,667	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL ISSP
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	10	25	11,667	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE ISC
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	0	5	5	3,333	
					23,244

ANEXO L PONDERACIÓN TORNO CONVENCIONAL AL SHENYANG

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD																
TORNO CONVENCIONAL "SHENGYANG"	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	ADRIAN ROJAS		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$																
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	1	2	2	1,667	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">17,500</td></tr> </table>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC	17,500	
FRECUENCIA DE FALLA	FF																				
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																				
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																				
COSTOS DE REPARACION	CR																				
IMPACTO AMBIENTAL	IA																				
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																				
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																				
17,500																					
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	2	2	1	1,667																	
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,3F	0,3F	0,3F	0,500																	
COSTOS DE REPARACION	3	3	3	3,000																	
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	5	1,667																	
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	0	5	1,667																	
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	5	0	5	3,333																	

ANEXO M PONDERACIÓN CENTRO DE MECANIZADO LEADWELL V40

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD																
CENTRO DE MECANIZADO "LEADWELL V-40"	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	OSCAR GIL		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$																
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	1	2	2	1,667	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">21,667</td></tr> </table>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC	21,667	
FRECUENCIA DE FALLA	FF																				
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																				
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																				
COSTOS DE REPARACION	CR																				
IMPACTO AMBIENTAL	IA																				
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																				
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																				
21,667																					
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	3	5	4	4,000																	
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,3F	0,3F	0,3F	0,500																	
	0,3	0,6	0,6																		
COSTOS DE REPARACION	5	5	3	4,333																	
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	0	0,000																	
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	0	0	0,000																	
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	10	5	5	6,667																	

ANEXO N PONDERACIÓN TORNO CONVENCIONAL TARNOW

PONDERACIONES DE LOS PARAMETROS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD INDUSTRIAS TANUZI S.A																					
EQUIPO	INGENIERO DE PRODUCCION	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	OPERARIO	PROMEDIO	CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$ ECUACION DE CRITICIDAD																
TORNO CONVENCIONAL TARNOW	CAMILO SANABRIA	JUAN MIGUEL GONZALEZ	JAIME RODRIGUEZ		CRITICIDAD () $((CR+ISSP+IA+ISC)+(ISP*MTTR))$																
FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	1	2	2	1,667	<table border="1"> <tr><td>FRECUENCIA DE FALLA</td><td>FF</td></tr> <tr><td>TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR</td><td>MTTR</td></tr> <tr><td>IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION</td><td>ISP</td></tr> <tr><td>COSTOS DE REPARACION</td><td>CR</td></tr> <tr><td>IMPACTO AMBIENTAL</td><td>IA</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL</td><td>ISSP</td></tr> <tr><td>IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE</td><td>ISC</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">7,222</td></tr> </table>	FRECUENCIA DE FALLA	FF	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP	COSTOS DE REPARACION	CR	IMPACTO AMBIENTAL	IA	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP	IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC	7,222	
FRECUENCIA DE FALLA	FF																				
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	MTTR																				
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	ISP																				
COSTOS DE REPARACION	CR																				
IMPACTO AMBIENTAL	IA																				
IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	ISSP																				
IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE	ISC																				
7,222																					
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	2	3	3	2,667																	
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION (POR EL NUMERO DE FALLAS AL AÑO)	0,3F	0,3F	0,3F	0,500																	
	0,3	0,6	0,6																		
COSTOS DE REPARACION	3	3	3	3,000																	
IMPACTO AMBIENTAL	0	0	0	0,000																	
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	0	0	0	0,000																	
IMPACTO SATISFACCION DEL CLIENTE (AREAS DE LA PLANTA A LA CUAL SE LE SUMINISTRAN LOS SERVICIOS INDUSTRIALES)	0	0	0	0,000																	

