

**REDISEÑO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DE LAS MAQUINAS CUELLOS DE BOTELLA EN LA
PLANTA DANA TRANSEJES COLOMBIA**

LUIS FERNANDO ECHAVEZ MARTINEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.004

**REDISEÑO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DE LAS MAQUINAS CUELLOS DE BOTELLA EN LA
PLANTA DANA TRANSEJES COLOMBIA**

LUIS FERNANDO ECHAVEZ MARTINEZ

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

ISNARDO GONZALEZ JAIMES

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.004

DEDICATORIA

**A Dios,
Y a mis padres,
Por su apoyo incondicional.**

AGRADECIMIENTOS

A Isnardo González Jaimes, ingeniero mecánico, director del proyecto por su ardua colaboración y paciencia.

A DANA TRANSEJES COLOMBIA y todo el departamento de mantenimiento por su valiosa colaboración y experiencia.

A todos mis amigos.

Luís Fernando Echávez Martínez.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	5
1.1 NATURALEZA DEL NEGOCIO	5
1.2 RESEÑA HISTORICA	5
1.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS	7
1.3.1 Ejes diferenciales	7
1.3.2 Ejes homocinéticos	8
1.3.3 Cardanes	9
1.3.4 Filtros	10
1.4 MERCADOS Y CLIENTES	11
1.5 CULTURA ORGANIZACIONAL	11
1.5.1 Visión	11
1.5.2 Misión	11
1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	12
2. DEFINICION DE LOS COMPONENTES DEL EJE HOMOCINETICO Y SU PROCESO DE PRODUCCION	14
2.1 DEFINICION	14
2.2.1 Junta Fija	16
2.2.2 Junta Móvil o Tulipa	17
2.2.3 Eje de Interconexión o Intereje	19
2.2.4 Trípodes	19
2.2.5 Accesorios	20
2.3 FABRICACION DEL EJE HOMOCINETICO	21

2.3.1	Proceso de producción de la junta fija	22
2.3.2	Proceso de producción del intereje	27
3.	DEFINICION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	33
3.1	OBJETIVOS DEL TPM	34
3.2	LOS OCHO PRINCIPIOS BASICOS DEL DESARROLLO DEL TPM	35
3.3	CONCEPTO BASICO DEL MANTENIMIENTO PLANEADO DENTRO DEL TPM	37
3.4	CONCEPTO BASICO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO DENTRO DEL TPM	40
3.5	AVANCES Y ESTADO ACTUAL DEL TPM EN DANA TRANSEJES COLOMBIA	44
3.5.1	Mantenimiento planeado en Dana Transejes Colombia	51
3.5.2	Mantenimiento autónomo en Dana Transejes Colombia	56
4.	DESCRIPCION GENERAL DE LA METODOLOGIA PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA PLANTA	60
4.1	IDENTIFICACION DE LOS CUELLOS DE BOTELLAS EN LA PLANTA	65
4.1.1	Cuello de botella juntas fijas	70
4.1.2	Cuello de botella interejes	73
4.2	DATOS DE ENTRADA PARA EL ANALISIS DE PROBLEMAS	80
4.2.1	Pareto de fallas de la Rectificadora de interiores SI-4A	81
4.2.2	Pareto de fallas del torno Detroit	86
4.2.3	Pareto de fallas del torno Dubied II	88
4.3	CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS (CEP)	89
4.3.1	Relación entre el CEP y la gestión de mantenimiento	90
4.3.2	Aporte del Control Estadístico de Procesos a la metodología de mantenimiento	94

4.4 EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)	96
4.4.1 Relación entre el indicador OEE y la gestión de mantenimiento	99
4.4.2 Aporte del indicador OEE a la metodología de mantenimiento	100
4.5 ACTUAL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	102
4.6 ANALISIS Y SOLUCION DE PROBLEMAS	102
4.6.1 Diagramas de Ishikawa o espina de pescado	106
4.6.2 Análisis PM	110
4.7 ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)	122
4.7.1 Relación entre el AMEF y la gestión de mantenimiento	126
4.7.2 Aporte del AMEF a la metodología de mantenimiento	127
4.8 PLAN MAESTRO PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	131
4.8.1 Determinación de los puntos y frecuencias de inspección	131
4.8.2 Determinación de las actividades y frecuencias de servicio durante las paradas planificadas.	137
5. RELACION ENTRE EL MANTENIMIENTO AUTONOMO Y EL NUEVO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	143
5.1 LA CAPACITACION DENTRO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO	145
5.2 LA CAPACITACION DENTRO DEL MANTENIMIENTO PLANEADO	154
6. PROPUESTA DE DISTRIBUCION OPERACIONAL EN LA PLANTA DANA TRANSEJES COLOMBIA	156
6.1 OPERATIVIDAD DEL MANTENIMIENTO PLANEADO	156
6.1.1 Indicador tiempo promedio entre fallas (MTBF)	158
6.1.2 Indicador tiempo promedio para reparar (MTTR)	160
6.1.3 Calculo de los indicadores en la planta	160
6.2 OPERATIVIDAD DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO	165

7. CONCLUSIONES	170
ANEXOS	174
BIBLIOGRAFÍA	237

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Vista general de Dana Transejes Colombia	6
Figura 2. Estructura organizacional Dana Transejes	13
Figura 3. Eje Homocinético	15
Figura 4. Componentes del Eje Homocinético	16
Figura 5. Junta Fija	16
Figura 6. Junta Móvil o Tulipa	17
Figura 7. Junta Móvil VL	18
Figura 8. Junta Móvil Trípode	18
Figura 9. Junta D.O.	19
Figura 10. Intereje	19
Figura 11. Trípode	20
Figura 12. Guardapolvo	20
Figura 13. Abrazadera Mayor y Menor	21
Figura 14. Junta Fija y sus componentes interiores	23
Figura 15. Estrategia del pilar Mantenimiento planificado	40
Figura 16. Visión general operativa del mantenimiento autónomo	42
Figura 17. Organigrama y grupos autónomos integrados	49
Figura 18. Estrategia para implantar los pilares en la empresa	51
Figura 19. Puesto avanzado de lubricación	54
Figura 20. Puesto avanzado de limpieza	57
Figura 21. Panel de monitoreo continuo de máquina	59
Figura 22. Metodología general para el rediseño del mantenimiento preventivo	65

Figura 23. Gráfica de tiempos para cuello de botella Juntas Fijas	70
Figura 24. Vista general de la rectificadora de interiores SI-4A	71
Figura 25. Las principales tres partes de la rectificadora de interiores SI-4A	72
Figura 26. Gráfica cuello de botella Interejes	74
Figura 27. Vista general del torno Detroit	75
Figura 28. Dispositivo copiador del torno Detroit	76
Figura 29. Vista general torno Dubied II	77
Figura 30. Dispositivo copiador del torno Dubied II	79
Figura 31. Pareto de fallas mecánicas rectificadora SI-4A	83
Figura 32. Pareto de fallas eléctricas-electrónicas rectificadora SI-4A	84
Figura 33. Pareto de fallas mecánicas torno Detroit	87
Figura 34. Pareto de fallas eléctricas-electrónicas torno Detroit	87
Figura 35. Pareto de fallas mecánicas torno Dubied II	88
Figura 36. Pareto de fallas eléctricas-electrónicas torno Dubied II	89
Figura 37. Patrones de fluctuación en los procesos	92
Figura 38. Relación entre el CEP y Mantenimiento	95
Figura 39. Impacto de las pérdidas en los factores de indicador OEE	98
Figura 40. Esquema operativo entre los departamentos de producción y mantenimiento	101
Figura 41. Fenómeno de fallas esporádicas	104
Figura 42. Fenómeno de fallas crónicas	105
Figura 43. Ejemplo de un diagrama de causa y efecto utilizado en la metodología para un problema mecánico	109
Figura 44. Ejemplo de un diagrama de causa y efecto utilizado en la metodología para un problema eléctrico-electrónico	110
Figura 45. Significado del análisis PM	111
Figura 46. Avance rotacional del diamantador	113

Figura 47. Área interior de la junta fija afectada en su rugosidad debido al defecto	114
Figura 48. Vista general del anclaje	115
Figura 49. Vista esquemática del fenómeno sobre la pieza	115
Figura 50. Análisis de los planos del plato de mordazas, rectificadora SI-4A	118
Figura 51. Vista general del software, recuadro para llenado del encabezado	129
Figura 52. Vista general del software, recuadro para llenado de la totalidad de los datos del AMEF	129
Figura 53. Esquema de puntos críticos en una máquina	130
Figura 54. Ficha de inspección "A", rectificadora SI-4A	133
Figura 55. Ficha de servicio "2", rectificadora SI-4A	139
Figura 56. Reuniones periódicas de capacitación para operarios de producción	149
Figura 57. Jornada de limpieza e inspección autónoma, tornos Detroit y Dubied II en la línea de interejos	151
Figura 58. Registro de defectos y anomalías por parte de los operarios de producción	151
Figura 59. Esquema general propuesto para DANA TRANSEJES COLOMBIA	157
Figura 60. Nueva orden de trabajo para DANA TRANSEJES COLOMBIA	159
Figura 61. Vista general de la base de datos de producción	161
Figura 62. Imagen de la sección para cálculo de indicadores de gestión en la base de datos de producción	163
Figura 63. Causas que afectan el factor disponibilidad	163
Figura 64. Metas para los indicadores vitales en la gestión de	

mantenimiento	165
Figura 65. Apoyo a los grupos autónomos de operarios.	166
Figura 66. Conjunto de anomalías que deben ser detectadas por el operario de producción	167
Figura 67. Vista frontal y posterior de las tarjetas rojas de defectos	168
Figura 67. Colocación de una tarjeta roja de defectos en el equipo	168

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Etapas de implantación del mantenimiento autónomo	43
Tabla 2. Los siete pasos del mantenimiento planeado basados En el modelo sobre equipos	64
Tabla 3. Relaciones entre el análisis de fallas y los pasos prioritarios A tomar en el mantenimiento preventivo.	69
Tabla 4. Formato PM diligenciado para la primera falla de tipo Mecánico SI-4A	117
Tabla 5. Formato diligenciado para la segunda falla tipo mecánico SI-4A	119
Tabla 6. Continuación formato PM primera falla mecánica en la Rectificadora de interiores SI-4A	120
Tabla 7. Continuación formato PM segunda falla mecánica en la Rectificadora de interiores SI-4A	121
Tabla 8. Formato general del AMEF	125
Tabla 9. Cuadro MTBF por fallas para la rectificadora SI-4A	135
Tabla 10. Cronograma general de inspección para la Rectificadora SI-4A	136
Tabla 11. Cronograma general de servicio para la rectificadora SI-4A	142
Tabla 12. Los siete pasos estratégicos del mantenimiento Planeado y autónomo	144
Tabla 13. Primer nivel de la propuesta de capacitación para los Operarios de producción	148
Tabla 14. Formato de registro de anomalías y defectos,	

Para todas las máquinas	152
Tabla 15. Formato de avance en las actividades de limpieza e Inspección, torno Detroit	153

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Distribuciones de planta	173
Anexo B. Diagramas de producción	175
Anexo C. Planos de la materia prima	177
Anexo D. Estándares actuales de mantenimiento en la empresa	178
Anexo E. Formatos existentes para la gestión de mantenimiento	182
Anexo F. Control estadístico de procesos	184
Anexo G. Eficiencia global de los equipos	192
Anexo H. Análisis PM en los tornos Detroit y Dubied II	193
Anexo I. Criterios del AMEF	198
Anexo J. Fichas diseñadas para el preventivo de la SI-4A	201
Anexo K. Fichas diseñadas para el preventivo del Detroit	210
Anexo L. Fichas diseñadas para el preventivo del Dubied	222
Anexo M. Propuestas de los dos niveles restantes de capacitación	233
Anexo N. Diagrama de flujo programa AMEF	235

RESUMEN

TÍTULO:

REDISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MAQUINAS CUELLOS DE BOTELLA EN LA PLANTA DANA TRANSEJES COLOMBIA*

AUTOR:

Luis Fernando Echávez Martínez.

PALABRAS CLAVES:

Mantenimiento preventivo, Mantenimiento Productivo Total, Análisis y solución de problemas, gestión de fallas.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo principal de este proyecto aumentar la productividad de los equipos críticos al interior de DANA TRANSEJES COLOMBIA a través de un proceso de análisis y solución de problemas frecuentes, de cuyo resultado se obtenga información sobre que puntos en la máquina intervenir, para prevenir la aparición de fallas análogas o parecidas y mantener la capacidad operativa de las máquinas.

Los resultados de estos análisis son registrados en fichas de inspección escritas, las cuales contienen toda la información acerca de los puntos de la máquina que es necesario monitorear obedeciendo a frecuencias periódicas y

* Trabajo de Grado

aprendiendo mejores métodos y adquiriendo más criterios para discernir el estado de los equipos.

El resultado palpable del análisis son nuevos estándares de mantenimiento, unos basados en el tiempo y otros basados en la condición. Los nuevos ciclos de monitoreo de máquina con puntos específicos y críticos para la inspección están contenidas en fichas que facilitan la labor y permiten mejores métodos y criterios a los operarios. Para los estándares de mantenimiento preventivo, se generaron frecuencias de intervención de máquina con paradas programadas, las cuales permiten intervenir el equipo a fondo.

Los puntos clave intervenir y la información sobre los equipos fue el resultado de utilizar herramientas que brinda el Mantenimiento Productivo Total como lo son el análisis PM y el análisis AMEF.

SUMMARY

TITLE:

BOTTLENECK EQUIPMENT'S PREVENTIVE MAINTENANCE DESIGN*

AUTHOR:

Luis Fernando Echávez Martínez

KEY WORDS:

Preventive maintenance, Total Productive Maintenance, Failure and Mode Effects Analysis, failures analysis.

DESCRIPTION:

The objective of this project is to increase equipment productivity and efficiency in DANA TRANSEJES bottleneck equipment, on the basis of a failure analysis to learn what actions should be taken to prevent the occurrence of analogous failures.

The results are included in written inspection and service standards, including inspection cycles for individual inspection points and criteria. Besides, a maintenance calendar was designed to clearly show the parts of the machine that need to be replaced, overhaul cycle, timing of oiling and oil replacement, and its system of operation. Finally, the idea is to design a

* Degree Work.

system whose main activities are divided into TBM (time-based maintenance) and CBM (condition-based maintenance). For the TBM activities, I made standards according to a calendar of the line stoppage. For the CBM activities, the standards are inspections cards that contain information about the critical point of the equipment.

All these important points in the equipment and registered at the cards came from a failure analysis whose principal tools are given by the Total Productive Maintenance, the PM analysis and the FMEA analysis.

INTRODUCCION

Los conceptos del mantenimiento productivo total se han expandido rápidamente, y de manera muy exitosa, por todo el mundo en muchos tipos de industria de manufactura y ensamblaje. Estos se basan en varios pilares de apoyo, los cuales se implementan de forma organizada y estratégica, entre los que se encuentran el mantenimiento planeado y el mantenimiento autónomo.

Dentro de este contexto, la empresa DANA TRANSEJES COLOMBIA resuelta a desarrollar y utilizar las herramientas que brinda este sistema desde hace más de 5 años, busca implantar una nueva metodología de mantenimiento preventivo y gestión de fallas que responda a las necesidades específicas de su planta de producción hoy en día, y que se encuentre dentro del marco de las políticas, planeación y estrategias trazadas por DANA CORPORATION y GKN AUTOMOTIVE, actuales propietarios de la empresa.

Los sistemas de mantenimiento pueden dividirse básicamente en dos elementos, mantenimiento basado en el tiempo y mantenimiento basado en la condición. De los dos sistemas, el mantenimiento basado en el tiempo es la piedra angular. La única forma de hacer efectivo el mantenimiento basado en la condición, es implementando apropiadamente sistemas de mantenimiento en base al tiempo. Generalmente, sin embargo, los siguientes sistemas que sirven como bases para los sistemas de mantenimiento en base al tiempo no son adecuadamente establecidos:

- Estándares de inspección, como por ejemplo los ciclos de monitoreo o inspección de máquina, puntos específicos de inspección, métodos de inspección, y criterios para desarrollar estas actividades.
- Un calendario de mantenimiento mostrando claramente las partes o componentes que deben ser reemplazados o inspeccionados al desarmarlos en su totalidad, como también frecuencias para lubricación y cambio de aceite, e instrucciones que muestren claramente su sistema de operación.
- Un adecuado sistema de registro de fallas de los equipos.

Los estándares escritos de inspección, incluyendo los ciclos de inspección para puntos individuales críticos, criterios, y métodos no han sido a veces revisados en años en las empresas. El constante trabajo dividido entre labores de mantenimiento de maquinas y de operación de las mismas absorbe el tiempo de los empleados de las empresas y no permite muchas veces que sus roles dentro de la fabricación a escala esté muy bien definido. Esto es simplemente muestra de la falta de progreso en las tecnologías de gerenciamiento de plantas de manufactura, cuando en realidad, los estándares de mantenimiento escrito en una empresa deberían ser revisados a medida que avanza la tecnología.

Aunque los estándares existan, en muchas empresas son evidentes las actividades incompletas o parciales de inspección. Esto es signo de serios problemas en el manejo de los recursos computacionales o tecnológicos para la inspección de puntos, ciclos, métodos, registro de las fallas de los equipos, de la operación de los sistemas o simplemente de una buena capacitación. Los ciclos de paradas preventivas deben ser apropiados para permitir un

crecimiento continuo de la producción, o una disponibilidad de operación permanente. Si el ciclo de paradas preventivas puede ser extendido como muestra del buen manejo del cambio de partes e inspección de los equipos, los ciclos o cronogramas deben rápidamente evaluarse y adaptarse a las condiciones de la máquina.

Cualquiera que sea la cantidad, los defectos de los equipos deben ser descifrados con constante revisión de los fenómenos de tal forma que los errores constantes en a operación y las paradas imprevistas puedan ser reducidas. Es muy común que cuando las condiciones económicas en los negocios se deterioran o caen las utilidades estrepitosamente, el sector de mantenimiento es uno de os primeros en sufrir recortes en sus recursos. Esto presuntamente a la tendencia que existe de subestimar el valor del mantenimiento dentro de las empresas, como también por el pobre desempeño que poseen muchos sistemas de mantenimiento.

El desarrollo del presente proyecto busca generar una organización con un sistema de mantenimiento capaz de ofrecer respuesta oportuna a las averías y de recuperar las condiciones básicas de los equipos, en base a la detección de cambios significativos y transitorios de los mismos para poder responder dinámicamente a ellos. El objetivo principal es someter las máquinas críticas al interior de la planta a un proceso, construido en base a herramientas ofrecidas por el Mantenimiento Productivo Total y que utilice al máximo los recursos de la empresa. Además, incluir en este mismo proceso, estrategias de administración y medición de la gestión de los técnicos de mantenimiento a través del uso de indicadores que evalúen el éxito de la gestión y orienten y dirijan el mismo, necesitando imprescindiblemente la comprensión profunda de aquellos que tomarán decisiones y delegarán las acciones.

Este marco de necesidades es satisfecho ampliamente por las acciones que ofrece el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en cada uno de los pasos propuestos para su implantación metodológica exitosa, en la medida en que proponen soluciones efectivas a cada una de las necesidades planteadas.

1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

1.1 NATURALEZA DEL NEGOCIO

DANA TRANSEJES COLOMBIA es una empresa de carácter privado, filial de **DANA CORPORATION**, líder mundial en ingeniería. Manufactura y distribuye productos y sistemas para los mercados automotriz e industrial y se dedica principalmente a la producción de ejes diferenciales, cardanes y sistemas modulares, garantizando a través de su asociación con **GKN**, el soporte tecnológico para la fabricación de ejes homocinéticos.

DANA TRANSEJES COLOMBIA atiende a los grandes importadores colombianos, interesados en los productos de las diferentes fábricas Dana en el mundo, ofreciendo su atención, venta y servicio a productos disponibles en Argentina, Brasil, Estados Unidos y Venezuela.

Con esta nueva línea de negocio **DANA TRANSEJES COLOMBIA** se ha consolidado en el mercado de la distribución de autopartes a escala nacional e internacional.

1.2 RESEÑA HISTORICA

DANA TRANSEJES COLOMBIA fue fundada en Abril 28 de 1972. Esta se localiza en la Zona Industrial de Girón - Bucaramanga (Ver Figura 1), cuenta además, con operaciones en la ciudad de Bogotá, atendiendo de igual forma los mercados de equipo original (ensambladoras), reposición y exportaciones, con la participación de la casa matriz **DANA CORPORATION** como su

principal accionista quien suministra la tecnología de ejes diferenciales y ejes cardánicos. A continuación se reseñan algunos sucesos relevantes para el desarrollo de la organización en el ámbito nacional.

Figura 1. Vista general de Dana Transejes Colombia



1974: Se iniciaron operaciones de ensamblado de ejes diferenciales

1975-1978: Se inició el proceso de mecanizado con el montaje de las líneas de tubos y semiejes.

1979-1981: Se iniciaron operaciones de las líneas de yugos de acople.

1981: Instalación de líneas de ejes cardánicos

1983-1984: Se inició la venta de ejes homocinéticos Mazda

1986: Puesta en marcha de la línea de mecanizado de juntas fijas

1988: se realizaron cambios en el sistema de producción en línea dedicada al nuevo concepto de producción en celdas

1989: Se realizó el lanzamiento del " Plan excelencia"

1990: Se compro la planta Medellín - pistones

1992: Se adquieren líneas de mecanizado denominado GI para la producción de junta móvil de ejes homocinéticos.

1994: Se cerró la planta de Medellín

1995: Transejes se asocia con la multinacional **GKN** líder en el mercado de ejes homocinéticos

1997: Se cerró la planta de Ibagué y se inicia el proceso de certificación QS - 9000

1998: Transejes recibe la certificación QS-9000 y traslada la manufactura de cascos, yugos, tubos y semiejes a Danaven, Venezuela.

Desde el año 2000, DANA TRANSEJES COLOMBIA cuenta con un gran socio, **GKN** de Inglaterra, el cual suministra el "Know How" para la manufactura y ensamble de los ejes homocinéticos, generando 154 empleos directos aproximadamente. Este conocimiento se ve reflejado en la tecnología empleada en el desarrollo de nueva tecnología como el TXT TM (por sus siglas en inglés Torque Transfer Technology).

1.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS

1.3.1 Ejes Diferenciales. Desde 1974 DANA TRANSEJES COLOMBIA, empleando tecnología de clase mundial ha ensamblado ejes diferenciales SPICER® para automóviles y vehículos comerciales tanto nacionales como importados.

La empresa cuenta con la asesoría directa y asistencia técnica del TRACTION TECHNOLOGIES GROUP de la Corporación DANA. Cada uno de los productos para transmisión SPICER®, al igual que el resto de productos de la empresa, cuenta con el respaldo de una amplia red de cobertura presente en

más de 15 ciudades colombianas. La experiencia en el ensamble y distribución de equipo original para ejes diferenciales SPICER® hace que DANA TRANSEJES COLOMBIA sea la única empresa que puede prestar un servicio completo y garantizado a la mayoría de vehículos en Colombia.

La línea completa de ejes diferenciales SPICER® incluye:

- Ejes Diferenciales ensamblados
- Conjuntos Piñón Corona
- Semi- Ejes Diferenciales
- Rodamientos
- Satélites
- Planetarios
- Discos de Fricción
- Diferenciales de deslizamiento limitado

1.3.2 Ejes Homocinéticos. DANA TRANSEJES COLOMBIA tiene en las juntas Homocinéticas SPICER®, uno de sus productos líderes, en congruencia con el soporte tecnológico de GKN de Inglaterra, el productor más grande de ejes homocinéticos en el ámbito mundial.

La Garantía DANA TRANSEJES COLOMBIA junto al respaldo de **GKN** hace de esta empresa, líder del mercado nacional en la distribución de juntas SPICER®.

La línea de equipo original de juntas SPICER® comprende:

- Ejes Homocinéticos Ensamblados
- Kit Intereje
- Kit Pareja Intereje
- Kit Junta Fija
- Kit Junta Móvil
- Tulipa
- Trípodes

1.3.3 Cardanes. La marca SPICER® está consagrada en el mundo automovilístico en el suministro de equipo original hace más de un siglo, desde que Clarence Spicer inventó la junta universal.

DANA TRANSEJES COLOMBIA ensambla y suministra equipo original para Cardanes SPICER® así como para cada uno de sus componentes. La garantía TRANSEJES es sinónimo de respaldo y calidad para todos los usuarios de la línea SPICER®.

La línea de equipo original para cardanes SPICER® y sus componentes incluye:

- Flanches
- Yugos
- Espigas
- Crucetas
- Rodamientos Centrales
- Tubos

1.3.4 Filtros. Con más de 60 años de experiencia en sistemas de filtración, la marca WIX® es líder mundial en suministro de filtros para carros, camionetas, vehículos pesados, transporte público y agrícola. DANA TRANSEJES COLOMBIA es importador directo y cuenta con una amplia red de distribuidores a nivel nacional que pone a disposición de los propietarios de cualquier tipo de vehículo nacional o importado, equipo original para la línea de filtros WIX® en el mercado de reposición. La línea de filtros incluye:

- Filtros de Aceite
- Filtros de Aire
- Filtros de Gasolina
- Filtros Refrigerantes
- Filtros para Transmisión
- Filtros Hidráulicos

1.3.5 Pistones y Partes de Motor. DANA TRANSEJES COLOMBIA ofrece a sus distribuidores equipo original nacional garantizado para todo el parque automotor colombiano teniendo así, el portafolio de productos más completo en vehículos americanos, europeos y asiáticos. Esta empresa también posee una amplia red de cobertura que hace de los pistones y partes para motor PERFECT CIRCLE® la marca líder a nivel nacional e internacional.

La línea de productos PERFECT CIRCLE® incluye:

- Pistones
- Anillos
- Camisas

- Ejes de Levas
- Pasadores

1.4 MERCADOS Y CLIENTES

Los productos que posee DANA TRANSEJES COLOMBIA, están orientados a los mercados de equipos originales y reposiciones, manejando ensambladoras en Colombia, Venezuela, Ecuador, Uruguay y Brasil. En los cuales encontramos clientes como: General Motors Venezuela, Colombia y Ecuador, Renault Colombia, Hyundai Venezuela, Mitsubishi Motors Venezuela, Chrysler Venezuela, Nissan Colombia, Toyota Colombia y Venezuela, Mazda Colombia y Venezuela, Ford Venezuela, distribuidores, detallistas y talleres.

1.5 CULTURA ORGANIZACIONAL

1.5.1 Visión. TRANSEJES es una organización de clase mundial, líder en su género en la región Andina, competitiva y confiable para otros mercados, con negocios rentables desarrollados de una manera profesional y ética.

1.5.2 Misión. TRANSEJES es una organización privada dedicada a fabricar y comercializar productos, sistemas y servicios de alta tecnología con énfasis en el sector automotor. A través de innovación, mejoramiento continuo y orientación al cliente, busca el liderazgo en sus respectivos campos de acción asegurando:

A NUESTROS CLIENTES, contribución a su desarrollo, satisfaciendo sus necesidades y excediendo sus expectativas; **A NUESTROS ACCIONISTAS,**

un continuo incremento en el retorno a su inversión; **A NUESTRA GENTE**, un clima laboral de mutuo respeto y desarrollo integral; **A LA SOCIEDAD**, mayor bienestar y desarrollo, preservando el medio ambiente y cumpliendo con las regulaciones gubernamentales; **A NUESTROS PROVEEDORES**, una relación de largo plazo y mutuo desarrollo.

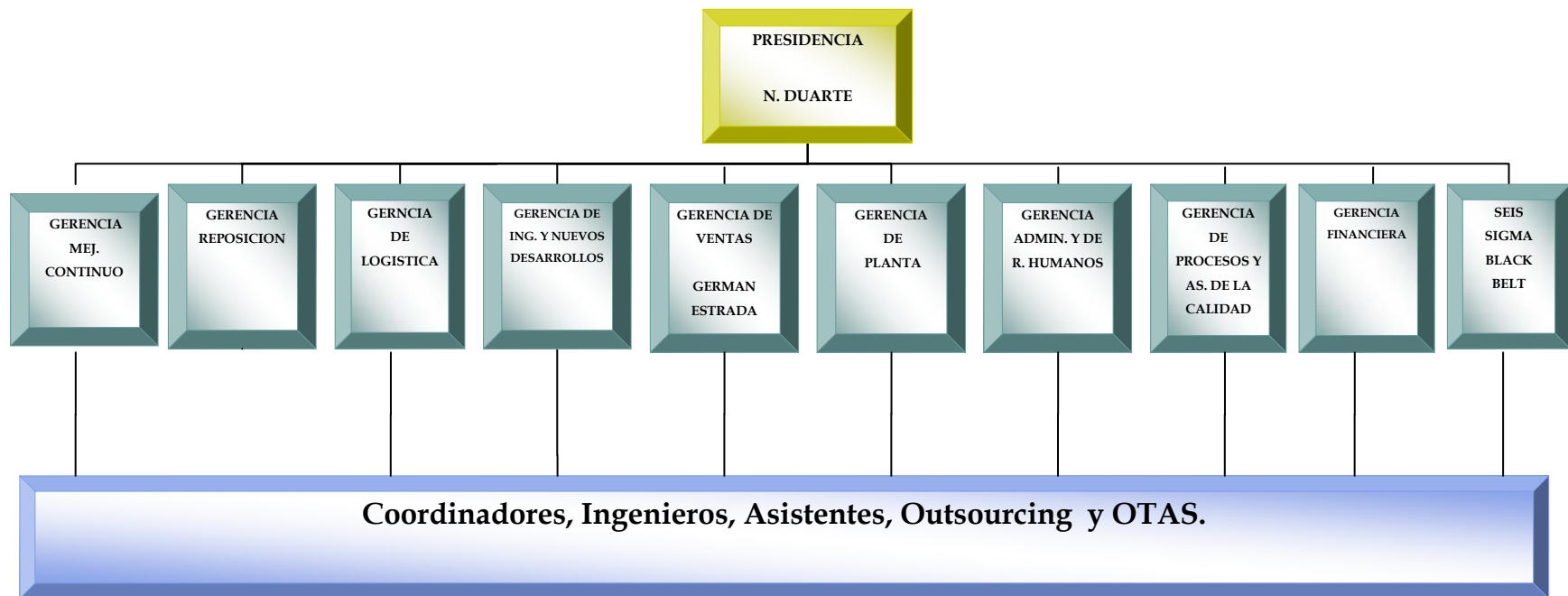
1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

DANA TRANSEJES COLOMBIA posee una estructura organizacional jerárquica de tres niveles (Ver Figura 2), tipo cascada conformada por la presidencia, las gerencias y los coordinadores, ingenieros, asistentes, outsourcing y el personal operativo y administrativo perteneciente a las OTAS.

Las OTAS son las llamadas cooperativas de trabajo, las cuales hacen parte de un plan de flexibilización laboral llevado a cabo por la empresa durante los últimos 4 años. Son parte activa de la empresa como organización y se han implantado con resultados exitosos.

Los operarios de producción de las juntas homocinéticas están divididos básicamente en dos OTAS: **Tecmepart** y **EyM**. La coordinación de mantenimiento aún hace parte de la empresa en vinculación directa, pero en el caso de los operarios de mantenimiento, estos se concentran en la cooperativa llamada **TECMAIND**, cuya creación no supera los 2 años.

Figura 2. Estructura organizacional Dana Transejes



2. DEFINICION DE LOS COMPONENTES DEL EJE HOMOCINETICO Y SU PROCESO DE PRODUCCION

2.1 DEFINICION

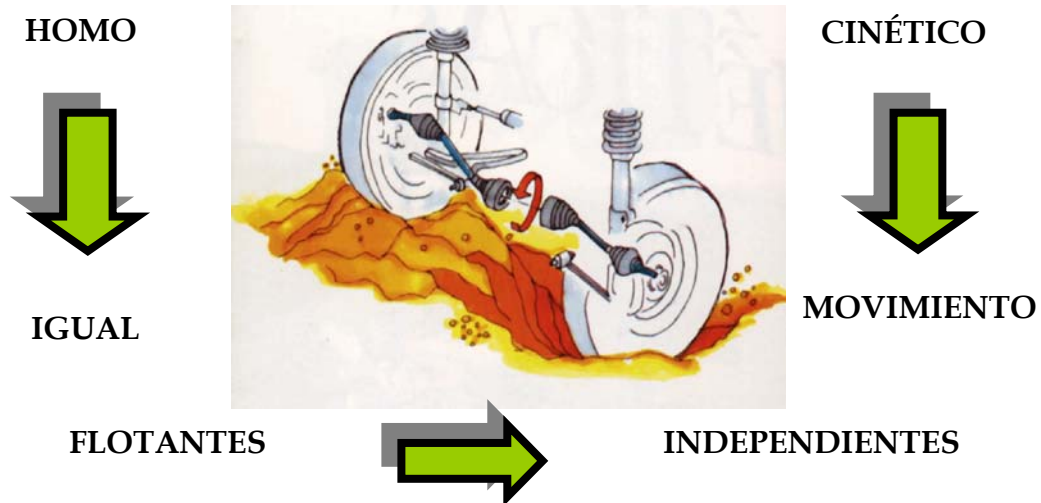
Homocinético en español quiere decir velocidad constante. Eje homocinético (Ver figura 3) es el conjunto de piezas que sirve para transmitir torque, o sea, la fuerza del motor a las ruedas, de forma constante sin variaciones ni vibraciones en cualquier tipo de terreno. No importa a cuantos kilómetros por hora rueda el carro.

Estas piezas transmiten la fuerza del motor a las ruedas manteniendo una rotación igual entre ellas, con la máxima libertad posible de movimiento. La mayoría de automóviles poseen dos ejes de transmisión homocinética, cada uno con dos juntas, o sea, un total de cuatro juntas o articulaciones por vehículo.

Los ejes homocinéticos son dos ejes unidos entre si por unas articulaciones que permiten que ambos giren a la misma velocidad, no importa el ángulo que formen el uno con el otro. Básicamente las juntas homocinéticas tienen la misma concepción que la rotula de nuestra rodilla. Las juntas homocinéticas están compuestas de una punta de eje también llamada campana que esta unida a la rueda. Dentro de la campana hay seis pistas donde encajan con precisión seis esferas de acero, las cuales se encuentran ubicadas en una canastilla que va en el interior de la canasta de la campana. A través de la canastilla estas esferas son mantenidas en el mismo plano. Internamente la nuez con seis pistas se acopla a las esferas, y está unida al eje de transmisión

llevando el torque del motor al conjunto. Así cada vez que el eje gira la canastilla mueve juntas las seis esferas dentro de la campana. El movimiento de las esferas dentro de la campana permite que la junta trabaje en ángulos.

Figura 3. Eje Homocinético

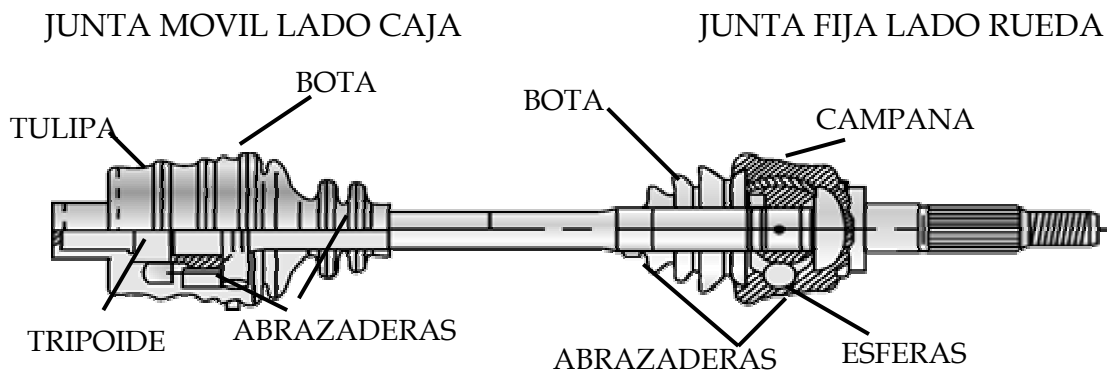


2.2 COMPONENTES DEL EJE HOMOCINETICO

La figura 4 muestra un plano general de los componentes de un eje homocinético. Cada uno de estos elementos será descrito nombrando sus principales características y funcionamiento. En los procesos de producción sólo se hará referencia a los procesos de fabricación de la junta fija e intereje, por ser los componentes mecanizados en las máquinas pertinentes a los objetivos de este proyecto de grado.

La junta móvil está pegada a la caja de cambios del vehículo, mientras que la junta fija está pegada al cubo que mueve las ruedas. El elemento de comunicación entre estas dos partes es el intereje.

Figura 4. Componentes del Eje Homocinético



2.2.1 Junta Fija. Las juntas fijas (Ver figura 5) están ubicadas al lado de las ruedas, ligadas al cubo de la rueda. A pesar de ser llamadas fijas, las juntas se mueven por encima y por debajo, y de un lado a otro, su movimiento es angular, con el fin de compensar cambios violentos causados por la dirección y la suspensión, a través de una tracción suave, sin fluctuaciones. Son utilizadas donde se exigen ángulos de trabajo muy grandes como vehículos de tracción delantera, y permiten hasta 47° de angularidad con velocidad constante.

Figura 5. Junta Fija



2.2.2 Junta Móvil o Tulipa. Las juntas móviles o tulipas (Ver figura 6) suelen estar junto a la transmisión al lado de la caja de cambios. Sirven para compensar los cambios de ángulos y variaciones de los ejes (Extensión y compresión) del conjunto causados por los movimientos de suspensión.

Las juntas móviles ejecutan dos tipos de movimientos: angular y de deslizamiento hacia adentro y hacia fuera (también llamado axial)

Las juntas móviles se dividen en tres tipos:

Figura 6. Junta Móvil o Tulipa



- **Junta Móvil VL.** Este tipo de junta es de fácil identificación, pues sus pistas son rectas y en forma de "V", o sea, son diagonales encontradas en un disco que permite ángulos operacionales de hasta 22° con deslizamiento máximo de 48 mm. Consigue transmitir torque en rotaciones elevadas, también es usada como junta de alta velocidad en ejes de propulsión (Ver figura 7).

Figura 7. Junta Móvil VL



- **Junta Móvil Trípode.** Posibilita ángulos hasta de 25° con deslizamiento máximo de 55 mm. Utiliza trípodes, compuestos por rodamientos dispuestos en forma triangular, que trabajan dentro de una tulipa, en especie de receptáculo que los aseguran a baja fricción (Ver Figura 8). En los vehículos Fiat, no existe la tulipa, el trípode trabaja dentro de la caja de cambios.

Figura 8. Junta Móvil Trípode



- **Junta D.O. (Double Offset).** Tipo de junta móvil, que posee una jaula dislocada en el centro esférico de la junta. Posee pistas rectas y paralelas, encontradas en forma de puntera, permite ángulos de hasta 22° con

deslizamiento máximo de 55 mm. a pesar del diámetro reducido transmite torques elevados de aproximadamente 300 Nm a 200° rpm. (Ver Figura 9).

Figura 9. Junta D.O.



2.2.3 Eje de Interconexión o Intereje. El intereje es el componente central del eje homocinético, ya que es la barra que permite que la junta fija y la junta móvil o tulipas estén unidas. Es de acero y posee diferentes dimensiones y diámetros de acuerdo al modelo o aplicación (Ver figura 10).

Figura 10. Intereje



2.2.4 Trípode. El trípode en el eje homocinético tiene la función de recibir y transmitir la fuerza de tracción que viaja desde la caja del vehículo hacia el eje de la rueda. Además es un componente que posee movimiento axial,

permitiendo así, los desplazamientos normales que tiene la rueda cuando pasa por un hueco o sobre una piedra (Ver figura 11).

Figura 11. Trípode



2.2.5 Accesorios. Entre los accesorios de la junta homocinética se encuentran el guardapolvo, la abrazadera menor y la abrazadera mayor. El guardapolvo, llamado bota, sirve para retener la grasa dentro de la junta, y al mismo tiempo impedir la penetración del polvo (Ver figura 12). Su ausencia por fugas o problemas como perforaciones, cortes o rasguños permiten que entren impurezas causando fallas o daño irreparable del eje homocinético.

Figura 12. Guardapolvo



La abrazadera menor está ubicada en la parte angosta de la bota, esta es metálica y sirve para fijar y sellar el guardapolvo. La abrazadera mayor está ubicada en la parte ancha de la bota, esta es metálica y sirve para fijar y sellar el guardapolvo. DANA TRANSEJES COLOMBIA suministra abrazaderas de dos tipos: lengüetas y cinta otiker. En ambos casos, las abrazaderas poseen un revestimiento anticorrosivo (Ver figura 13). Las abrazaderas son fabricadas a partir de láminas de acero con dureza controlada. Tiene forma geométrica y acabados firme para fijación perfecta.

Figura 13. Abrazadera Mayor y Menor



2.3 FABRICACION DEL EJE HOMOCINETICO

THC (Transmisiones Homocinéticas de Colombia) forma parte de DANA TRANSEJES COLOMBIA, como representante directo de **GKN**, líder mundial en la fabricación y ensamble de ejes homocinéticos. **THC** es la parte de la empresa encargada de producir todos los componentes de los ejes homocinéticos realizando los procesos de mecanizado de la Junta Fija, Intereje, Junta Móvil o Tulipa, Trípode, y el Ensamble final de los mismos.

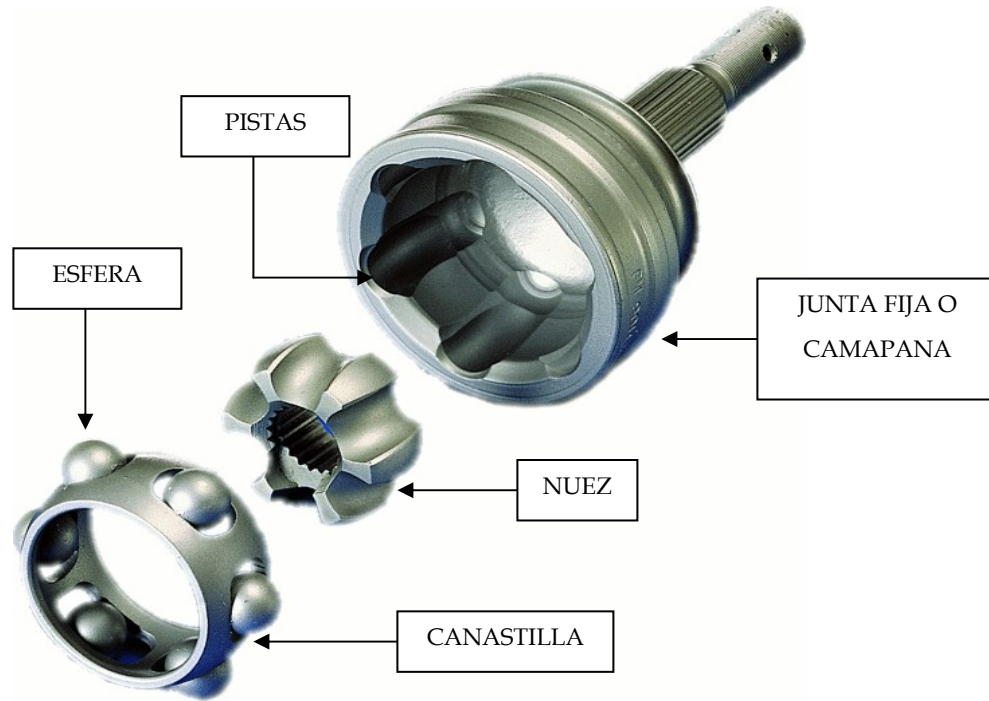
La distribución de la planta o Lay-out para las líneas de Juntas Fijas, Interejes, Tulipas y Trípodes es una distribución por producto, es decir, líneas con

operaciones continuas hasta la consecución del producto final. Para el ensamble, por el contrario, la distribución se basa en células de producción. Es importante anotar que dentro de las líneas de mecanizado encontramos pequeñas células por procesos debido a la existencia de más de una máquina en algunos casos para cada proceso.

2.3.1 Proceso de producción de la junta fija. La junta fija es mecanizada a partir de forjas importadas de Brasil, Estados Unidos, México y Venezuela. El acero de la materia prima es en su mayoría acero SAE 1050, y se manejan algunas veces dos tipos de forja dependiendo de las aplicaciones: La forja convencional, la cual en el interior de la campana no posee ningún proceso previo, por lo que debe ser sometida a las operaciones de torneado interior y fresado de pistas; y la forja de precisión, la cual viene con las pistas de la campana ya mecanizadas y en consecuencia, los números de parte mecanizados a partir de este tipo de forja, no son sometidos a los procesos de mecanizado interior ni fresado de pistas. La utilidad de estos mecanizados interiores al interior de la empresa, es el ensamble perfecto de los componentes interiores para el buen funcionamiento del eje homocinético. Puede observarse una vista general del ensamble de la junta fija en la figura 14, donde se hace evidente la necesidad de buenas características del mecanizado interior para el éxito del mecanismo.

Para observar la distribución de las máquinas o lay-out de la línea de juntas el lector puede remitirse al anexo A y un plano de la forja convencional utilizada por DANA TRANSEJES COLOMBIA es adjunto en el anexo C.

Figura 14. Junta Fija y sus componentes interiores



La línea de juntas fijas posee un amplio número de partes, haciéndose necesario, con miras a un eficiente sistema de identificación, la agrupación por familias de acuerdo a los procesos a los cuales serán sometidas y al tipo de vehículo al que serán ensambladas. En consecuencia, los procesos de mecanizado varían en un amplio rango y cambian de acuerdo a dichas familias. Se debe tener en cuenta en consecuencia, que no todos los modelos pasan por todas las operaciones, debido al tipo de forma, familia y especificaciones del producto.

Los equipos principales y sus respectivas operaciones se describen a continuación, ampliando el diagrama de flujo que contiene la secuencia de las operaciones de producción para la línea de juntas fijas adjunto en el anexo B:

- **Corte de la pieza.** La operación de corte se realiza al inicio de la línea, y consiste en amoldar el vástago de la junta fija en base a las especificaciones del modelo a procesar, esta operación se lleva a cabo en la **Sierra Well-Saw**.
- **Refrentado y centrado.** Las operaciones de centrado y refrentado son realizadas en la **centradora Drill-unit**. Esta es una máquina electro-mecánica de control eléctrico simple. Durante el refrentado, se le realiza a la pieza un desbaste del exceso de material que trae en la parte del vástago. Posteriormente durante el centrado, se taladra un orificio en el eje central de la pieza en el mismo lado del refrentado. El objetivo de esta operación, es permitir que las piezas puedan ser ancladas en las máquinas que operan en los siguientes procesos, teniendo en cuenta que la mayoría de las máquinas poseen anclaje de piezas por medio de puntos.
- **Torneado Exterior.** La operación de torneado exterior se realiza en dos tornos de forma paralela, **torno Avenger** y **torno Niles**, ambos de tecnología CNC (Control Numérico). Durante esta operación se mecaniza la junta fija para dimensionar los diferentes diámetros que requiere la pieza en la campana exterior y el vástago.
- **Torneado Interior.** La operación de torneado interior se realiza en el **torno Mazak** (CNC), en donde se mecaniza la parte interior de la campana. En esta operación se realiza un desbaste preliminar que le da el diámetro a la canastilla interna de la campana y se hace un orificio en el interior de la misma para posteriores anclajes.
- **Fresado de Pistas.** Esta operación, que incluye tanto el desbaste o pre-mecanizado de las pistas, como el acabado de las mismas, se realiza en la

fresadora Ex-Cell-O (CNC). El acabado consiste en la mecanización de los canales o pistas en la parte interior de la campana en donde deslizaran las esferas contenidas en la canastilla. En algunos modelos se realiza antes un desbaste debido a que la forja trae mucho material del proceso anterior y es necesario removerlo debido a que la operación posterior es un proceso mucho más refinado y delicado.

- **Estriado y Roscado.** El estriado y roscado se realiza mediante un proceso en frío en la **laminadora Roto-Flo**. Con la ayuda de esta máquina, de características netamente electro-hidráulica, es posible hacer el estriado y roscado al vástago, dejando las marcas de los llamados racks.

- **Perforado Hueco Pin.** El perforado o taladrado del hueco pin, es realizado en la **perforadora Sugino**. El perforado deja un hueco ubicado en la punta del vástago, y puede ser sencillo o doble. No todos los números de parte aplican para esta operación.

- **Temple.** El temple se realiza en la **máquina de tratamiento térmico F.D.F.** Esta operación consiste en someter las piezas a un calentamiento crítico de 850° C aproximadamente por medio de inductores que generan un campo magnético, y luego, se enfrían a una temperatura crítica inferior por medio de un choque térmico a presión generado por una solución denominada hidrotemple. Esta máquina esta compuesta por tres estaciones: en la primera se realiza el temple de la campana, en la segunda el temple del vástago y en la tercera el recocido de la rosca (donde se somete la pieza a alta temperatura para quitarle al acero la dureza adquirida en el temple). Después del temple las piezas se estampan sobre la campana con el número del modelo y se

realiza la prueba de profundidad del temple, la cual determina si el temple esta entre los limites permitidos.

- **Revenido.** El revenido se realiza en el **horno Surface**. Esta operación sirve para liberar las tensiones internas en las piezas generadas por el temple. Este proceso es estándar para todos los números de parte y se aplica a todos los componentes del eje homocinético (Interejes, Juntas Fijas, Tulipas y Trípodes) durante el mismo tiempo y en las mismas condiciones.
- **Rectificado Exterior.** El rectificado exterior se realiza en la **rectificadora SASE 200**, esta operación consiste en darle al exterior de la campana las dimensiones requeridas y exigidas por el plano. Es necesaria esta operación para efectos de facilidad de manufactura de igual forma, ya que el resto de máquinas de aquí en adelante poseen un anclaje por la campana de la pieza. Esta operación es realizada con una piedra abrasiva de Oxido de Aluminio.
- **Rectificado Interior.** El proceso de rectificado del diámetro esférico interior es realizado por la **rectificadora SI-4A**, la cual le da un acabado final a las dimensiones internas de la campana, para que la canastilla de pueda desplazar con libertad. La herramienta utilizada en esta operación es una piedra abrasiva de Oxido de Aluminio con contorno semicircular.
- **Rectificado de Pistas.** El rectificado de pistas, es realizado por la **rectificadora Ex-Cell-O**, la cual se encarga de darle las dimensiones finales a las pistas por donde se deslizaran las esferas contenidas en la canastilla. Esta máquina trabaja con abrasivos SG-Gel, tipo macho o tipo hembra.

- **Protección y Empaque.** Por último, se realizan las operaciones de protección y empaque, las cuales consisten en sumergir primeramente las piezas en un aceite aislante que evita que las juntas fijas se oxiden y después guardarlas en canastas metálicas para finalmente ser inspeccionadas por el personal de calidad y ser entregadas al almacén.

2.3.2 Proceso de producción del intereje. El intereje es mecanizado a partir de varillas de acero de diferentes diámetros (24.20, 27.75, 28, 30, 30.75, 30.94 y 34mm) y variados tipos de acero (SAE 1045, 1050, 1552 y al Boro). Estas varillas de acero actualmente son importadas de Venezuela, Estados Unidos y Brasil. Un plano de una varilla convencional para el mecanizado de un intereje es adjunto en el anexo C.

En esta línea se mecanizan una gran variedad de modelos de interejes, tanto izquierdos como derechos ya que las aplicaciones van siempre en parejas. Estos modelos están identificados por la marca de los clientes, como Renault (R-12, R-18, R-4, R-6, R-21, Megane, Clio, Twingo, etc.), Mazda (M. 323, M. 626, etc.), Chevrolet (Corsa, Swift, Sprint, Alto, Esteem, Optra, Trail Blazer, Astra, etc.), Toyota (Hilux, Prado, etc.), Ford (Festiva, Fiesta, Explorer, Amazon, etc.), Daewoo (Tico, etc.) y Hyundai (Accent, etc.), Chrysler, entre otros.

La secuencia de los procesos de mecanizado de los interejes está esquematizada de forma clara en un diagrama de flujo adjunto en el anexo B, aclarando que algunos modelos no pasan por todas las operaciones, como el corte, rectificado exterior y pintura.

La distribución física de la línea es por producto al igual que la línea de juntas fijas, aunque las maquinas están dispuestas por pequeñas células o celdas de trabajo que son manipuladas por uno o dos operarios (Ver anexo A).

Las operaciones en su orden para el mecanizado de los interejes es el siguiente:

- **Corte.** La operación de corte se realiza en la **Sierra Doall**, en donde toda la materia prima es cortada de acuerdo a las especificaciones dadas por el plano correspondiente al modelo mecanizado.
- **Refrentado y Centrado.** Las operaciones de refrentado y centrado del intereje se realizan paralelamente en la **Centradora Endomatic** y en la **Centradora TCT**. Ambas son máquinas electromecánicas de idénticas características. Durante el refrentado, se desbasta el material de las puntas de la varilla hasta alcanzar las medidas adecuadas. Posteriormente durante el centrado, se realiza un orificio en la mitad de cada extremo de las varillas, para luego permitir el anclaje de las mismas entre los puntos de las máquinas siguientes. La mayoría de las máquinas poseen un tipo de anclaje por puntos.
- **Torneado lado Junta Móvil o Tulipa.** La operación de torneado del lado móvil, se realiza en el **torno Detroit**, de tecnología netamente electro-hidráulica. Esto hace las operaciones de programación de los modelos un poco complejas. Este torno trabaja mediante el copiado de partes en base a modelos guías que se ubican en la parte superior del torno, haciendo que el sistema copiador guíe el portaherramientas mientras este realiza el mecanizado de la parte con el contorno adecuado. El torneado consiste en dar

al cuerpo de la varilla los diferentes diámetros y formas requeridas en el intereje de acuerdo a las especificaciones del plano.

- **Torneado lado Junta Fija.** La operación de torneado del lado fijo, se realiza en el **torno Dubied II**. Este torno aunque de tecnología electro-hidráulica, maneja funciones más avanzadas a las del torno Detroit. Este torno trabaja igualmente mediante copias, las cuales se ubican en la parte superior del torno para que el copiador guíe el porta-herramientas que realiza el mecanizado. El torneado consiste en dar al cuerpo de la varilla los diferentes diámetros y formas requeridas en el intereje de acuerdo a las especificaciones que este tenga en el plano. Esta operación y la operación anterior la realiza el trono Niles (CNC), el cual es utilizado cuando los tornos Detroit y Dubied II se encuentran saturados de material o cuando el bache a tornear es menor de 200 piezas.

- **Rolado lado Junta Móvil.** El rolado de la junta móvil se realiza en la Laminadora en frío **Roto-Flo** y consiste en deformar el material mediante unos racks de acero, ubicados a manera de prensa, que realizan el estriado del extremo móvil del intereje. Proceso análogo al estriado del vástago de la junta fija.

- **Rolado lado Junta Fija.** El rolado de la junta fijo se realiza en la laminadora en frío **Roto-Flo** y consiste en deformar el material mediante unos racks de acero, ubicados a manera de prensa, que realizan el estriado del extremo fijo del intereje.

- **Ranurado.** La operación de ranurado se realiza en el **torno ranurador Dubied I** y consiste en hacer en los extremos del intereje (JM y JF) las ranuras

en donde irán los anillos para asegurar los componentes que este posee. Esta operación varía de acuerdo al modelo, ya que algunos llevan sólo una ranura o dos, las cuales se realizan en una sola pasada, mientras que otros; poseen tres o cuatro hay que realizar hasta dos pasadas. Por lo anterior, el torno Niles realiza en muchas ocasiones las ranuras iniciales de los modelos que poseen más de dos ranuras. Después de este proceso las piezas se estampan con el número de parte correspondiente en la estampadora y se lavan quitando toda la grasa y aceite que pueda tener la pieza, para luego proceder a templarlas.

- **Temple.** El temple por inducción es realizado por la **Templadora TOCCO**, una máquina de tratamiento térmico que tiene como función el someter a las piezas a un calentamiento crítico de 850° C, por medio de dos inductores que varían de acuerdo al diámetro de las piezas, los cuales generan un campo magnético que permite el aumento de temperatura para posteriormente proceder a enfriarlas mediante un líquido llamado hidrotemple y penetrar en profundidad de dureza de acuerdo a las especificaciones del modelo. Este tratamiento proporciona a los intereses dureza superficial acompañada de una profundidad o capa también endurecida. La verificación la profundidad de temple se realiza mediante el **Microdurómetro Magnatest**, el cual verifica que la profundidad del temple se la requerida para cada número de parte.

- **Revenido.** Esta operación se realiza al igual que las juntas fijas en el **Horno Surface**, y consiste en calentar las piezas a 185 °C durante 65 minutos aproximadamente para liberar las tensiones generadas por el temple y luego someterlas a enfriamiento mediante un ventilador interno durante 20 o 25 minutos aproximadamente.

- **Enderezado.** El enderezado se realiza en una prensa mecánica llamada **Flexible Power Press**. Después del revenido en el que el temple deforma las piezas, se debe enderezar los interejes de acuerdo a las especificaciones de tolerancia que permite cada número de parte.
- **Rectificado.** El proceso de rectificado es realizado por la **Rectificadora Landis**, la cual aplica sólo para algunos modelos izquierdos de Renault como R-9, Twingo, Clío y Megane los cuales llevan un rodamiento en esta parte del eje para soportar el intereje a la caja. El proceso se realiza en una pequeña parte del lado de la junta móvil y consiste en la disminución del diámetro de ese sector mediante una piedra abrasiva de Oxido de Aluminio.
- **Prueba de Grietas.** La prueba de grietas se realiza para detectar las fisuras o posibles fracturas causadas por el temple en el material, y la cual evita que algún intereje defectuoso produzca un accidente cuando este ya en funcionamiento. Esta operación se realiza en el **Magnaflux**, y consiste en bañar las piezas con un líquido compuesto por petróleo y magnaglo el cual se deposita en las grietas y al ser sometidas a un campo magnético se hacen visibles a la luz ultravioleta.
- **Limpiado, Pintura y Empaque.** Los procesos de limpiado, pintado y empaque se realizan en la caseta de pintura. Consisten en la limpieza de los interejes con thinner, para poder lograr una mejor impregnación de la pintura a los mismos. Si esta operación no es realizada, durante el proceso de pintura se debe aplicar un ácido y un lavado, que realizan la misma función del limpiado. El pintado se realiza mediante una pistola atomizadora que pueden pintar hasta doce interejes al mismo tiempo. Por ultimo, el empaque se realiza en unas canastas metálicas en donde se les aplica un aceite para protegerlos

de la corrosión. Luego son inspeccionados por el personal de la cooperativa de calidad llamada Sistecal para finalmente ser trasladados al almacén.

3. DEFINICION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

La definición del mantenimiento productivo total; de cuyas iniciales se derivan las siglas **TPM**, mundialmente famosas en la industria de hoy; fue promulgada inicialmente en el año 1971 bajo un enfoque estrictamente asociado a los departamentos de producción. Hoy en día sus conceptos han sido reorientados hacia la gestión en la totalidad de los departamentos de las fábricas: **Mantenimiento**, producción, nuevos desarrollos e ingeniería, ventas, almacén, gerencia y administración, etc., más allá del mero sector productivo.

Este nuevo y último enfoque, que fue publicado hacia el año 1989 por el JIPM*, principal fomentador del TPM alrededor del mundo, define el TPM bajo los siguientes parámetros:

- El sistema TPM apunta hacia la creación de un sistema corporativo en una organización que maximiza la eficiencia del sistema productivo. (Mejora de la eficiencia global de producción)
- El TPM crea sistemas de gestión que buscan prevenir la ocurrencia de todo tipo de pérdidas, concentrándose en la totalidad de los procesos que llevan a un buen producto final en las líneas de producción. Esto incluye sistemas que alcancen metas de “Cero accidentes, cero defectos y cero fallas” durante la totalidad del ciclo del sistema productivo.

* El JIPM son las iniciales del Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas

- El sistema TPM está basado en la participación de todos los miembros de una corporación u organización, jerarquizados desde los altos círculos ejecutivos y administrativos, hasta los empleados operativos propiamente.
- El sistema TPM alcanza un estado de cero pérdidas en toda la cadena productiva a través de la sincronización de actividades de pequeños grupos distribuidos dentro de las compañías.
- Por último, complementando el antiguo enfoque productivo y técnico, el sistema TPM apunta al establecimiento de sistemas de mantenimiento planeado para la totalidad del ciclo de vida de los equipos, teniendo en cuenta su planeación, operación, y mantenimiento, elevando así la eficiencia global de los mismos.

3.1 OBJETIVOS DEL TPM

Para entender estratégicamente los objetivos y alcances del TPM y contextualizarlos dentro de un marco de avance de las tendencias y filosofías administrativas mundiales, es necesario entender sus orígenes como una evolución de la “calidad total” (Total Quality Commitment, **TQC**), las promulgaciones del “justo a tiempo” (Just In Time, **JIT**) y los resultados de procesos estadísticos. Todos estos factores agregados a una cultura de trabajo sobre la excelencia, crearon la coyuntural “cultura de la calidad” exigiendo inherentemente la necesidad de enfoques administrativos y logísticos más profundos que el sólo programar en base al último peldaño de la evolución del mantenimiento: “Mantenimiento Productivo”. Además, ser consecuentes con los conceptos de la “Calidad Total”.

Los objetivos del TPM son básicamente:

- Promover actividades autónomas, en pequeños grupos de personas comprometidas con el cumplimiento de actividades programadas.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para la vida útil de los equipos de producción.
- Involucrar todas las áreas de la organización.
- Maximizar la productividad global de los equipos.
- Fortalecer los conocimientos en las personas, para generar acciones de prevención, de mejora continua, garantizando un aumento en la confiabilidad de los procesos sin inversiones adicionales.
- Actuar en toda la cadena administrativa para reducir los tiempos de respuesta en toda la gestión operativa de la compañía.

3.2 LOS OCHO PRINCIPIOS BASICOS DEL DESARROLLO DEL TPM

El TPM basa sus actividades en 8 pilares o principios que definen de manera estratégica las áreas a trabajar en las fábricas:

- **Mantenimiento planeado**
- **Mantenimiento Autónomo, “Jishu-Hozen”**

- **Mejoramiento individual específico** de los equipos, “Kobetsu-Kaizen”

- **Capacitación**, educación y entrenamiento para el desarrollo y actualización de las habilidades en la operación y el mantenimiento de los equipos.

- **Control inicial**, estableciendo un sistema de producción y control de flujo para nuevos productos y equipos.

- **Mantenimiento de la calidad**

- **TPM en escritorios**, estableciendo un sistema para alcanzar una operatividad eficiente en los departamentos administrativos.

- **Seguridad y medio ambiente**, estableciendo sistemas de seguridad, higiene y protección al ambiente de trabajo.

Los propósitos de las actividades del TPM, las cuales apuntan a reestructurar toda la cultura corporativa de las fábricas, son hacer que las personas inmiscuidas en la operación del equipo lleven a cabo sus respectivos roles, por medio de la promoción de los ocho principios del TPM y aumentar el nivel de habilidades y destrezas en los operarios y técnicos de mantenimiento de forma que puedan desempeñar su propio rol de igual forma.

3.3 CONCEPTO BASICO DEL MANTENIMIENTO PLANEADO DENTRO DEL TPM

La condición básica para la correcta implantación de actividades de producción es la operación de los equipos bajo una constante confiabilidad. El mantenimiento representa actividades que aseguran y mantienen eficientemente dicha confiabilidad.

La tendencia de los procesos de manufactura es pasar de una composición compleja de máquina-hombre a una composición en donde la automatización y los robots industriales son la parte operativa central de los mismos (Sistemas flexibles de manufactura, FMS). Bajo esta premisa, las empresas que quieran ganar competitividad a futuro, deben empezar hoy a desarrollar aun más las destrezas y capacidades de los operarios en cuanto a operación y mantenimiento de sus equipos, y además, confiando en que a medida que pasa el tiempo la responsabilidad de la producción, incluyendo el aseguramiento de la calidad, estará concentrado en el campo del mantenimiento de los equipos, desarrollar sistemas de manutención de esos mismos equipos.

Existen varios tipos de mantenimiento planeado, entre los cuales están el mantenimiento periódico o preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento de fallas imprevistas, y el mantenimiento correctivo. La organización estratégica de todas estas actividades, sumada a una planeación eficiente de las mismas, es lo que DANA TRANSEJES COLOMBIA conceptualiza como el PILAR DEL MANTENIMIENTO PLANEADO dentro de la organización.

Es precisamente el mejoramiento del mantenimiento preventivo la justificación de este proyecto, así como la aplicación de todas aquellas herramientas que brinde el TPM para la consecución de este objetivo.

Las actividades de mantenimiento planeado pueden dividirse entonces, en actividades sistemáticas basadas en una planeación previa, y en actividades no sistemáticas que hacen frente eficientemente a las fallas esporádicas. **“Si el mantenimiento planeado funciona eficientemente, el mantenimiento a causa de las fallas esporádicas puede ser reducido”**. El propósito del mantenimiento planeado es la búsqueda del mejoramiento de la productividad corporativa en una fábrica a través de la reducción de los costos totales, compuestos de aquellos generados por la adquisición de los equipos (Costo inicial), mantenimiento e imprevistos, y el costo del deterioro de los equipos a través de todo su ciclo de vida útil, desde su diseño y manufactura hasta su operación y mantenimiento.

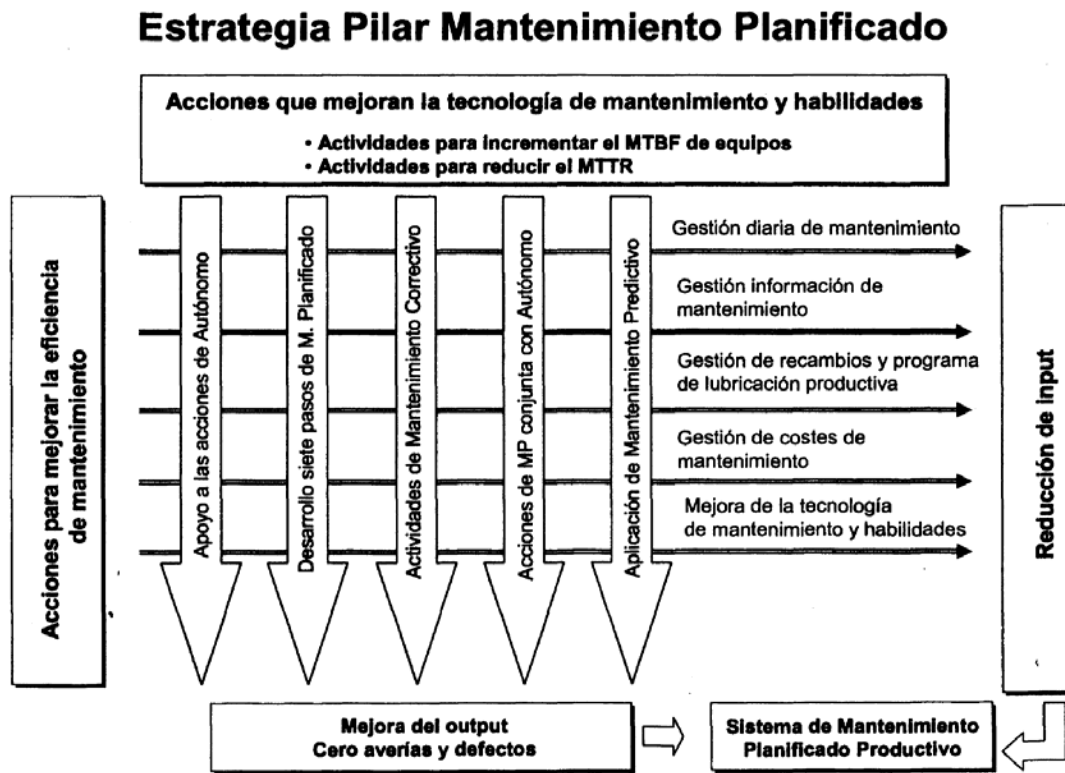
Resumiendo y conceptualizando el propósito del mantenimiento planeado:

- Maximizar el desempeño de los equipos en el momento en que es requerido al más mínimo costo.
- Maximizar la productividad de los equipos con el mínimo de medios posibles.
- Especializar al personal de mantenimiento en actividades puntuales y previamente programadas y dirigidas.

La utilización de una excelente **estrategia para el desarrollo del pilar Mantenimiento Planificado** es imprescindible. Para alcanzar eficientemente el estado de “cero fallas y defectos” con las actividades del TPM, es necesario fortalecer la coordinación entre el pilar **mantenimiento planeado** y el pilar **mantenimiento autónomo**, y promover ambos tipos de actividades constantemente. Las actividades del mantenimiento planeado se implementan en siete pasos. Estos siete pasos son los lineamientos que se tienen en cuenta en el desarrollo de este proyecto de grado y son descritos ampliamente en la sección 4.1 de este libro. Las actividades derivadas de los siete pasos del mantenimiento planeado, coinciden estratégicamente con las actividades de los siete pasos para el mantenimiento autónomo y son descritas en inmediatamente en la sección 3.4 de este libro.

La figura 15, muestran el esquema estratégico de las actividades y los objetivos que buscan atacar cada una de las acciones programadas en el mantenimiento planeado. En ella aparecen dos indicadores MTBF y MTTR, cuyo estudio hace parte de este proyecto y se encuentra descrito ampliamente en las secciones 6.1.1 y 6.1.2 sucesivamente. Los ejes verticales muestran los factores a maximizar o output en los objetivos, por ejemplo, la disponibilidad y productividad de las líneas. Los ejes horizontales indican los factores a minimizar o input, en el que es necesario una reducción de los costos o una optimización de los recursos con el aumento de la eficiencia. La buena continuidad de las actividades para el aumento de la productividad, presta momento o soporte a las actividades para establecer un sistema de mantenimiento planeado.

Figura 15. Estrategia del pilar Mantenimiento planificado



3.4 CONCEPTO BASICO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO DENTRO DEL TPM

Para alcanzar eficientemente las metas del TPM es necesario involucrar al personal de producción en el mantenimiento de los equipos y la planta, fortaleciendo la comunicación y promoviendo la coordinación entre las actividades del mantenimiento planeado y las llamadas actividades de mantenimiento autónomo. El objetivo es básicamente recuperar las condiciones de operación básicas de los equipos a través de la aplicación de varias etapas comprendidas en la implementación estratégica del mantenimiento autónomo.

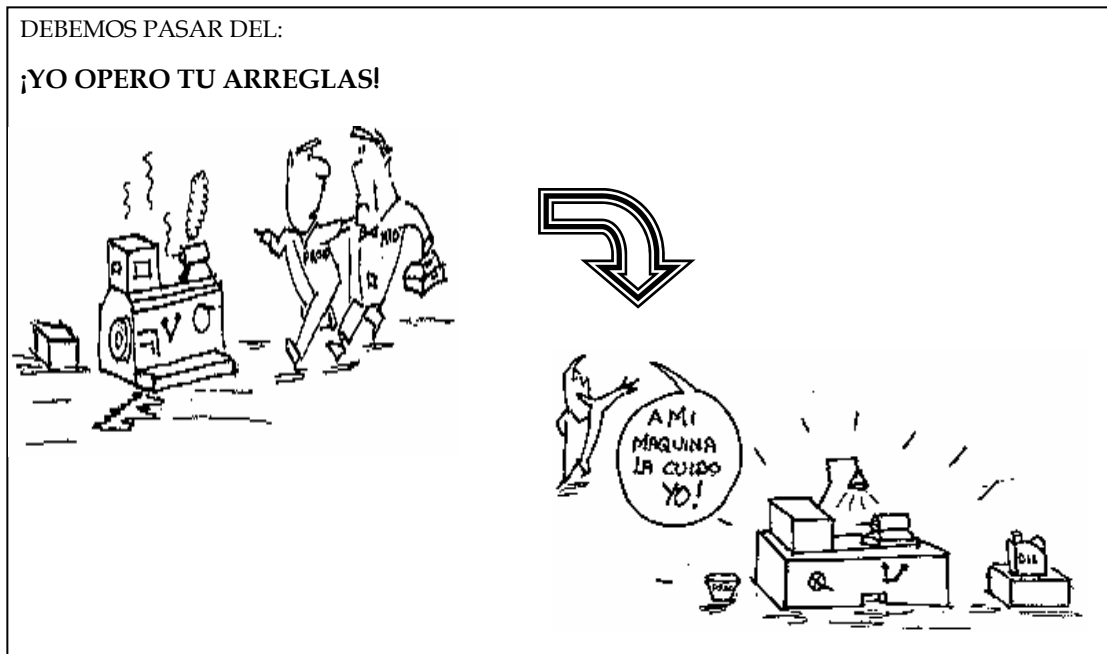
Pensando en estos incentivos, sería efectivo agregarle a las actividades del mantenimiento planeado lo siguiente:

- Guía y asistencia a las actividades desarrolladas por los operarios de producción. Es decir, formación y entrenamiento en actividades de mantenimiento autónomo propiamente: Rutinas de inspección, detección de daños fáciles de corregir y reparaciones rápidas.
- Flujo eficiente de información, documentación de los procesos y autocontrol.
- La delegación de funciones y responsabilidades cada vez más altas a los operarios de producción.
- Acercamiento del operador a su máquina.

En la figura 16, se puede observar una imagen utilizada en muchas de las jornadas de capacitación y sensibilización aplicadas a los operarios de producción de DANA TRANSEJES COLOMBIA, en base a la cual se intenta representar o ilustrar el cambio de mentalidad necesario para el nuevo enfoque de mantenimiento de los equipos en la planta.

En la tabla 1, se encuentran contenidas de manera resumida las actividades principales en cada una de las siete etapas necesarias para la implantación exitosa del mantenimiento autónomo en cualquier planta del mundo.

Figura 16. Visión general operativa del mantenimiento autónomo



La filosofía de los operarios no puede ser entonces, operar las máquinas sin importar el estado de las mismas. En la medida en que son ellos las personas que pasan más tiempo frente a los equipos que cualquier otra en la organización, están obligados a conocerlos a fondo y hacer de su cuidado y mantenimiento un hábito diario.

Es necesario el conocimiento a fondo de los equipos, y el aprendizaje de técnicas de inspección, identificación, análisis y solución de problemas. Pero lo más importante: UN CAMBIO DE MENTALIDAD PROFUNDO Y REAL. Este permitirá y de alguna forma medirá el nivel de compromiso y éxito de las actividades propuestas por la organización.

Tabla 1. Etapas de implantación del mantenimiento autónomo

<i>Etapas</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>Ítem de la Actividad</i>	<i>Limpieza inicial</i>	<i>Medidas contra fuentes de contaminación y sitios de acceso difícil</i>	<i>Elaboración de estándar de limpieza</i>	<i>Inspección</i>	<i>Inspección Autónoma</i>	<i>Organización y orden</i>	<i>Control</i>
<i>Contenido de La actividad</i>	<ul style="list-style-type: none"> *Eliminar la formación de residuos *Lubricación ajustes de piezas *Identificación de problemas y *Realización de planes de acción 	<ul style="list-style-type: none"> *Eliminar fuentes de acumulación de residuos *Adoptar medidas para prevenir fugas y puntos de difícil acceso para limpieza y lubricación *Reducir los tiempos en estas tareas 	<ul style="list-style-type: none"> *Elaborar instructivos de Limpieza, lubricación y ajustes que pueden ser hechos con seguridad en el menor tiempo posible (se debe indicar el tiempo mínimo requerido para estas labores) 	<ul style="list-style-type: none"> *Detección y eliminación de las pequeñas fallas, mediante técnicas de inspección y Ejecución (visuales y de habilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> *Elaboración de listas de chequeo para ser utilizadas en inspecciones autónomas 	<ul style="list-style-type: none"> *Estandarización de todas las actividades en los puestos de trabajo (registros, control de herramientas, flujo de material todo lo relacionado con los dispositivos, sistematizar el Mantenimiento) 	<ul style="list-style-type: none"> *Definir metas a la par con los objetivos de la empresa, analizar los registros del TPM mejorarlos y redefinirlos según se avance

3.5 AVANCES Y ESTADO ACTUAL DEL TPM EN DANA TRANSEJES COLOMBIA

El efecto de las presiones competitivas hacia los mercados parcialmente abiertos como el andino, ha catalizado procesos de mejoramiento en términos de productividad y calidad en la industria de manufactura y ensamblaje, como la de cualquier tipo en general. Aquellas organizaciones que tienen acceso a la información y capacitación sobre las últimas tendencias de mejoramiento continuo y deciden adoptar cambios radicales en los hábitos de negocios de sus empresas, afrontan con mayor positivismo la total apertura de sus mercados.

Las necesidades de desempeño comercial de los últimos años tienden a generar empresas de respuesta en tiempo real, sin pérdidas considerables de tiempo, confiadas en la satisfacción total de un cliente cada vez más habido de opciones. La innovación acelerada sobre los medios de producción, las políticas de gestión de mano de obra y tecnología han consecuentemente conseguido producir con costos competitivos en mercados emergentes y amenazantes. Además, la responsabilidad ambiental hoy en día es una exigencia de las organizaciones de talla mundial y un requisito imprescindible en las más importantes certificaciones de calidad.

En este orden de ideas, DANA TRANSEJES COLOMBIA a la vanguardia de los rápidos cambios mundiales y con el respaldo de sus dos socios estratégicos DANA CORPORATION Y GKN, decidió adoptar el **“Manufacturing System”** en el año de 1998 como la metodología bandera para realizar todos los cambios necesarios en la cadena productiva al interior de la organización, y en el manejo externo del negocio. Con esta decisión, se

utilizan las herramientas que brinda dicha metodología junto a las estrategias propias de la empresa; con el objetivo de competir con recursos internos de forma más eficiente y eficaz, generando una moderna y versátil organización a la altura de los modelos actuales del negocio. Desde entonces, el departamento de fábrica de DANA TRANSEJES COLOMBIA, lidera varios proyectos enfocados al mejoramiento y aumento de la productividad; todos dirigidos a los pilares Manufacturing System:

- **TPM**, Como el principal programa para el mejoramiento de la disponibilidad de los equipos y las costumbres de operación, principal tema de este proyecto de grado.
- **OEE**, el nombre de este programa responde a las iniciales del indicador “Overall Equipment Efficiency”, o eficiencia global de los equipos. Consiste en calcular mensualmente, después de un seguimiento prácticamente diario, el indicador para la totalidad de las líneas de la empresa, y de los equipos por individual. Este indicador es descrito en el capítulo 4 con una explicación pertinente a su relación estrecha con el mantenimiento y este proyecto de grado.
- **SET-UP**, derivado del TPM y de la aplicación del OEE, este programa busca reducir los tiempos de puesta a punto en todos los equipos de la planta, haciendo que los cambios de parámetros de producción sean lo más rápido posible, y así disminuir los tiempos programados no productivos.
- **SOL**, es un programa cuyo nombre corresponde a las iniciales Seleccionar, Organizar y Limpiar. Busca a través del desarrollo de la metodología japonesa de las 5 eses (5'S), generar hábitos de organización personal

excelente en los operarios de las líneas y consecuentemente producir mejoras en las mismas.

- **KAIZEN**, Es un programa que busca implementar mejoras en cualquier tipo de procesos al interior de la empresa, a través de una metodología bien definida y que debe ser seguida por los equipos responsables del cambio. Es la bandera de la gerencia de mejoramiento continuo.
- **KANBAN**, el cual es un programa que busca optimizar los procesos de almacenamiento y transporte de material.
- **POKA YOKE**, Es un programa que busca a través de equipos capacitados, diseñar en todos los lugares de la planta donde sea posible, dispositivos a prueba de error en los procesos. Esta técnica japonesa, permite que los procesos sean detenidos antes de la ocurrencia de los errores y que los defectos de calidad no lleguen al cliente.

Siguiendo los estándares de operación y la asesoría de la casa matriz GKN ATH de Brasil desde al año 2002, se intenta utilizar los recursos internos para el aprendizaje del TPM con la ayuda de los modelos exitosos en la planta localizada a la orilla del río Guaíba, y así, convertir las capacidades adquiridas por la organización en VENTAJAS COMPETITIVAS. Estas capacidades afloradas por un desarrollo gradual del TPM durante los últimos años han permitido alta productividad y calidad superior, como también, una organización ágil con innovación acelerada. Pero, los resultados aún pueden mejorar impresionantemente. La implantación del TPM en la planta de DANA TRANSEJES COLOMBIA inició con el estudio de los conceptos básicos del tema por parte del coordinador encargado del tema en la planta

de Brasil. Luego, después de la formación de los equipos de trabajos y escogencia de responsable para cada uno de los temas pertinentes al programa, este conocimiento se trasmitió a los operarios junto a la generación de muchos sistemas visuales de gestión.

Para la puesta en marcha de la primera etapa del mantenimiento autónomo se adelantaron trabajos de análisis de modificaciones y mejoras a los equipos. Se hicieron restauraciones electromecánicas, se impusieron niveles superiores de automatización, se rediseñaron guardas y sistemas contra la acumulación de virutas y contaminantes. Y finalmente, se realizaron trabajos de pintura de tipo industrial y alta resistencia para conseguir buenos acabados superficiales.

Todos los equipos recibieron un tratamiento gradual, en los cuales unos necesitaron más modificaciones y adecuaciones que otros, pero en general su apariencia física fue considerablemente mejorada. El siguiente orden corresponde al ingreso a reparaciones de los principales equipos:

- En 1998 ingresó la primera celda de Juntas Fijas Centradora Drill Unit, Torno Avenger y Torno Niles.
- En 1999 ingresan las máquinas de la primera celda de interejos Centradora Endomatic y Centradora TCT, además del Horno de Cementación de juntas fijas.
- En el año 2000 ingresan las máquinas de la tercera celda de interejos Torno Dubied I, Rectificadora Landis y la Templadora Tocco.

- En el 2001 ingresan el Torno Niles de la primera celda de juntas fijas y el Torno Detroit de la segunda celda de interejes.
- En el 2002 ingresan el Soldador Automático, Balanceadoras I Y II y la Cortadora de tubos en cardanes, así como el Torno Niles de interejes.

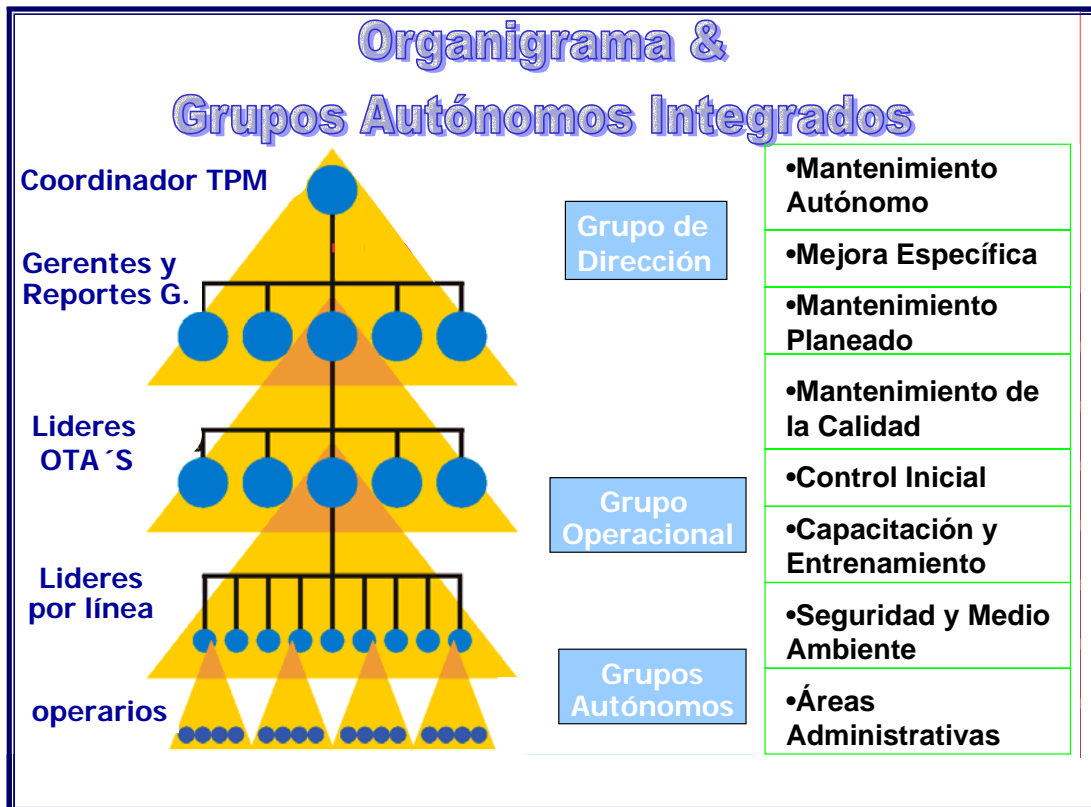
Durante todo este tiempo se han generado muchos planes de acción en base a los equipos estratégicamente organizados desde el inicio del programa. En un formato de plan de acción, simplemente se define quién o quienes harán determinada actividad, los alcances a través de indicadores, fechas para la culminación de la actividad una vez han empezado y espacios para futuros seguimientos y medición del progreso. Con miras a cumplir la norma de certificación, todas las actividades y resultados han sido sometidos a auditorias y los empleados han sido recompensados económicamente a través del programa de mejoramiento continuo diseñado por la empresa para dar incentivos a las mejoras implementadas.

Los conocimientos adquiridos por algunos de los empleados a través de experiencias observadas en la planta matriz de Brasil, han sido decisivos en la gestión de capacitación interna, la cual, esta siempre encaminada a una adaptación adecuada de esas experiencias a los objetivos propios del programa en DANA TRANSEJES COLOMBIA y a asumir el compromiso de mantener el entusiasmo permanente y la motivación de todos los participantes del programa.

La figura 17 esquematiza los grupos de actividades jerárquicamente organizados desde las posiciones gerenciales y de coordinación hasta la parte meramente operativa. De esta forma fluye la información en la toma de

decisiones y se compromete la totalidad de los empleados de la empresa en las actividades que deben ser llevadas a cabo y en el cumplimiento de las metas. En la parte derecha figuran los pilares del TPM, base fundamental del éxito del programa.

Figura 17. Organigrama y grupos autónomos integrados



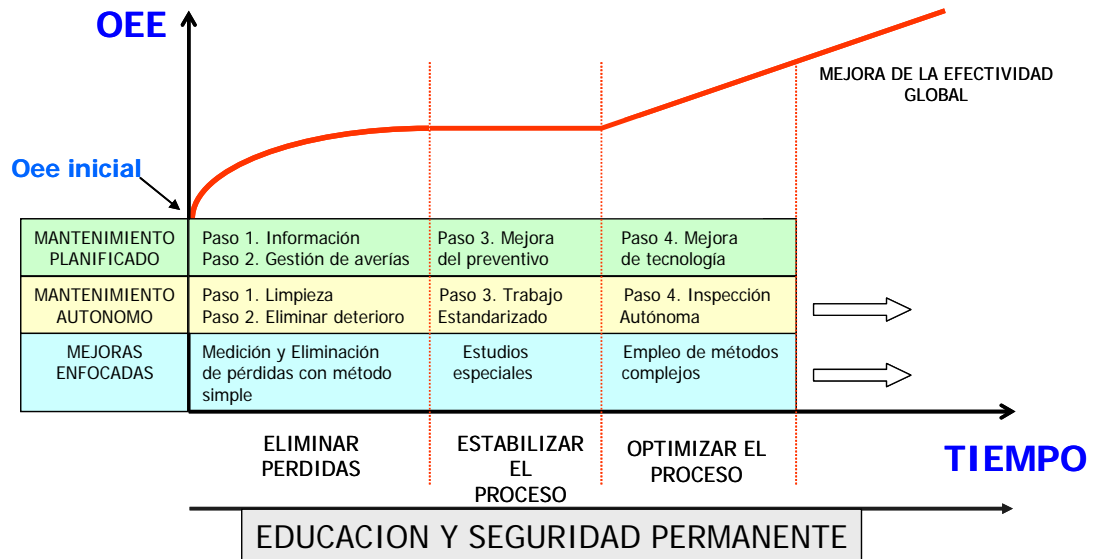
Implantar dichos pilares no es una tarea fácil, aún más, cuando debe inmiscuirse activamente dentro del proceso a la totalidad de la organización. El departamento de mantenimiento está concentrado en la implementación a fondo de tres pilares: El mantenimiento planificado, el mantenimiento autónomo y las mejoras enfocadas hacia los equipos.

Pretender implementar la totalidad de los pasos en un periodo corto de tiempo es prácticamente imposible, y consciente de esta realidad, la estrategia desarrollada para la implementación del programa se reduce a el cumplimiento de ciertos pasos a corto y mediano plazo. Los siete pasos del mantenimiento planeado, los cuales son profundizados en el capítulo 4, están en orden de prioridad hasta el número 3. Igual sucede, en lo que respecta al mantenimiento autónomo, donde al menos se intenta progresar hasta el paso 2. Las mejoras enfocadas tienen tres objetivos y un marco de actividades bastante concreto y definido, los cuales aparecen en la figura 18. El aumento de la eficiencia global de producción de la empresa se espera que aumente aproximadamente de la forma como lo señala el eje vertical en la figura, y la implementación de los pilares en el tiempo, aparecen sostenidos sobre la base de la educación y la capacitación de todos los miembros de los equipos. Es importante aclarar, que muchas de las actividades encaminadas a la implantación de los pilares en DANA TRANSEJES COLOMBIA han sido re-direccionadas y mejoradas a través del tiempo por medio de la retroalimentación de los resultados, y este proyecto es producto de esos cambios.

El objetivo a corto plazo de la empresa, es entrar de lleno en la estabilización del proceso de implementación de los pilares a través de la mejora del actual sistema de mantenimiento preventivo y la estandarización de las actividades del mantenimiento autónomo.

Figura 18. Estrategia para implantar los pilares en la empresa

ESTRATEGIA PARA IMPLANTAR PILARES



3.5.1 Mantenimiento planeado en Dana Transejes Colombia. La empresa cuenta hoy en día con un manual de mantenimiento, cuya existencia es exigencia estricta de la norma de calidad QS-9000. En él, están consignadas la totalidad de las actividades llevadas a cabo por los operarios o técnicos de mantenimiento, la descripción de los procesos para el manejo de instrumentos y los métodos que deben ser utilizados, así como los formatos necesarios para la totalidad de la gestión.

El sistema de información de mantenimiento NO ESTA SISTEMATIZADO, y la gestión, procesamiento y registro de la información debe ser operada totalmente en formatos físicos. La gestión de mantenimiento planeado actual en la empresa puede sintetizarse en:

➤ **Gestión diaria.** El día a día de la empresa se ha convertido, desafortunadamente para los operarios de mantenimiento, un constante enfrentamiento a las fallas imprevistas que se presentan en la mayoría de equipos a largo de toda la planta. Durante este proceso, cualquier operario de producción está obligado a generar las ordenes de trabajo (ODT) necesarias para permitir que los equipos mantengan su capacidad operacional. Esta orden de trabajo, la cual es un formato utilizado como petición de trabajo e intervención de las máquinas que presentan averías, fue modificada durante el desarrollo de este proyecto y se encuentra descrita en la sección 6.1 de este libro. El mero mantenimiento correctivo en los niveles de existencia actuales en la planta genera mayor consumo de tiempo en general que cualquier otro tipo de mantenimiento planeado, puesto que es resultado de las sorpresas e imprevisiones excesivas en que encuentra la gestión de muchas máquinas. Este consume además, la mayor parte de la disponibilidad de los operarios de mantenimiento, generando en consecuencia mayores costos que cualquier otro tipo de gestión, más aún, si se cuenta con el costo de no producir en momentos impredecibles y de no entregar cantidad de productos completos a los clientes. Finalmente, la excesiva programación de mantenimiento correctivo por parte del equipo ha ocasionado que las máquinas se deterioren mucho más rápido.

➤ **Gestión de la información de reparación.** La totalidad de las averías de los equipos y su debida corrección, debe ser registrada en los formatos de hoja de vida de los equipos. Esta información, es almacenada y ordenada en carpetas etiquetadas con los nombres de los equipos en estantes físicamente distribuidos en el área de la sección de mantenimiento. Hasta el desarrollo de este proyecto, el sistema de información de DANA TRANSEJES COLOMBIA no tenía desarrollada una metodología clara para la utilización de esta

información como retroalimentación para la planeación y programación del mantenimiento preventivo y demás actividades del mantenimiento planeado. Es así como estas hojas de vida, modificadas igualmente durante el desarrollo de este proyecto, se reducían a ser utilizadas simplemente como un elemento que permitía recordar a los operarios la solución de muchas de las averías reparadas a lo largo del tiempo. En la tercera parte del anexo D, se encuentra adjunto el formato estándar para hojas de vida de los equipos.

➤ **Gestión de repuestos y lubricación.** Los repuestos cambiados a los equipos son registrados en las hojas de vida correspondiente, a medida que por necesidad, son requeridos en la planta de la empresa. El registro y gestión de los costos de los repuestos, como una de las actividades principales de la gestión de mantenimiento no se realiza; como tampoco, la organización de stocks básicos necesarios para ciertos equipos de alta frecuencia de intervención. Las rutas de lubricación están contenidas en las llamadas cartas de lubricación, en las que reposa toda la información sobre el como, cuando y donde lubricar, así como el tipo de aceite a utilizar en cada uno de los equipos. Puede observarse un ejemplo de carta de lubricación en la segunda parte del anexo E. Como un incentivo a la implementación del mantenimiento autónomo se diseñaron los puestos avanzados de lubricación, distribuidos por línea en la planta, los cuales deben ser utilizados por los operarios de producción para la lubricación y llenado de tanques y recipientes hidráulicos, de acuerdo a la frecuencia predeterminada y escrita en las cartas de lubricación, en cada uno de los equipos bajo su responsabilidad. En la figura 19 se muestra la imagen de un puesto avanzado de lubricación, en el que se incluyen, un manual o las cartas de lubricación con la información necesaria para la utilización del mismo, pimpinas de aceite debidamente etiquetadas con la calidad y referencia que tienen en

placas de plástico clasificadas y organizadas. El nivel y contenido de estos recipientes de aceite es responsabilidad de los operarios de mantenimiento, es decir, son estos quien deben mantener los puestos avanzados de lubricación con los contenidos de aceite necesarios para el uso de los operarios. Esta herramienta aún debe ser potencializada dentro del grupo de operarios de producción, los cuales reconocen, la poca capacitación y práctica que poseen para el manejo de la misma. Es necesario entonces, profundizar en las actividades de mantenimiento autónomo con la activa colaboración de los operarios de mantenimiento.

Figura 19. Puesto avanzado de lubricación



➡ **Cumplimiento del programa de inspecciones y preventivos periódicos registrados en el manual de mantenimiento.** Los formatos de inspección periódica especializada se encuentran registrados en el manual de mantenimiento, así como las frecuencias de aplicación y asignación por operario. Estos fueron diseñados hace más de 5 años y en ellos se hace referencia a las partes de la máquina y funciones que deben ser inspeccionadas por los operarios de mantenimiento en periodos superiores al

semanal. El establecimiento de estos programas de mantenimiento actuales, son los que precisamente el departamento de mantenimiento ha reevaluado en base a los resultados arrojados y a la inexistencia prácticamente de las labores preventivas por el excesivo compromiso generado por las averías imprevistas. Existen básicamente 4 tipos de ficha de inspección en DANA TRANSEJES COLOMBIA, referenciadas como tipo A para revisión mecánica, B para revisión eléctrica-electrónica y C, para revisión electromecánica. El tipo D son fichas de revisión electromecánica con una frecuencia mayor a los dos meses, la cual poseen las fichas tipo A, B y C. Evidentemente la existencia de un cronograma da la impresión de orden y planeación, pero el problema de estas fichas de inspección es el contenido y las frecuencias determinadas de aplicación. Por una parte estas fichas adolecen de una definición clara de las partes del equipo que debe inspeccionarse, los métodos y equipos utilizados por los operarios para inspección, criterios para discernir el estado de deterioro de las partes a inspeccionar y una diferenciación clara con las actividades de servicio y cambio de partes. Además, no poseen información gráfica que guíe y estandarice las actividades de los operarios de mantenimiento. Y por otra parte, las frecuencias impuestas arbitrariamente se consideran que generan sobretiempos innecesarios para los operarios y las máquinas. Con los futuros planes de sistematización del sistema de información de mantenimiento, es necesario que el contenido de las partes de inspección de todos los equipos este apropiadamente registrado y programado. Es importante anotar **LA NO EXISTENCIA DE FICHAS DE SERVICIO Y CAMBIO DE PARTES DE TODOS LOS EQUIPOS DE LA PLANTA. Este proyecto se convierte entonces, en una herramienta que contendrá la metodología con la cual se podrá modificar y mejorar el contenido y forma de todas las fichas de inspección y generar las fichas de servicio y cambio de partes. De la misma forma, dar criterios de planeación**

de frecuencias y organización de los recursos para la consecución de los objetivos del mantenimiento preventivo, al menos en un grupo de equipos pilotos inicialmente. Esta metodología está descrita en el capítulo 4 de este libro y se convierte en el alma de este proyecto. Para observar ejemplos de fichas de inspección tipo “A” y tipo “B”, remitirse a las dos primeras partes del anexo D. Para observar el calendario de frecuencias para la aplicación de dichas fichas a todas las máquinas y las asignaciones a los operarios de mantenimiento, remitirse a la tercera parte del anexo D.

➤ **Indicadores de gestión.** No existía ningún cálculo de indicadores de la gestión de mantenimiento hasta la realización de este proyecto. La única medida existente, sobre la cual se podría analizar indirectamente la gestión de los operarios de mantenimiento, es el valor del factor disponibilidad de la eficiencia global de los equipos calculada desde el año 2003. Este factor descrito en el capítulo 4 de este proyecto, mide en cierta forma el impacto directo del tiempo acumulado en cada equipo por averías imprevistas en el tiempo programado de producción del equipo. Uno de los objetivos específicos principales de este proyecto es implementar los dos indicadores básicos de la gestión de mantenimiento y familiarizar a la organización en el uso de los mismos. Para conocer la descripción de esta actividad, remitirse al capítulo 6.

3.5.2 Mantenimiento autónomo en Dana Transejes Colombia. Acorde a los objetivos del TPM se llevó a cabo al inicio de la implementación del programa en la empresa, una distribución de grupos de trabajo los cuales deben interrelacionarse e interactuar estratégicamente con una estructura general descrita en la figura 17. Las actividades de mantenimiento desarrolladas por los operarios de producción, conocidas como

mantenimiento autónomo, están definidas para ser desarrolladas de igual forma en pequeños grupos de operarios. Estos grupos fueron distribuidos en las líneas de producción por celdas de operación, en grupo no mayores a 5 operarios. En cada uno de estos grupos existe un líder, responsable de fomentar la participación y el compromiso entre sus compañeros. Los operarios de producción tienen hoy la responsabilidad de realizar la siguiente gestión:

➤ **Limpieza.** Cada operario debe realizar la limpieza interna y externa de su máquina, de su puesto de control y de toda el área utilizada. Para conseguir este objetivo fueron diseñados los llamados estándares de limpieza, los cuales son formatos en donde se encuentran descritas las partes de la máquina que deben ser limpiadas, el método para hacerlo, la herramienta que deben utilizar y el tiempo estándar aproximado gastado en esta operación. Un ejemplo de estándar de limpieza está adjunto a este proyecto en la primera parte del anexo E. Las herramientas de limpieza utilizadas por los operarios para estas tareas están ubicadas en los llamados puestos avanzados de limpieza distribuidos estratégicamente por líneas en la planta (ver figura 20).

Figura 20. Puesto avanzado de limpieza



➤ **Lubricación.** Es responsabilidad de los operarios de producción lubricar las máquinas asignadas en todos sus aspectos, unidades de aire comprimido, hidráulicos, refrigerante y sistemas de guías. La herramienta utilizada ya fue descrita en la sección anterior de este capítulo, cuando se hizo referencia a las llamadas cartas de lubricación y puestos avanzados de lubricación.

➤ **Monitoreo de máquina.** Los operarios de producción deben hacer una inspección diaria o semanal a las máquinas bajo su responsabilidad, para monitorear el estado de las partes más importantes de las mismas. Para esta actividad, se tiene un sistema visual y un tablero de seguimiento o panel TPM, en donde está indicado el ítem de la máquina a monitorear y su frecuencia. Los componentes de este panel TPM son una placa de presentación identificada con los logos de la empresa y el programa, un tablero de información en donde se encuentran las fotos de las partes de la máquina bien identificadas y señalizadas y una placa de registro que contiene los ítems señalizados en las fotos, frecuencia y turno responsable por las verificaciones. En esta última parte, se escribe un círculo de color azul, cuando todo está bien (O), y una (X), en color rojo, cuando existe un problema. Un ejemplo de este tipo de paneles puede observarse en la figura 21. A pesar de contar con estas herramientas, el avance del mantenimiento autónomo en DANA TRANSEJES COLOMBIA no ha sido fácil debido a la falta de conocimiento de la mayoría de los operarios de las características de sus equipos, conocimientos técnicos en general, falta de compromiso y continuidad, como también del entendimiento profundo de los conceptos del TPM. Es por esto que uno de los objetivos de este proyecto es, como complemento a los aportes al mantenimiento planeado, diseñar planes de capacitación para continuar contribuyendo con los grandes avances realizados por la empresa.

Figura 21. Panel de monitoreo continuo de máquina



Dentro de los 7 pasos para la implementación del mantenimiento autónomo, DANA TRANSEJES COLOMBIA agregó un paso cero “0” inicial de preparación, con el propósito de desarrollar los procedimientos y estrategias necesarios para implantar la totalidad del resto de pasos. Es en este punto, donde este proyecto de grado aporta concretamente recopilando los temas que deben ser de conocimiento de los operarios de producción y planteando actividades que ayuden a completar la etapa preliminar y los demás pasos del mantenimiento autónomo.

4. DESCRIPCION GENERAL DE LA METODOLOGIA PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA PLANTA

Para la implementación de las actividades referentes al mantenimiento planeado, y en general de todos los pilares del TPM, se demostró en base a investigaciones y experiencias acumuladas por muchas empresas que han adoptado el sistema, una fórmula con resultados altamente positivos: La adopción del desarrollo del programa por pasos.

Como consecuencia de lo anterior, la implantación por pasos y etapas se convierte básicamente en el camino general a seguir para determinar las actividades dentro del Mantenimiento Productivo Total. Las acciones necesarias para alcanzar el punto de “Cero averías de los equipos” en cualquier planta de fabricación y ensamble, las cuales hacen parte de las actividades del mantenimiento planeado realizadas en la empresa, mostrarán efectividad si son llevadas a cabo de acuerdo a los llamados “Siete pasos para el mantenimiento planeado”. Básicamente, los objetivos del mantenimiento planeado fueron descritos en la sección 3.3 de este libro, y a continuación, se resumirán las fases necesarias para alcanzar el punto de “Cero averías” con los mencionados siete pasos definidos teóricamente por el TPM. Existen dos tipos de enfoques para la implementación de los siete pasos. Un primer enfoque que genera ACTIVIDADES EN SIETE PASOS BASADAS EN LOS EQUIPOS; y un segundo enfoque que genera ACTIVIDADES EN SIETE PASOS BASADAS EN LAS PARTES CLAVES DE LOS EQUIPOS.

Las actividades del mencionado primer enfoque están diseñadas para reducir las fallas sobre la base de los equipos, mientras que para el segundo enfoque, las actividades son conducidas basadas en aquellas partes comúnmente utilizadas en cualquiera de los equipos, consideradas claves y especializadas. En general, el modelo basado en los equipos es adecuado para los casos en que el número de equipos en una planta es relativamente reducido y el deterioro forzado al que están sometidos no ha sido corregido totalmente. Estas actividades enfatizan el mejoramiento de la calidad de mantenimiento por parte de las personas que lo realizan y una clara división de responsabilidades con los operarios de producción. El segundo enfoque está basado en las partes prioritarias de los equipos e intenta disminuir las fallas sobre la base de la intervención de aquellas partes comunes entre los equipos, independientemente de la importancia o relevancia del sistema al que pertenecen. Para la selección del modelo apropiado en la planta se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

La cantidad total de equipos dentro de la planta de DANA TRANSEJES COLOMBIA es un número de rango medio para las plantas de su tipo. Si fuera más numeroso, un modelo de mantenimiento por partes sería estrictamente necesario.

El nivel de deterioro forzado en muchos de los equipos claves al interior de la planta de DANA TRANSEJES COLOMBIA es avanzado y serio, por lo tanto, se deben identificar aquellos equipos que más impacto estén generando en la producción para su planeada intervención.

El número de personas encargadas de las actividades de mantenimiento es apenas suficiente para la cantidad total de equipos al interior de la planta de

DANA TRANSEJES COLOMBIA. Desde este punto de vista puede haber una redistribución de los recursos internos para especializarse en equipos claves.

Aunque el equipo de personas que realiza las actividades de mantenimiento conoce la mayoría de las máquinas al interior de la planta de DANA TRANSEJES COLOMBIA, es necesario aumentar considerablemente los niveles de competencia en metodologías de mantenimiento.

El nivel de conocimiento y desempeño por parte de los operarios de producción acerca del mantenimiento autónomo es aún insuficiente para los estándares y resultados esperados por DANA TRANSEJES COLOMBIA. Sobretodo, en lo que tiene que ver con el nivel de conocimientos de sus equipos.

El modelo adoptado tiende estar claramente dentro de actividades definidas por siete pasos en base a los equipos. La tabla 2 define el contenido global de los pasos según el modelo y los ubica dentro de las cuatro fases básicas del desarrollo del mantenimiento planeado.

Los pasos del 1 al 3 son actividades que hacen claramente énfasis en la reducción de las fallas que producen paradas en los equipos y en el REFUERZO Y MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO. La coordinación de estas actividades con las actividades del mantenimiento autónomo es particularmente importante en este caso. El paso 4 apunta primariamente a la extensión de los valores de MTBF de los equipos, mientras que el paso 5 enfatiza el necesario acortamiento del MTTR. El paso 6 esta principalmente diseñado para reducir aquellas fallas que disminuyan el desempeño de los equipos y en el paso 7, se hacen exámenes reflexivos

sobre todos los puntos que no hayan sido satisfechos a lo largo de la implementación de todos los pasos anteriores. La intención de la coordinación de mantenimiento en la planta DANA TRANSEJES COLOMBIA, determinado en los objetivos de este proyecto, es avanzar en los tres primeros pasos del modelo y avanzar en los objetivos estratégicos generales del TPM, adoptando una metodología piloto que cumpla satisfactoriamente los objetivos de estos primeros pasos: “Un rediseño de la planeación del mantenimiento preventivo al interior de la planta”.

Las primeras herramientas y nociones útiles para diseñar la metodología apropiada en la planta vinieron de la casa matriz GKN ATH de Brasil. Entre sus planes de mejoramiento continuo se encuentra el proyecto “Guaíba”, de donde se desprenden todas las actividades derivadas del mantenimiento productivo total. En Brasil, una planta de proporciones considerablemente mayores que DANA TRANSEJES COLOMBIA, el modelo también está claramente basado en los equipos principales. Pero a nivel logístico, poseen recursos económicos, tecnológicos y humanos superiores, una distribución operativa evidentemente diferente y lógicamente un contexto socio-cultural distinto al nuestro. Lo anterior, evidencia la necesidad de adaptarse al contexto de las necesidades y circunstancias locales y optimizar al máximo los recursos disponibles por la empresa.

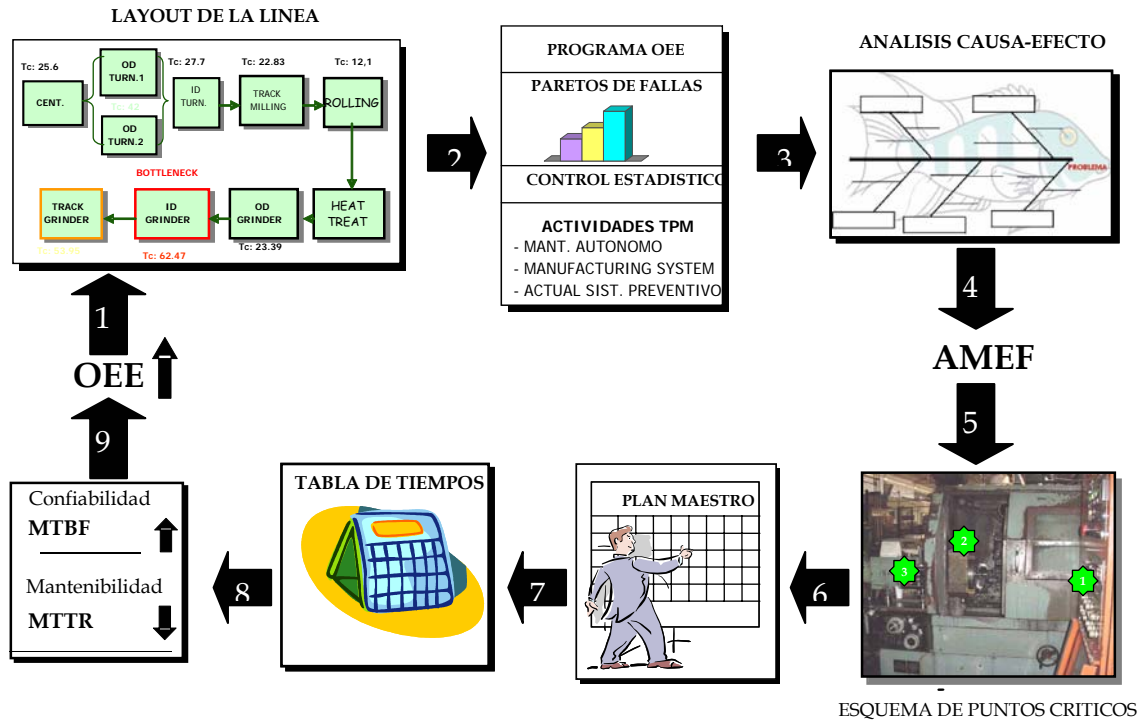
Básicamente, el rediseño e inherente refuerzo del mantenimiento preventivo de la planta para el alcance de los objetivos de los tres primeros pasos, se concentra en la metodología general descrita en la figura 22. Este esquema fue propuesto y aprobado por los supervisores de la casa matriz en Brasil y de la casa central GKN en Inglaterra. En las restantes secciones del capítulo 4, se describirá lo que cada paso dentro de dicha metodología implica y el

contenido de los resultados de las actividades concretas realizadas al interior de la empresa.

Tabla 2. Los siete pasos del mantenimiento planeado basados en el modelo sobre equipos

Fases	Fase 1 <i>Reducción del MTBF</i>	Fase 2 <i>Extensión de la vida inherente de servicio</i>	Fase 3 <i>Restauración periódica a través de la corrección del deterioro</i>	Fase 4 <i>Predicción de la vida de servicio</i>
Formula de mantenimiento				
<i>Preparación y mejoramiento del mantenimiento preventivo</i>	Paso 1 Análisis de las diferencias entre las condiciones ideales básicas de los equipos y el estado actual de uso Paso 2 Mejora de las diferencias entre las condiciones ideales básicas de los equipos y el estado actual de uso Paso 3 Preparación de los estándares para alcanzar las condiciones ideales básicas y el uso de los equipos			
<i>Ejecución del mantenimiento correctivo</i>		Paso 4 Extensión de la vida de servicio de los equipos		
<i>Ejecución del mantenimiento predictivo</i>			Paso 5 Mejora de la eficiencia de la inspección y mantenimiento	
<i>Establecimiento de una estructura de mantenimiento de calidad</i>	Paso 6 Diagnóstico general del equipo			
<i>Establecimiento de un sistema de mantenimiento planeado</i>	Paso 7 Uso de los equipos hasta sus límites			

Figura 22. Metodología general para el rediseño del mantenimiento preventivo



4.1 IDENTIFICACION DE LOS CUELLOS DE BOTELLA EN LA PLANTA

En el inicio de la década de los 70, un físico Israelí, Eliyahu Goldratt, se preocupó sobre las cuestiones relacionadas con la principal META¹ de las empresas, concluyendo que finalmente no es más que la de generar riquezas para sus propietarios. Además de la meta principal, Goldratt indicaba algunas otras cosas que están definidas en la razón de la existencia de las empresas y que hoy día son preocupación de DANA TRANSEJES COLOMBIA, como son la continuidad del negocio, la contribución social; el desarrollo tecnológico; la preservación del medio ambiente etc., o sea, el

¹ GOLDRATT, Eliyahu. La meta. Boston: Editora Educator, 1997. p.35.

cumplimiento de su misión y visión y la consecución de sus objetivos y propósitos. Los conceptos desarrollados por Goldratt quedaron conocidos a nivel mundial como “Theory of Constraints” (Teoría de las restricciones) y tienen como objetivos determinar los puntos más débiles en una organización o proceso, actuar en estos puntos y aumentar las ganancias de la empresa. Obviamente el aumento de ganancias se podrá obtener de dos formas, aumentando la producción y ventas y/o disminuyendo los gastos. Apuntándole a la primera forma, es posible identificar como ejemplos de restricciones internas en la planta aquellos factores que reducen la capacidad de producir, como la baja capacidad y disponibilidad de máquinas o equipos, mala distribución física de equipos, la falta de conocimientos del operario o mantenedor, un sistema de gestión inexistente o inadecuado y la incapacidad de fabricar productos de buena calidad.

Para identificar la mejor condición de un proceso y mantenerla, Goldratt desarrolló un raciocinio lógico y sencillo compuesto de cinco etapas, cuyas tres primeras coinciden con el contenido del *paso 1* de la metodología general (ver figura 22). Estos son:

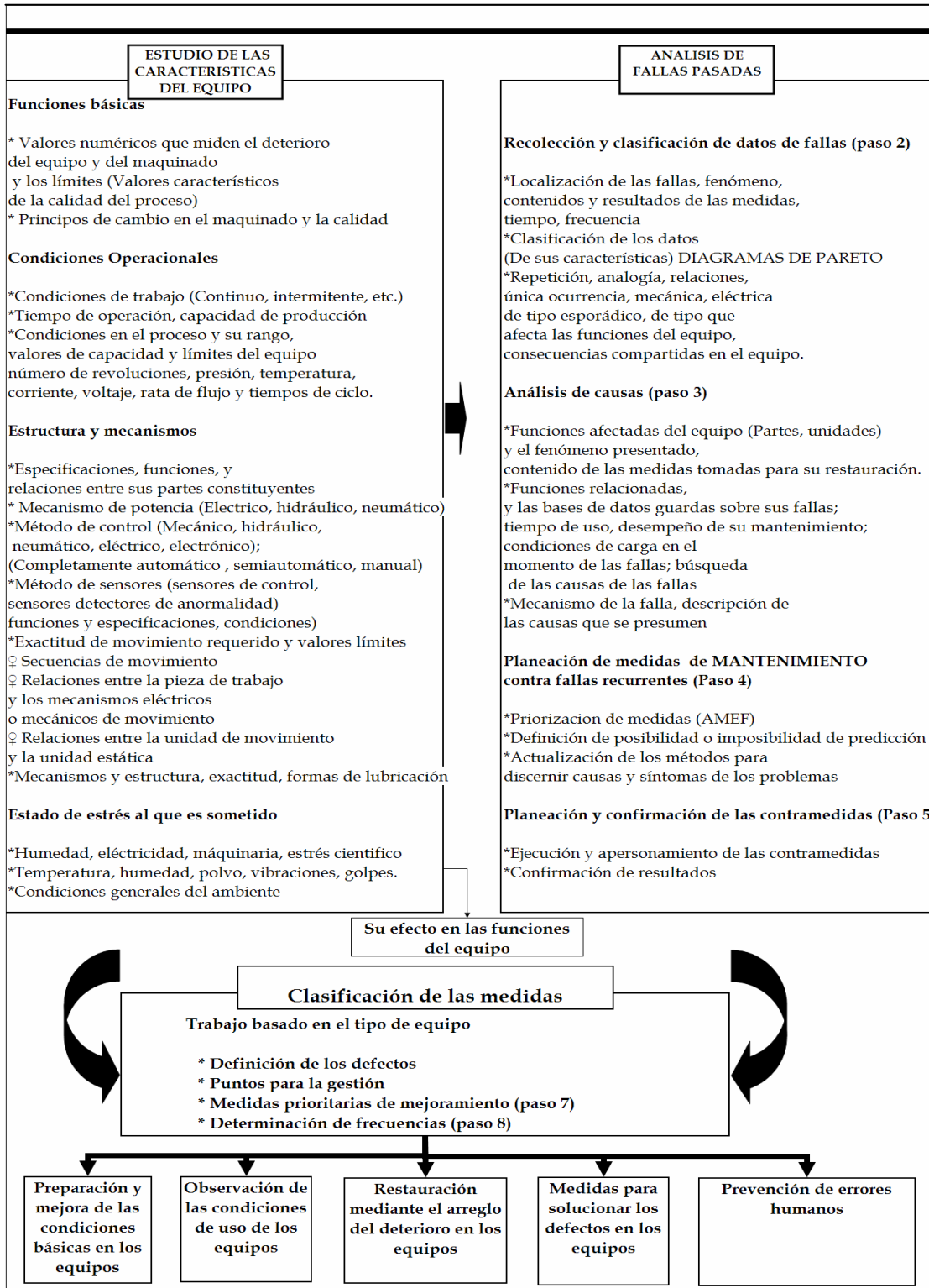
- Identificar la restricción. Buscar y determinar cual es el “anillo” más débil en la cadena de cada proceso al interior de la planta. Este “anillo” son los equipos que limitan la velocidad de producción de las líneas. La identificación de estos equipos conocidos como “cuellos de botella” se realizó mediante un estudio de métodos y tiempo realizado en DANA TRANSEJES COLOMBIA por un estudiante de ingeniería industrial teniendo en cuenta los tiempos de ciclo más altos de cada línea, y las primeras restricciones con los segundos tiempos de ciclo más altos de cada línea. El estudio de tiempos consistió en el establecimiento de estándares de tiempos, empleando tres

medios para lograr este objetivo: Estimaciones, registros históricos y medición del trabajo. Debido a que cada línea posee varios números de parte y que cada número de parte posee un tiempo de ciclo diferente de acuerdo a factores como dureza de la materia prima, largo del material, especificaciones de torneado, etc.; se promediaron los tiempos de ciclo de los números de parte para cada operación para finalmente identificar aquella que tenía el tiempo de ciclo más alto de todos. De igual manera se procedió para identificar las primeras restricciones. Las máquinas que presentaron mayores tiempos de ciclo, coincidentalmente presentaban la mayor cantidad de registro de averías imprevistas. Esta situación, hizo más fácil la identificación de los cuellos de botella, pero fue meramente coincidental.

- Explorar la restricción. Aplicar recursos de mejora en el elemento de restricción, buscando las mejores ganancias posibles para el proceso. El presente proyecto de grado se convierte en un elemento de aporte concreto a este paso.
- Subordinar el nivel de actividades a la capacidad de la restricción. Evitar generar costos indebidos por stocks y pérdidas producidas en otros “anillos” que están relacionados con la restricción.
- Elevar la restricción. Aplicar todos los esfuerzos posibles para aumentar la capacidad de la restricción y así aumentar la producción final.
- Volver al primer paso. Cuando sea solucionado el problema de una restricción, surgirá otra que deberá ser evaluada según el mismo método.

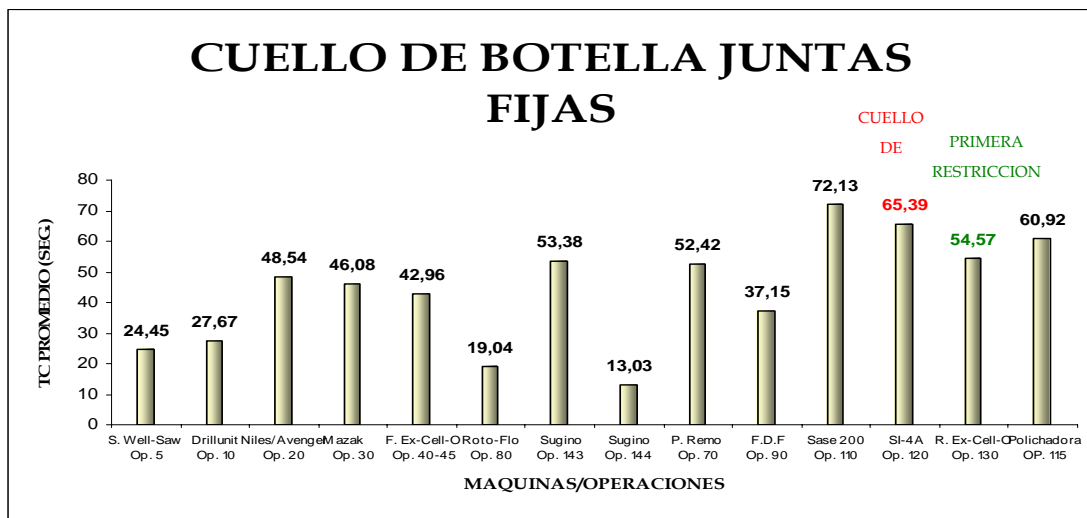
Esta metodología es aplicada inicialmente en las máquinas cuellos de botella de las dos principales líneas de DANA TRANSEJES COLOMBIA. Estas se convierten entonces, en las máquinas pilotos cuyo proceso servirá para rediseñar y programar el mantenimiento preventivo del resto de equipos en la planta. La elevación de las restricciones no sólo depende de la gestión de mantenimiento, también depende de las mejoras que se implementen en las máquinas de tipo tecnológico, operativo y de optimización. En consecuencia, para determinar el orden de rediseño del preventivo para el resto de equipos al interior de la planta, los ingenieros de la empresa determinarán los criterios de escogencia. Los equipos identificados deben ser estudiados a fondo, de tal forma que sean clarificadas totalmente sus funciones básicas, condiciones operacionales, estructura y mecanismos. Esto facilitará el análisis del fenómeno de las fallas y se relacionará directamente con las actividades del mantenimiento preventivo. Esta relación se encuentra definida en la tabla 3, en donde se especifica en lado izquierdo todas aquellas actividades que conforman el estudio de los equipos identificados, y del lado derecho, la descripción general de los *pasos 2 al 7* de la metodología general (ver figura 22). En la parte inferior de la tabla se describen actividades concretas para las medidas prioritarias que debe asumir la empresa definiendo cuales son los puntos que deben atacarse en las distintos puntos del mantenimiento planeado.

Tabla 3. Relaciones entre el análisis de fallas y los pasos prioritarios a tomar en el mantenimiento preventivo.



4.1.1 Cuello de Botella línea Juntas Fijas. Para la línea de juntas fijas se estableció el tiempo de ciclo estándar para veintidós números de parte, los cuales fueron mecanizados durante el primer semestre del 2004. Se optó por promediar los tiempos por operación o máquina para determinar el tiempo de ciclo más alto. Al segundo tiempo de ciclo más alto se le denominó primera restricción. Se identificó la rectificadora SI-4A como el cuello de botella y la rectificadora Ex-Cell-O como la primera restricción respectivamente. La figura 23 muestra la gráfica que identifica claramente los resultados del proceso.

Figura 23. Gráfica de tiempos para cuello de botella Juntas Fijas



A continuación se describe brevemente el estudio de las características técnicas principales del equipo el cual está contenido como ítem metodológico en la tabla 3. Una imagen general de la rectificadora de interiores SI-4A se encuentra en la figura 24, en donde se hace evidente el deterioro superficial exterior de la máquina.

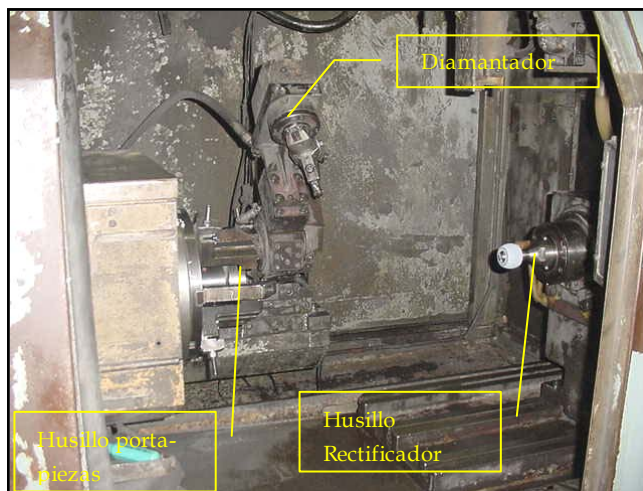
Figura 24. Vista general de la rectificadora de interiores SI-4A.



- **Funciones básicas.** Rectificar el diámetro esférico interior de la junta fija (ver figura 14), de tal forma que el centro geométrico de este diámetro, coincida con el diámetro longitudinal de la junta fija. Este parámetro es llamado RUN-OUT. El acabado superficial debe ser de excelentes características para el funcionamiento óptimo del eje homocinético.
- **Condiciones operacionales.** La rectificadora de interiores fabricada por BWF (Berliner Werkzeugmaschinen Fab) hace más de 15 años, está sometida a un trabajo continuo de tres turnos, de 8 horas cada uno. El tiempo que gasta para realizar la operación es en promedio 65,39 segundos por pieza. Está constituida por un cabezal rectificador móvil de 16000 rpm de velocidad angular máxima, cuya herramienta es una piedra abrasiva de contorno semiesférico, un husillo porta-piezas con un plato de anclaje de piezas por mordazas cuyo giro a 3000 rev/min es suministrado por correa desde un motor eléctrico. Posee un cabezal diamantador cuya punta de acero le da el contorno a la piedra rectificadora en un movimiento semi-circular de diámetro 120 mm. La velocidad de diamantado es de 4 m/min

aproximadamente. El operador ancla la pieza, la mesa del husillo rectificador se mueve longitudinalmente sobre rolos que descansan en las guías de la bancada hacia la pieza. La mesa solidaria al husillo porta-pieza se mueve en una trayectoria perpendicular a la trayectoria anterior, permitiendo a través del movimiento de la pieza, que reciba un desbaste inicial del diámetro esférico interno. Luego, el husillo rectificador retrocede hasta una posición intermedia en un movimiento longitudinal, y se posiciona exactamente en frente del diamantador. La piedra abrasiva del husillo rectificador es contorneada por el cabezal diamantador de acero en dos rotaciones que le dan a la piedra semi-circular una forma nuevamente uniforme. El desprendimiento de material, aproximadamente a 16000 revoluciones es refrigerado por un chorro de agua. El cabezal diamantador regresa a la pieza, esta vez para realizar el acabado del diámetro interior y finalmente a la posición final donde la pieza es retirada en el desanclaje por el operario. Para una mejor ilustración del proceso ver en la figura 25 las tres partes principales de la rectificadora.

Figura 25. Las principales tres partes de la rectificadora de interiores SI-4A

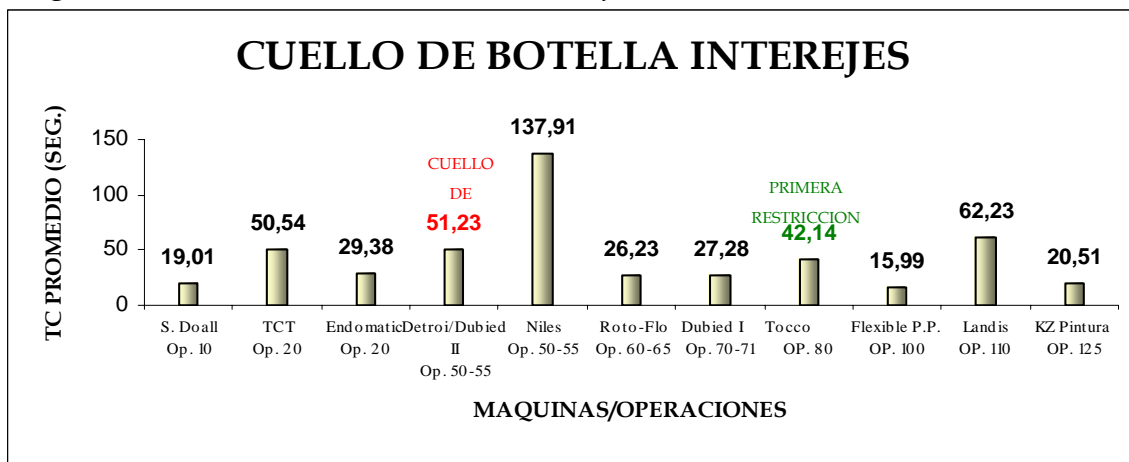


- **Control de la máquina.** El cerebro de esta máquina es un control de referencia PS-2000 de fabricación propia de la fábrica BWF. Este control está constituido por una parte de tarjetas las cuales contienen la programación de los movimientos de los actuadores de la máquina a medida que recibe la señal de los sensores de posición que marcan las posiciones límites. La otra parte del control es un variador de velocidad que produce las altas revoluciones en el husillo rectificador. Los micro-relays insertados en las tarjetas mandan señales eléctricas a los pre-actuadores, los cuales son válvulas direccionales hidráulicas, y al motor de corriente continua que controla los avances de la mesa que contiene el husillo porta-pieza, de tal forma que las partes se mueven en la secuencia programada. La totalidad de los actuadores son cilindros hidráulicos: Uno ubicado en el husillo porta-piezas para anclaje y desanclaje de las piezas con las mordazas, uno para el movimiento rotacional que posiciona el diamantador frente a la piedra abrasiva, uno para el movimiento rotacional que diamanta el contorno de la piedra abrasiva, uno de doble acción para movimiento longitudinal de la mesa solidaria al husillo rectificador y un último cilindro que sirve como tope al cilindro de doble efecto. El motor principal de la máquina tiene 22 KW de potencia, el cual mueve todo el sistema hidráulico de la máquina. Posee un tanque con capacidad de 100 litros de aceite, con una bomba de paletas hidráulica de 1,5 MPa de presión nominal y 25 lt/min de caudal máximo.

4.1.2 Cuello de Botella línea Interejes. En la línea de interejos se estableció el tiempo de ciclo para cuarenta y dos números de parte representativos, los cuales fueron producidos durante el primer semestre del 2004. Para realizar la identificación del cuello de botella y la primera restricción de la línea de interejos, se promediaron los tiempos de ciclo de los números de parte en proceso análogo al realizado en la línea de juntas fijas, sin tener en cuenta

operaciones en máquinas como el torno Niles, donde la cantidad fue poco representativa. La operación “cuello de botella” son los mecanizados de la punta móvil y la punta fija realizados paralelamente en los tornos Detroit y Dubied II. Para la primera restricción se estableció la operación de temple por inducción, realizada en la templadora Tocco. La figura 26 muestra la gráfica que identifica claramente los resultados del proceso.

Figura 26. Gráfica cuello de botella Interrejes



A continuación se describe brevemente el estudio de las características técnicas principales de los dos equipos cuellos de botella de la línea de interrejes. Una imagen general del torno Detroit se encuentra en la figura 27, y una imagen general del torno Dubied II se encuentra en la figura 29.

Sucesivamente, se hará una breve descripción análoga a la anterior de las características principales para los tornos Detroit y Dubied II en ese mismo orden.

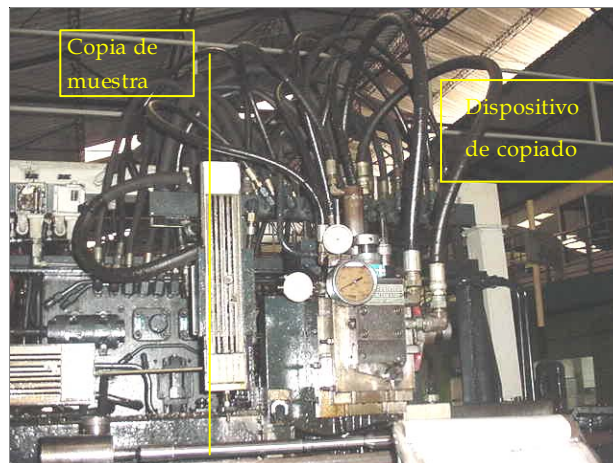
Figura 27. Vista general del torno Detroit



- **Funciones básicas.** En el torno Detroit se realiza el torneado del lado de la junta móvil o tulipa, tomando como parámetro y característica principal el llamado DIAMETRO DE PREROLADO (lado junta móvil).
- **Condiciones operacionales.** El torno Detroit de fabricación estadounidense está sometido a un trabajo continuo de tres turnos, de 8 horas cada uno. El tiempo que gasta para realizar la operación es en promedio 51,23 segundos por pieza. Está constituido por un husillo-copa principal, el cual tiene como dispositivo mordazas para anclar y desanclar las piezas, un contrapunto de cono hidráulico para ajuste de las piezas, un porta-herramientas giratorio de dos posiciones y un dispositivo de copiado totalmente hidráulico. Este último componente es la parte más crítica del torno, puesto que de él dependen las características de calidad de las piezas. El dispositivo de copiado tiene un palpador que sigue la trayectoria de una copia muestra, cuyas dimensiones obedecen al modelo de parte que quiere producirse, ubicada en la parte superior del torno, y el cual, es solidario a una torreta de movimientos verticales sobre una guía donde va adherido el porta-herramientas. Este último sigue el contorno de la copia muestra en las

direcciones perpendiculares a la longitudinal determinadas por la geometría de la copia. El empuje necesario longitudinal es suministrado por un cilindro hidráulico horizontal, el cual, mueve todo el dispositivo de copiado para los avances y retrocesos. El montaje del dispositivo de copiado puede verse en la figura 28. El dispositivo de copiado baja hasta que el palpador toca la copia muestra, en este momento, el cilindro horizontal empieza a empujar longitudinalmente, mientras que el contorno es asegurado por el cilindro hidráulico vertical. El movimiento del porta-herramienta, solidario al del cilindro vertical y el palpador, tornea la pieza hasta el final en un movimiento de desbaste. Luego, el cilindro vertical levanta el dispositivo copiado y lo devuelve con la ayuda del cilindro horizontal a la posición inicial. Finalmente, el torno realiza la misma secuencia para un acabado de la superficie de la pieza.

Figura 28. Dispositivo copiator del torno Detroit

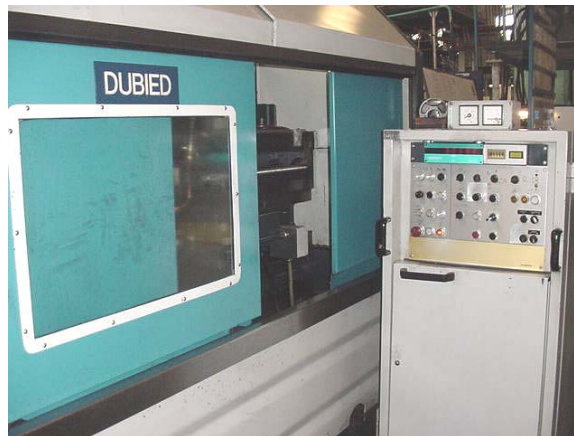


- **Control de la máquina.** La secuencia de la máquina está programada en un PLC marca Siemens, el cual controla la totalidad de los pre-actuadores o válvulas hidráulicas del torno. El torno tiene como actuadores cuatro cilindros hidráulicos: El primero mueve a través de un movimiento

longitudinal las mordazas para el anclaje y desanclaje de las piezas, el segundo cilindro realiza el movimiento longitudinal de la torreta de copiado; de tal forma que el porta-herramientas siga el contorno de las copias muestra. El tercer cilindro mueve el contrapunto hacia delante o atrás para el aprisionamiento de las piezas contra las mordazas y el último cilindro, realiza los movimientos verticales de la torreta de copiado acorde a la geometría de las copias. El movimiento del husillo porta-piezas es suministrado por un motor eléctrico de 16 HP de potencia, el cual, antes de llegar propiamente al husillo, llega por medio de una correa a una caja de engranajes con dos posibilidades de velocidades en el husillo. La velocidad máxima es de 1540 rpm. Otro motor eléctrico de 20 HP de potencia, mueve la bomba hidráulica que mueve la totalidad del sistema hidráulico de toda la máquina. Existen dos plantillas que contienen finales de carrera que controlan la programación de los movimientos del dispositivo copiadore, anclaje y desanclaje, y el movimiento del cilindro del contrapunto.

Las características del torno Dubied II son las siguientes:

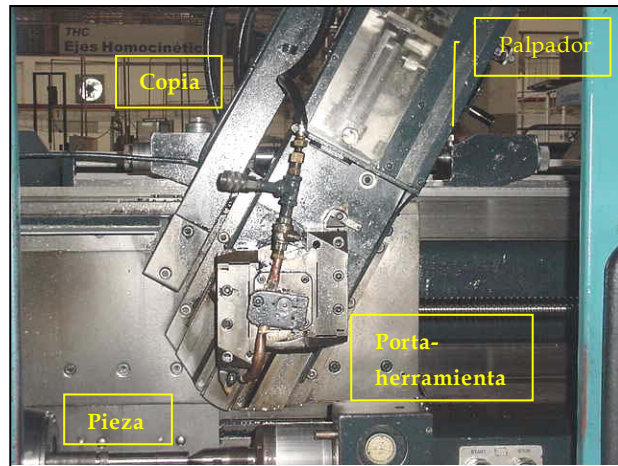
Figura 29. Vista general torno Dubied II



- **Funciones básicas.** En el torno Dubied II se realiza el torneado del lado de la junta fija, tomando como parámetro y característica principal el llamado DIAMETRO DE PREROLADO (lado junta fija).
- **Condiciones operacionales.** El torno Dubied II de fabricación Suiza, está sometido a un trabajo continuo de tres turnos, de 8 horas cada uno. El tiempo que gasta para realizar la operación es en promedio 51,23 segundos por pieza. Está constituido por un husillo-copa principal, el cual tiene como dispositivo de anclaje y desanclaje de piezas un dispositivo de canastilla, un contrapunto de cono hidráulico para ajuste de las piezas, un porta-herramientas giratorio de dos posiciones y un dispositivo de copiado totalmente hidráulico. Este último componente, al igual que en el torno Detroit, se convierte en la parte más crítica del torno, puesto que de él dependen las características de calidad de las piezas. El dispositivo de copiado tiene un palpador que sigue la trayectoria de una copia muestra ubicada en la parte superior del torno, y el cual, es solidario a una torreta de movimientos verticales sobre una guía donde va adherido el porta-herramientas. Este último sigue el contorno de la copia muestra en las direcciones perpendiculares a la longitudinal determinadas por la geometría de la copia. El empuje necesario longitudinal es suministrado por un tornillo de potencia horizontal, el cual, mueve todo el dispositivo en avances y retrocesos por un motor de continua controlado y programado. El montaje del dispositivo de copiado puede verse en la figura 30. El dispositivo de copiado baja hasta que el palpador toca la copia muestra, en este momento, el tornillo de potencia horizontal empieza a empujar longitudinalmente, mientras que el contorno es asegurado por el cilindro hidráulico vertical. El movimiento del porta-herramienta, solidario al del cilindro vertical y el palpador, tornea la pieza hasta el final en un movimiento de desbaste. Luego, el cilindro vertical levanta el dispositivo copiador y lo

devuelve con la ayuda del tornillo de potencia horizontal a la posición inicial. Finalmente, el torno realiza la misma secuencia para un acabado de la superficie de la pieza.

Figura 30. Dispositivo copiador del torno Dubied II



- **Control de la máquina.** La secuencia de la máquina se programa en un controlador fabricado por la misma casa Dubied, constructora del torno. Este controla la totalidad de los pre-actuadores o válvulas hidráulicas del torno, así como los programa de secuencia para los movimientos del torno. En general, existe más flexibilidad de programación que en el torno Detroit, pero es mucho menos avanzado que un torno de tecnología CNC. El torno tiene como actuadores tres cilindros hidráulicos: El primero mueve a través de un movimiento longitudinal las canastillas para el anclaje y desanclaje de las piezas, el segundo cilindro mueve el contrapunto hacia delante o atrás para el aprisionamiento de las piezas contra las canastillas y el último cilindro, realiza los movimientos verticales de la torreta de copiado acorde a la geometría de las copias. El movimiento longitudinal de la torreta de copiado es realizado por un motor de CC, el cual mueve un tornillo de potencia al cual va unida la torreta de copiado por una tuerca con rodamientos de bolas.

De esta forma, el porta-herramientas sigue el contorno de las copias muestra. El movimiento del husillo porta-piezas es suministrado por un motor eléctrico de 18 HP de potencia el cual, antes de llegar propiamente al husillo, llega por medio de acople directo a una caja de engranajes para la reducción del movimiento, con posibilidades de varias velocidades a través del reemplazo de los mismos. Otro motor eléctrico de 20 HP de potencia, mueve la bomba hidráulica que mueve la totalidad del sistema hidráulico de toda la máquina. Existen finales de carrera y sensores de posición que controlan la programación de los movimientos del dispositivo copiador, anclaje y desanclaje, y el movimiento del cilindro del contrapunto.

4.2 DATOS DE ENTRADA PARA EL ANALISIS DE PROBLEMAS

Una vez fueron cumplidas las actividades del *paso 1* en la metodología general (ver figura 22), es decir, la identificación de las máquinas sobre las cuales se deben concentrar los esfuerzos iniciales, la optimización del Layout de la línea y la subordinación de las demás máquinas a estos cuellos de botella, aparecen las actividades del *paso 2*, las cuales llamamos recolección y de los “Datos de entrada”.

Es en este punto donde se recoge toda la información que servirá como base para los pasos de análisis subsiguientes y de donde se parte para el rediseño del mantenimiento preventivo propiamente. Los datos e información recogida provienen de distintas fuentes: Las hojas de vida de los equipos, datos estadísticos del control de los procesos, indicadores de las máquinas, el actual sistema de mantenimiento preventivo y la retroalimentación de los progresos en el mantenimiento autónomo y demás actividades derivadas de los demás programas del manufacturing system. A continuación se describen

cada uno de los conjuntos de datos utilizados en el rediseño del mantenimiento preventivo en las máquinas cuellos de botella.

4.2.1 Pareto de fallas de la Rectificadora de interiores SI-4A. Según la norma JIS*, una falla es la pérdida de la función operativa de un equipo. Si lo que se quiere es evitar precisamente lo que determina la definición anterior, es necesario imprescindiblemente, conocer e identificar completamente todos los fenómenos asociados a las principales fallas que han presentado los equipos con un alta frecuencia de ocurrencia.

Para dimensionar y estratificar el efecto de las fallas en los equipos, se construyeron diagramas de pareto. De la aplicación del también llamado análisis ABC se espera, después de una clasificación inicial, que aproximadamente el 20% del numero total de fallos identificados en los equipos durante un tiempo de evaluación, representen más o menos el 80% del valor total del tiempo improductivo acumulado por la máquina a causa de paradas por imprevistos.

El primer paso consistió en adquirir la información almacenada en las hojas de vida de los equipos, consignada a partir de las órdenes de trabajo generadas durante los dos últimos años; tiempo de evaluación escogido. Posteriormente, se clasificaron las fallas en dos grupos: Fallas mecánicas y fallas eléctricas-electrónicas. Luego de una ardua tarea de caracterización de las fallas e identificación de los grupos de fallas, cuyos fenómenos eran repetidos, se extrajeron los tiempos netos que le tomó al equipo de mantenimiento la reparación de cada una de las fallas caracterizadas. Para el

* JIS son las iniciales del Instituto Japonés de Estándares Industriales

análisis comprendido en la metodología general (ver figura 22), es lógico concentrar la atención en aquellas fallas cuyo impacto es evidentemente más alto que el resto, en cuanto al tiempo por paradas imprevistas.

Para la rectificadora SI-4A los resultados de las fallas mecánicas están representados en la figura 31. En la parte vertical están descritas brevemente las fallas, y a manera de barras horizontales, se encuentra el acumulado de tiempo correspondiente en minutos a cada una de las fallas descritas. El tiempo total acumulado en paradas imprevistas por fallos de tipo mecánica sumó en los últimos dos años 134 horas aproximadamente. Si tomáramos el tiempo promedio para rectificar piezas en esta máquina, aproximadamente de 65,39 segundos por pieza, podríamos calcular un equivalente del número de piezas que se dejaron de producir. Estas serían aproximadamente 7377 piezas, en un calculo obviamente bastante superficial e ideal, pero, si tan sólo se tomarán 5000, y multiplicáramos este número por el precio de venta operativa de cada junta fija (\$ 4 U.S.), serían 20,000 dólares americanos dejados de percibir en utilidades, tan sólo en el tiempo improductivo por fallas mecánicas. Esto no incluye, el tiempo perdido por fallas eléctricas-electrónicas, por ineficiencias en las operaciones de mecanizado, por tolerancia de la fatiga de los trabajadores y muchos otros parámetros que impiden la producción continua y constante de piezas en la línea y de altos niveles de productividad. Pero es evidente, la necesidad de disminuir los niveles de improductividad de las paradas generadas por averías imprevistas, principalmente en las máquinas cuellos de botella.

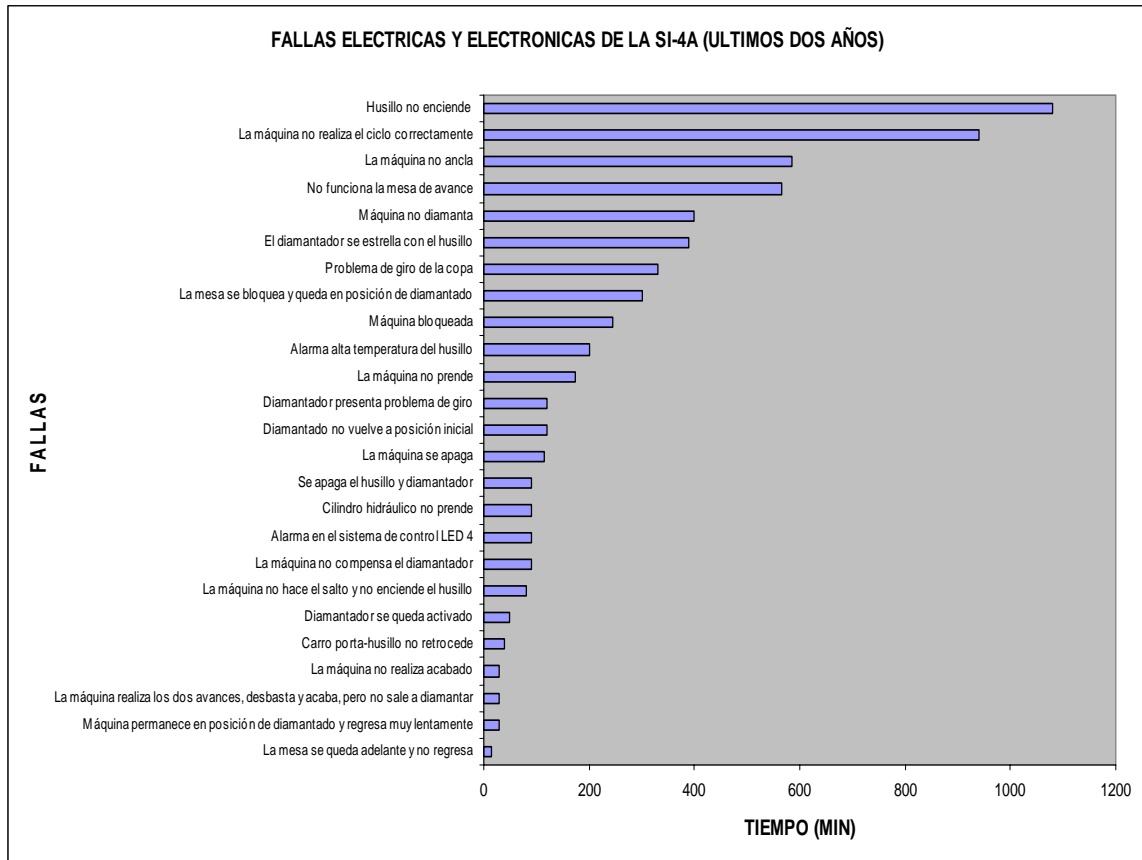
Figura 31. Pareto de fallas mecánicas rectificadora SI-4A



Para el caso de las fallas eléctricas-electrónicas el resultado está representado en la figura 32. La estructura del diagrama de pareto es exactamente igual y el total de tiempo acumulado por este tipo de fallas en los dos últimos años fue de 103 horas. Esta clasificación y distinción hecha entre fallas mecánicas y eléctricas-electrónicas es hecha para facilitar la labor de análisis y diferenciar los resultados finales del proyecto. Observamos que la cantidad de tiempo perdido por fallas de origen mecánico es mayor que el tiempo acumulado por fallas eléctricas-electrónicas. A partir de la solución consignada en las hojas de vida para cada una de estas fallas se plantea un punto de partida para el análisis de las mismas. Para ambos casos, fallas mecánicas y eléctricas-

electrónicas, existen pocas fallas que acumulan la mayor parte del tiempo total acumulado.

Figura 32. Pareto de fallas eléctricas-electrónicas rectificadora SI-4A



Estas fallas críticas, cuya frecuencia de incidencia es sumamente alta, pueden definirse y asociarse teóricamente al marco de las pérdidas crónicas. El resto de fallas pueden determinarse como pérdidas esporádicas. El término “crónico” se refiere a la invariable generación del mismo fenómeno dentro de cierto rango de variación, mientras que el término “esporádico” representa la abrupta ocurrencia de un fenómeno en un área bastante diferente a la del rango de variación. En algunos casos el mismo fenómeno aumenta cuantitativamente, mientras que otros fenómenos heterogéneos ocurren. Un

incidente esporádico, el cual aparece cuando ocurren cambios en algunas condiciones (Dispositivos/herramientas, métodos de trabajo, y estado del equipo), representan un asunto de restauración, requiriendo medidas para revertir la condición al nivel original. Este es el caso de la mayoría de fallas que acumulan poco tiempo de paradas.

Las pérdidas crónicas representan problemas a veces imposibles de solucionar debido a que en la mayoría de los casos la causa no sólo es una, si no varias, y además no son detectadas claramente. Estas no pueden ser corregidas aunque si no se toman al tiempo varias medidas en su contra. Como consecuencia, es necesaria una aproximación completamente innovadora o decisiones drásticas que planteen cambios totales.

4.2.2 Pareto de fallas del torno Detroit. Para el caso del torno Detroit los resultados del pareto de fallas mecánicas están representados en la figura 33, y para las fallas eléctricas-electrónicas en la figura 34. El tiempo total acumulado por fallas de origen mecánico es de aproximadamente 223 horas. Para el caso de las fallas eléctricas-electrónicas el tiempo total acumulado es de 32 horas. Para el caso de este torno es evidente la superioridad del número de tiempo perdido por fallas mecánicas sobre las fallas eléctricas-electrónicas. Los dos tornos cuellos de botella están sometidos a lo que conocemos como el deterioro forzado, el cual no es más que aquellas condiciones que aceleran el deterioro de las partes críticas de la máquina debido a que se suman al deterioro natural que con el tiempo sufren los equipos. El deterioro forzado en las máquinas es agregado por el factor hombre, que se evidencia por la falta de buenas costumbres de mantenimiento y el descuido al intervenir las partes defectuosas. Algo parecido, sucede con el cuello de botella de juntas fijas.

4.2.3 Pareto de fallas del torno Dubied II. Para el caso del torno Dubied II los resultados del pareto de fallas mecánicas están representados en la figura 35, donde el total de tiempo acumulado es de 158 horas, y para las fallas eléctricas-electrónicas en la figura 36, donde el total de tiempo acumulado es de aproximadamente 105 horas. Los dos casos para los dos últimos años. Las condiciones de trabajo del torno Dubied II son muy parecidas a la del Detroit, Por ser parte de la misma celda dentro de la línea, y ser operada por las mismas personas durante los tres turnos.

Figura 33. Pareto de fallas mecánicas torno Detroit

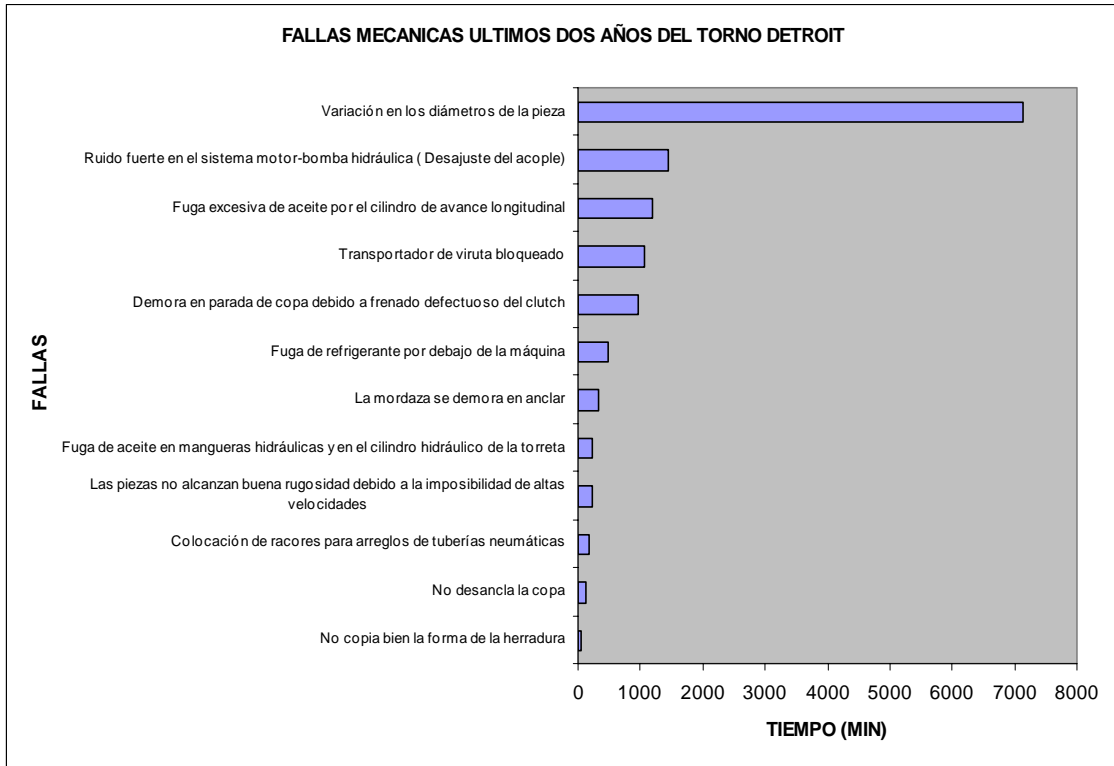


Figura 34. Pareto de fallas eléctricas-electrónicas torno Detroit

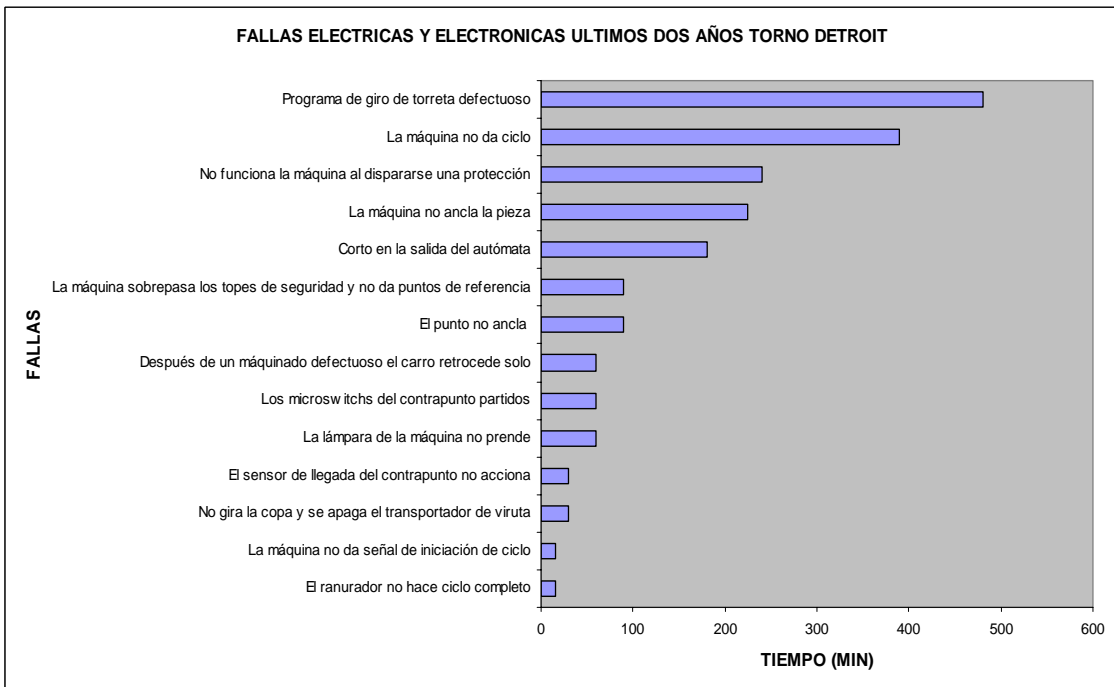


Figura 35. Pareto de fallas mecánicas torno Dubied II

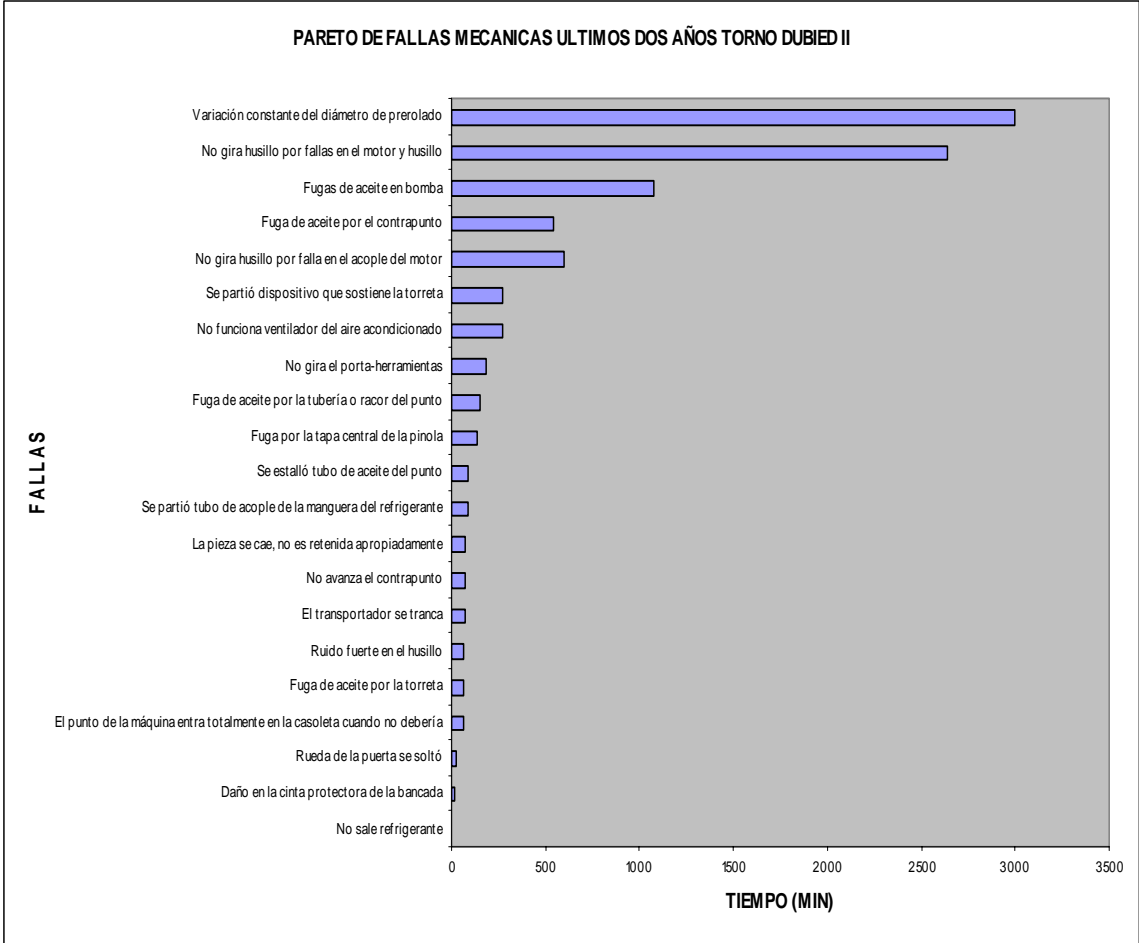
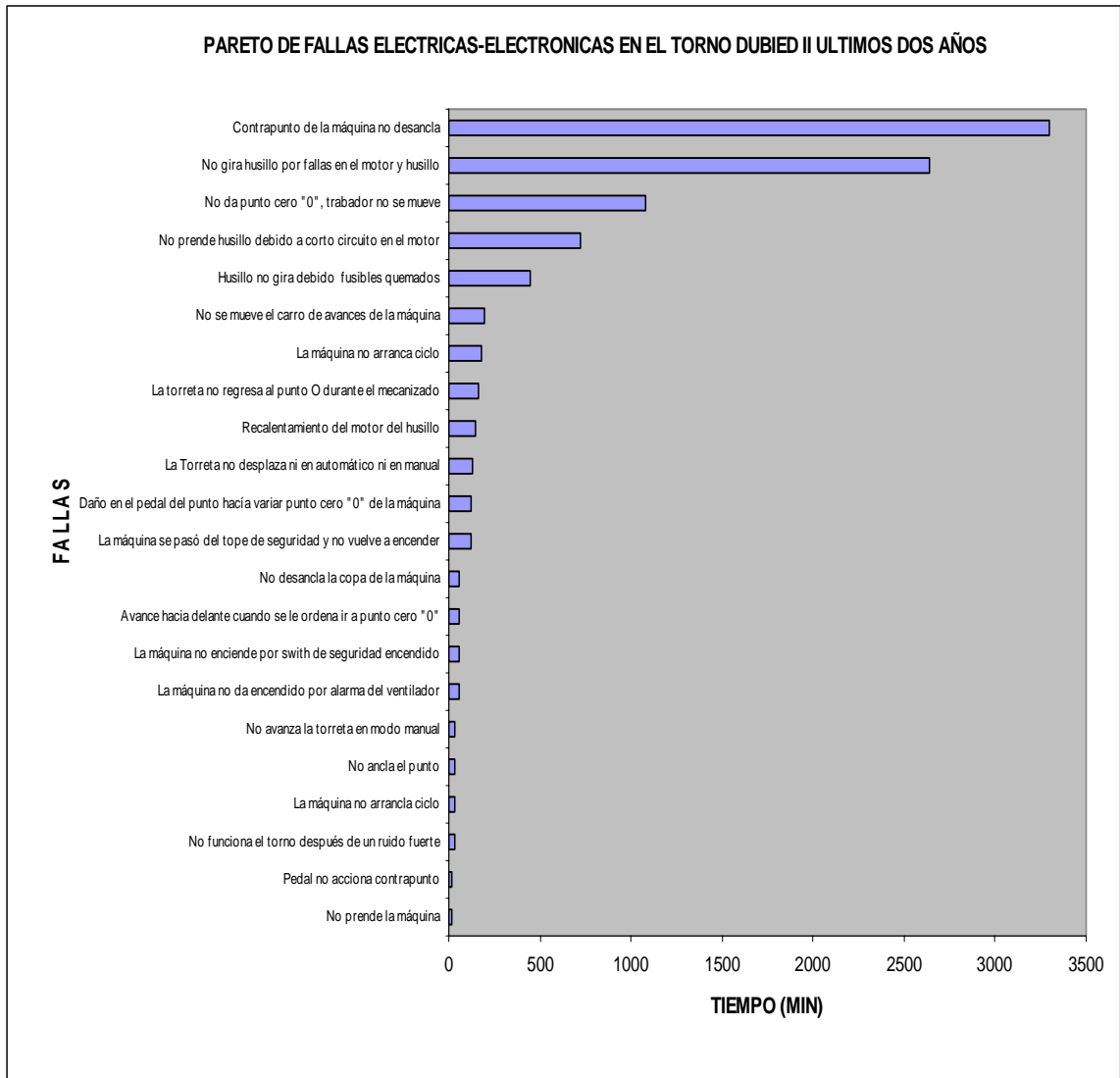


Figura 36. Pareto de fallas eléctricas-electrónicas torno Dubied II



4.3 CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS (CEP)

DANA TRANSEJES COLOMBIA se encuentra actualmente certificada con la norma de calidad QS-9000, la cual define las expectativas fundamentales del sistema de calidad de *Chrysler, Ford, General Motors* y otras compañías, en cuanto a los proveedores internos y externos de productos, servicios, y materiales. Estas compañías líderes a nivel mundial en el negocio automotriz,

están comprometidas en un trabajo mancomunado con todos sus proveedores incluyendo DANA TRANSEJES COLOMBIA, con el fin de asegurar la satisfacción total de los clientes, empezando con la conformidad total de los estándares de calidad y continuando con la reducción de la variación de las medidas de las partes y el número de piezas inservibles. Bajo este propósito, política directa de la empresa, no es suficiente utilizar herramientas estadísticas como el diagrama de Pareto en el desarrollo de este proyecto. Se hace necesario de igual forma, la inclusión de herramientas pertinentes a las actividades del mantenimiento planeado, ofrecidas por esta norma de calidad.

El Control Estadístico de Procesos (CEP) es una herramienta estadística de control, análisis y evaluación de procesos. Es comúnmente utilizada en la prevención de defectos de calidad en los productos y permite, a través de la generación de criterios sólidos, la planificación de acciones correctivas adecuadas y duraderas.

4.3.1 Relación entre el CEP y la gestión de mantenimiento. El objetivo de los requerimientos del sistema de calidad QS-9000 es el desarrollo de sistemas fundamentales de calidad basados en la cultura del mejoramiento continuo, enfatizando la prevención de los defectos, la reducción de la variación de los parámetros en los procesos y el desperdicio en la cadena de proveedores, como el conocido “scrap” o productos inservibles. En el caso específico de DANA TRANSEJES COLOMBIA, la utilización del CEP para las acciones del mantenimiento planeado se reduce a la intervención de aquellas fallas registradas y definidas por la herramienta, consideradas como indeseables protagonistas en el detrimento de los procesos y la calidad de las partes producidas; y que están dentro del marco de responsabilidad del personal de

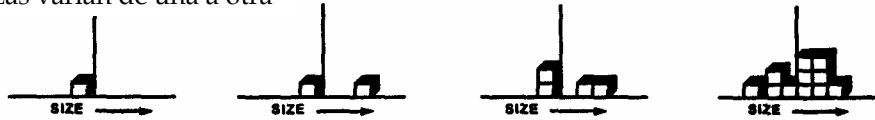
mantenimiento. Las causas que afectan los procesos de manufactura son de dos tipos:

- **Causas comunes**, las cuales son fuentes de variación que están presentes durante todo el tiempo y afectan por igual todo el proceso. Un ejemplo podrían ser el desgaste natural de las herramientas de trabajo o simplemente la incidencia de la temperatura del ambiente en el desempeño de las máquinas. Estas crean un patrón de fluctuación estable en los procesos donde generalmente son suficientes las acciones tomadas por la administración de la planta.
- **Causas especiales**, las cuales son fuentes de variación específicas que afectan directamente los resultados de calidad del producto. Esta variación en los procesos hace que los parámetros entre partes varíen de una a otras por cortos periodos de tiempo. Por ejemplo, piezas mal sujetadas a la máquina, desgaste y desajuste excesivo en algunos componentes de la máquina o simplemente falta de correcta lubricación en ella. Todas estas causas, relacionadas directamente con las acciones de mantenimiento preventivo, hacen que los patrones de fluctuación en los procesos sean inestables generando la necesidad de intervención del personal de producción y mantenimiento.

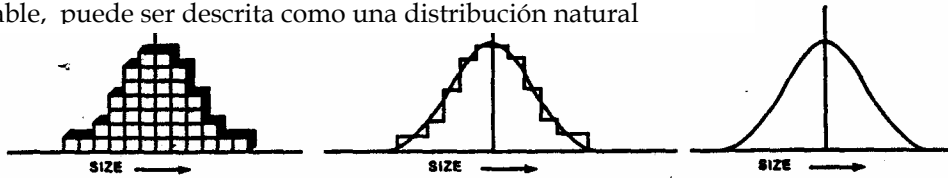
La figura 37 muestra la evolución de los patrones en las piezas y los resultados de los procesos cuando hay los dos tipos de causas. Es importante tener en cuenta que hoy en día los parámetros de calidad son los que rigen las empresas en cuanto a la satisfacción del cliente y son un indicador del nivel de compromiso asumido por los empleados de la empresa en cuanto a los procesos de mejoramiento continuo.

Figura 37. Patrones de fluctuación en los procesos

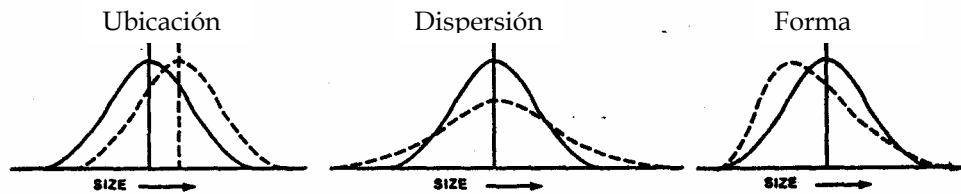
Las piezas varían de una a otra



Las medidas de sus tolerancias forman un patrón, que si es estable, puede ser descrita como una distribución natural



Las distribuciones pueden diferir en:



...o cualquier combinación de estas

Existen dos modos de detectar el tipo de causas relacionadas con las acciones que deben tenerse en cuenta en la metodología para el rediseño del mantenimiento preventivo en las máquinas cuellos de botella:

- Interpretación de los procesos en las máquinas con cartas X-R
- Estudios para las máquinas de habilidad y capacidad*

Las cartas X-R son herramientas estadísticas utilizadas por los operarios de producción para prevenir defectos de calidad en las piezas en base a criterios

* Traducciones oficiales al interior de la empresa para los términos *capacity* y *performance*

descritos por la norma QS-9000. Cada determinado número de piezas maquinadas, los operarios miden con instrumentos debidamente calibrados los valores de medida específicos y críticos, cuya tolerancia, son de estricto requerimiento para las exigencias de calidad de los clientes, por ejemplo: En el caso de la rectificadora SI-4A es el valor del run-out, pero en el caso de los tornos son los diámetros de pre-rolado. Estos valores de tolerancias son consignados en la carta como un punto de acuerdo a una escala. Después de una muestra representativa para dicha tolerancia entre todas las piezas; la tendencia de los puntos graficados en la carta, es analizada para prevenir defectos en base a predicciones y hacer seguimiento al estado del proceso. Un ejemplo de carta X-R para la rectificadora SI-4A es adjunto en la primera parte del anexo F, al igual que los criterios de tendencia para el análisis del proceso están en el respaldo de la carta. Dependiendo de los objetivos, las máquinas utilizan cartas de promedios para mostrar la posición de la distribución del proceso respecto a la tolerancia especificada, o cartas de rangos si se quiere mostrar la variación o dispersión del proceso.

La predictibilidad de los procesos depende de que tipo de causas posea. En la medida en que sólo existan causas comunes, es posible mantener los procesos generando parámetros de calidad aceptables. Pero, en el momento en que aparezcan causas especiales, la predictibilidad del proceso desaparece, como lo hace la estabilidad de los parámetros de calidad.

El estudio de habilidad de una máquina, es una evaluación a corto plazo en la cual se intenta evaluar el desempeño del proceso del cual dicha máquina hace parte. Estos proveen una primera estimación sobre el rendimiento de un proceso nuevo o revisado involucrando sus causas comunes y especiales de variación. Sus principales indicadores son el Pp, el cual indica la habilidad

potencial que tiene la máquina para producir piezas dentro de especificación, y el Ppk, el cual indica la habilidad real de un proceso, pues su cálculo involucra el centramiento del mismo. Para mayor ilustración del cálculo de estos dos indicadores remitirse a la tercera parte del anexo F. Este estudio es clave para la identificación de las causas especiales que dependen del mantenimiento de las máquinas, y el estudio y análisis de estos indicadores vital para evaluar la gestión del equipo de mantenimiento sobre las mismas.

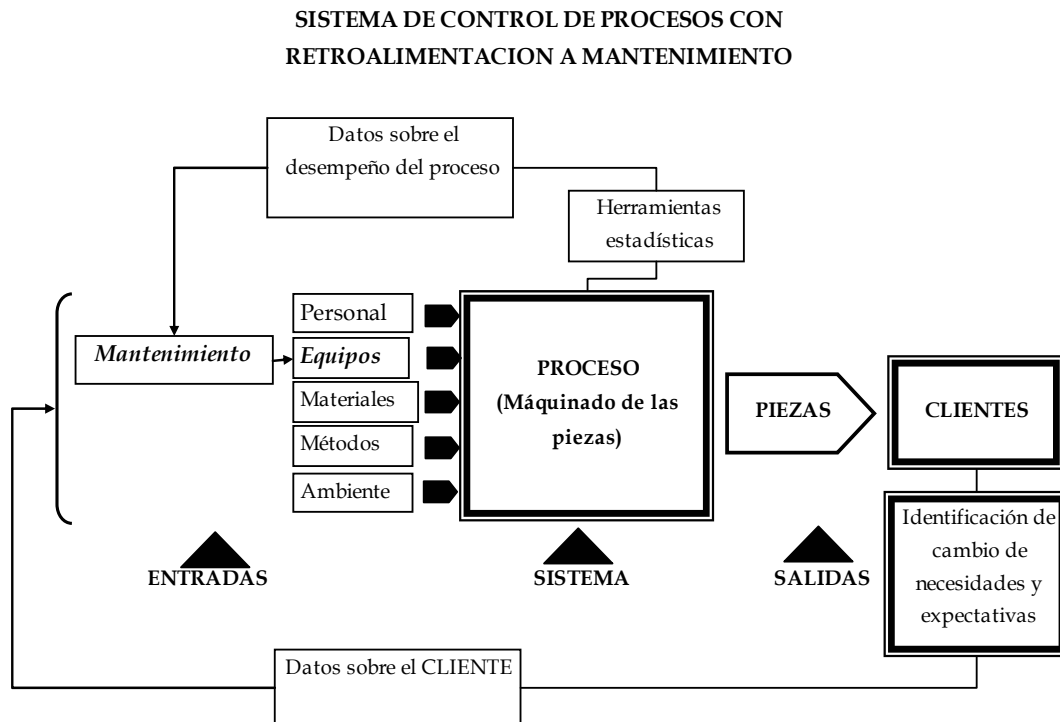
El estudio de capacidad de una máquina es por el contrario, un estudio a largo plazo para evaluar el desempeño del proceso del cual dicha máquina hace parte. Se conducen solamente cuando el proceso muestra estabilidad estadística; por lo tanto, en su cálculo sólo están presentes las causas comunes de variación. Sus principales indicadores son el Cp, el cual indica la capacidad potencial de un proceso sin tener en cuenta el centramiento del mismo; y el Cpk, el cual indica la capacidad real de un proceso teniendo en cuenta el centramiento del mismo. Para mayor ilustración del cálculo de estos dos indicadores remitirse a la tercera parte del anexo F, donde también aparece un ejemplo que ilustra un caso concreto para su retroalimentación en el departamento de mantenimiento. El estudio de habilidad se realiza generalmente después de que la máquina ha sido intervenida en un mantenimiento preventivo, o una parada por mantenimiento imprevisto bastante larga.

4.3.2 Aporte del Control Estadístico de Procesos a la metodología de mantenimiento. Básicamente, las causas que afectan constantemente los procesos y la calidad de las piezas, las cuales estén directamente ligadas al estado de las máquinas y al desempeño del personal de mantenimiento debe ser retroalimentado y tenido en cuenta en la programación de los preventivos

de las máquinas. A través del análisis de los indicadores, es posible saber si las medidas tomadas para mejorar los procesos desde el área de mantenimiento, surgen el impacto necesario para mantener los estándares de calidad y los requerimientos del cliente.

La figura 38, muestra esquemáticamente la relación entre las actividades de mantenimiento y el control estadístico de procesos.

Figura 38. Relación entre el CEP y Mantenimiento



Las observaciones registradas en los estudios de capacidad y habilidad realizados a las máquinas cuellos de botella, fueron tenidas en cuenta en la fase de análisis y solución de problemas incluida en el *paso 3* (ver figura 22). Los problemas de calidad están reflejados en los paretos realizados en la

anterior sección, por lo tanto, fueron tenidos en cuenta en el rediseño del mantenimiento preventivo de estas máquinas. En el respaldo de las cartas X-R, los operarios registran como ya se dijo anteriormente, las causas especiales que intervinieron en busca de solución, para devolver la estabilidad a sus procesos. De estas observaciones, las que tengan que ver con mantenimiento de los equipos, deben ser tenidas en cuenta par futuras programaciones de preventivos y deben convertirse en una fuente continua de retroalimentación para medir el desempeño de los equipos.

4.4 EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)

Todas las organizaciones necesitan medir de alguna forma su desempeño a nivel financiero, logístico, productivo, etc., para poder determinar de forma eficaz y eficiente, si los objetivos que se han trazado ya sean a corto o largo plazo se están cumpliendo según lo planeado, o si es necesario realizar los correctivos pertinentes para lograr de forma satisfactoria lo proyectado, por esta razón son necesarios los indicadores, variables que sirven como guía para la mejor consecución de las metas establecidas.

El indicador “eficiencia global del equipo, OEE*” es una medida que evalúa el rendimiento de las máquinas mientras están en funcionamiento. Está fuertemente relacionado con el estado de conservación y productividad de las mismas, y muestra las pérdidas reales medidas en tiempo. Este indicador posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Cabe recalcar que estos indicadores se manejan de forma diaria, y está compuesto por los siguientes tres factores:

* Traducción de las iniciales en inglés Overall Equipment Efficiency

Disponibilidad: Mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paros no programados, entre los que están las averías que necesitan mantenimiento correctivo.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo neto disponible}}$$

En donde:

Tiempo neto disponible = Tiempo extra + Tiempo total programado + Tiempo de paro permitido

Tiempo operativo = Tiempo neto disponible - Tiempo de paros de línea

Eficiencia: Mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo. Es decir, velocidades de operación inferiores a las de diseño determinadas originalmente por el fabricante del equipo.

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Tiempo tacto})(\text{Pie zas producidas})}{\text{Tiempo operativo}}$$

En donde:

$$\text{Tiempo tacto} = \frac{\text{Tiempo neto total diario}}{\text{Demanda total diaria}}$$

Calidad: Mide las pérdidas por calidad, las cuales representan el tiempo utilizado para producir piezas que son defectuosas o tienen problemas de

calidad. Este tiempo es perdido lógicamente, ya que la pieza debe ser destruida o re-procesada.

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Partes producidas}) - (\text{Total de partes defectivas})}{\text{Partes producidas}}$$

En donde:

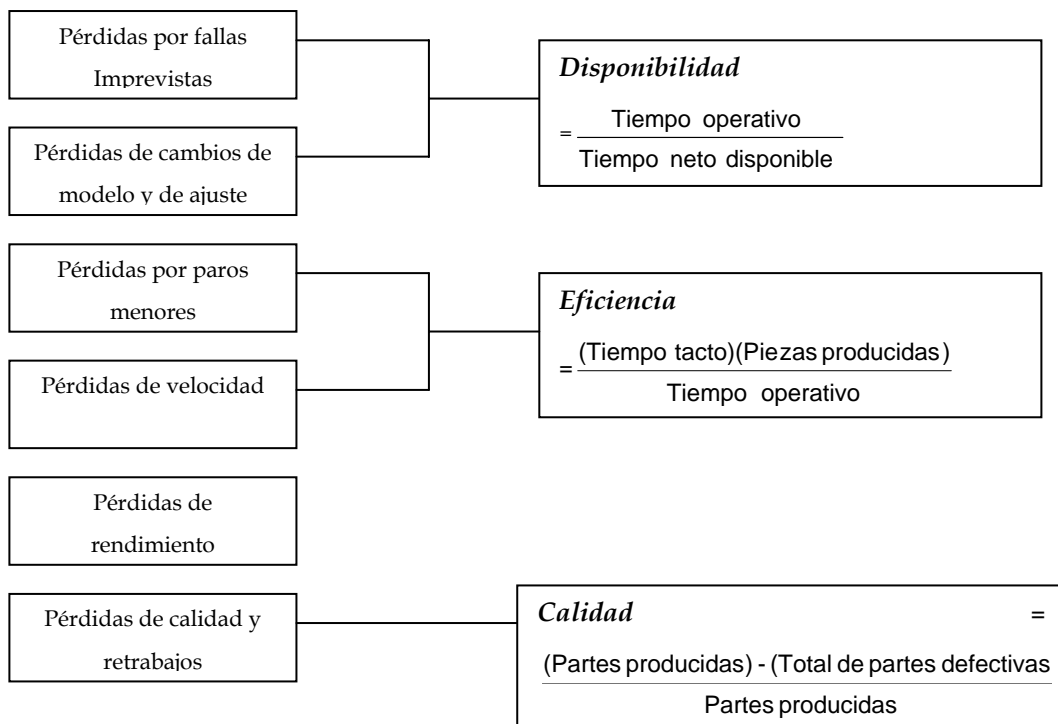
Total de partes defectivas: Piezas defectuosas + retrabajos o recuperaciones

El cálculo del indicador OEE se obtiene multiplicando los anteriores tres términos expresados en porcentaje.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

La Figura 39 muestra claramente las pérdidas medidas por este indicador y el impacto en cada uno de sus factores.

Figura 39. Impacto de las pérdidas en los factores de indicador OEE



4.4.1 Relación entre el indicador OEE y la gestión de mantenimiento. Este indicador responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares del TPM. Una buena medida inicial del indicador OEE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podrían tomar acciones que eleven el rendimiento de la productividad. Sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo con los recursos necesarios para este proyecto de grado y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

Las cifras que componen el indicador OEE ayuda a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que deben ser utilizados para el estudio de los problemas y fenómenos. En las líneas de DANA TRANSEJES COLOMBA se calcula y se almacena el indicador en base a bitácoras gestionadas por los operarios en cada uno de sus turnos de trabajo. En ellas se registran el número de horas del turno trabajado y la justificación a cada minuto interrumpido y no productivo en la máquina, incluyendo las fallas presentadas. Esta información es útil para definir los equipos en los que hay que incidir con mayor prioridad con acciones TPM.

Con el rediseño del mantenimiento preventivo de las máquinas cuellos de botella en la planta, se busca concretamente elevar los niveles de disponibilidad y hacer seguimiento al impacto que deben generar las intervenciones programadas a estos equipos. Así, existe una retroalimentación real y permanente de que tan positivas están resultando las actividades derivadas del mantenimiento preventivo.

En definitiva, el personal de mantenimiento se encargará de controlar la disponibilidad de los equipos, ya que esta mide la eficiencia general de las actividades de este departamento.

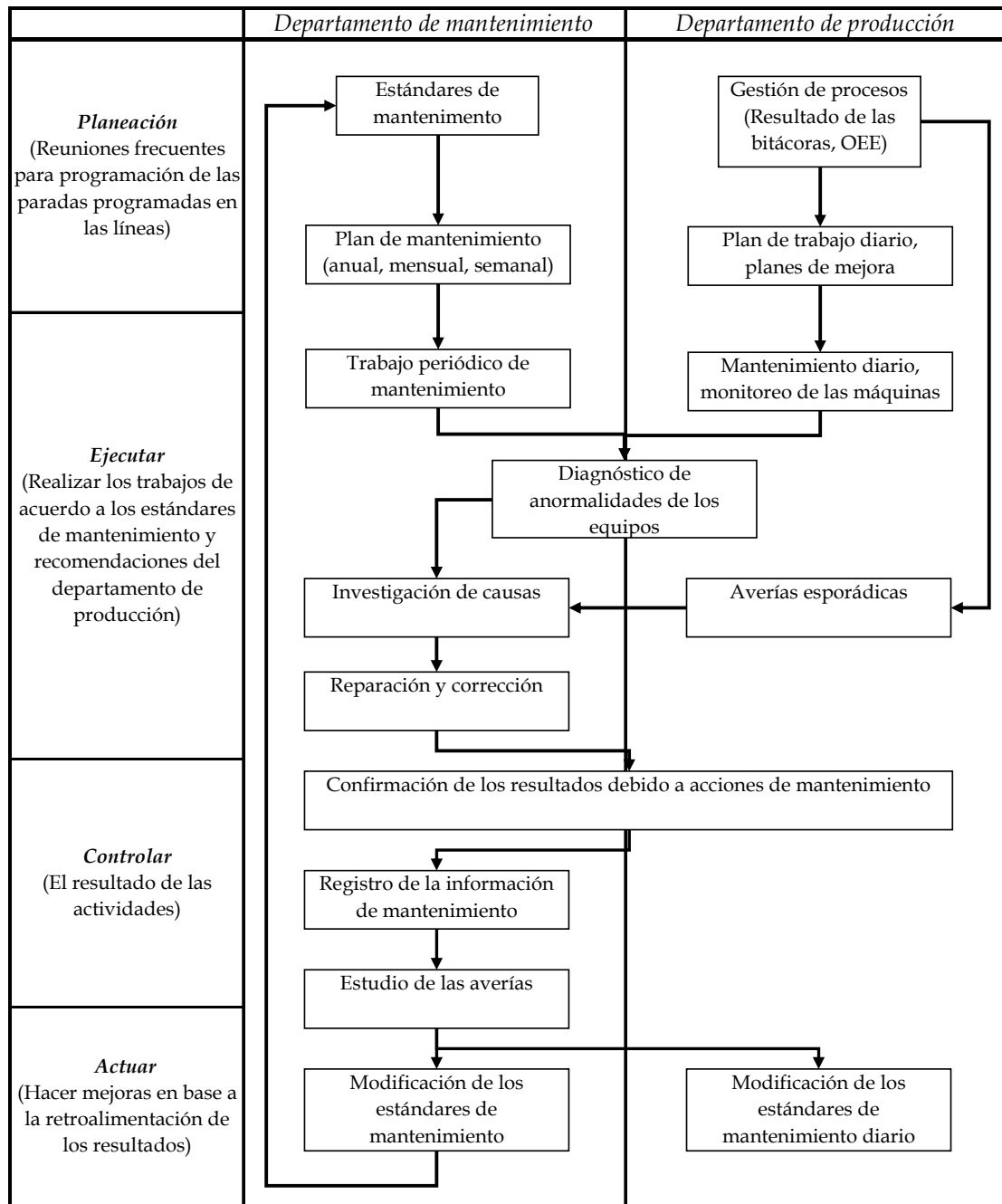
4.4.2 Aporte del indicador OEE a la metodología de mantenimiento.

Operativamente, existe la necesidad de coordinar estratégicamente las actividades de los departamentos de producción y mantenimiento, de tal manera que se generen planes de acción en los que se pueda programar y hacer seguimiento a las necesidades existentes en los diferentes equipos de las líneas. Para las máquinas cuellos de botella específicamente, el seguimiento del indicador OEE debe ser diario y estricto, de tal forma que se puedan medir los resultados de la gestión del mantenimiento preventivo y se puedan hacer aportes para su mejora. La figura 40, muestra un esquema que propone la visión operativa entre los dos departamentos, con miras a la implantación de la metodología para el rediseño del mantenimiento preventivo. Un formato de plan de acción se encuentra en el anexo G, el cual especifica el pilar del manufacturing system en el cual debe trabajarse, la acción específica programada, un estimado en porcentaje del impacto que podrá tener la consecución de la actividad en la disponibilidad y en el OEE y un espacio para el seguimiento de la ejecución de la actividad. También Se incluye el cálculo del indicador para las máquinas de una línea en un mes, en donde está incluido el cuello de botella para juntas fijas.

Para el *paso 3*, donde se realiza el análisis de los problemas, se tienen en cuenta todas las percepciones de los operarios de producción en cuanto a la ocurrencia y descripción de las fallas. Aquellas fallas que no aparecían en las hojas de vida, pero que han sido registradas en las bitácoras por los operarios

de producción para el cálculo del OEE fueron de igual forma tenidas en cuenta.

Figura 40. Esquema operativo entre los departamentos de producción y mantenimiento



4.5 ACTUAL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El nuevo sistema de mantenimiento preventivo debe complementarse estratégicamente con los lineamientos existentes para el mantenimiento de los equipos en la planta que no necesiten de cambios profundos. Es así como, las rutas y mapas de lubricación y monitoreo de aislamiento de motores eléctricos consignados en el manual de mantenimiento de la empresa, deben continuar de la mano de las nuevas actividades generadas y modificadas para el mantenimiento preventivo. Todo el resultado del proyecto para el rediseño del mantenimiento preventivo, también quedará consignado en el manual de mantenimiento de DANA TRASEJES COLOMBIA. En este orden de ideas, todo lo producido durante la metodología no es redundante y apunta a mejorar el desempeño de la gestión de mantenimiento rescatando de lo existente, lo que debe seguir utilizándose.

4.6 ANALISIS Y SOLUCION DE PROBLEMAS

El *paso tres* de la metodología general (ver figura 22) es considerado el corazón de la misma y parte fundamental del resultado final de este proyecto de grado. Una vez recogida la mayor información posible en el *paso 2*, se debe proceder a realizar un minucioso análisis de los fenómenos de las fallas, teniendo en cuenta el análisis de los registros de indicadores existentes en cuanto al control estadístico de procesos y la eficiencia global de los equipos.

Para este objetivo, es necesaria la utilización de metodologías de análisis y solución de problemas que ayuden a identificar las causas raíces de las fallas al máximo detalle y que puedan al tiempo cumplir con una documentación de todo el proceso.

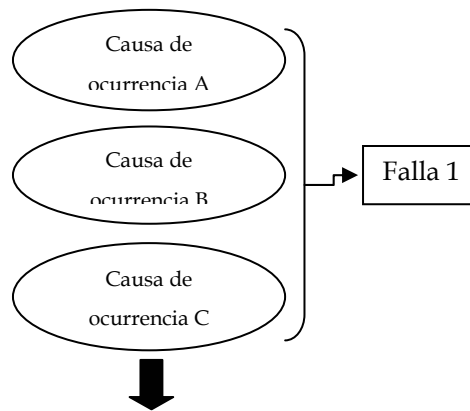
Es necesario ejecutar con rigor una reevaluación del sistema de factores que deben ser controlados para la disminución de las fallas, con el fin de asegurar que las medidas que se estén implementando para el aumento de la disponibilidad de los equipos sean las apropiadas. En muchos casos los factores primordiales que deberían ser controlados en las máquinas cuellos de botella son ignorados, debido a la falta de comprensión y de análisis sobre algunos fenómenos, o por el control de causas que nada tienen que ver con el fenómeno.

En general, esta situación es común en DANA TRANSEJES COLOMBIA, por lo que las acciones correctivas de los problemas durante los últimos años no han sido evidentemente del todo acertadas. Al observar los diagramas de Pareto de cada una de las máquinas, en la mayoría de los casos las fallas de más impacto en la pérdida total de tiempo por averías son de tipo crónico. Como se describió en la sección 4.2.1 de este capítulo, existen diferencias de fondo entre las fallas que obedecen a fenómenos crónicos y esporádicos. Luego las medidas implementadas deben ser igualmente, de diferente naturaleza.

Si hacemos una comparación de los dos tipos de fenómenos, esporádicos y crónicos, basados en la causa o en la familia de factores que conforman la causa, observamos que en el caso de los fenómenos esporádicos, es relativamente fácil identificar las relaciones causa-efecto. Siempre será una causa específica la que ocasione la falla, aunque esta pueda variar con una misma consecuencia. La figura 41 esquematiza de manera concreta lo anterior. A pesar de que el factor de causa es uno, los factores potenciales son varios y varían dependiendo de cada caso. Por ejemplo, si 10 posibles factores, en un rango de A hasta J, son considerados, A puede convertirse en

el factor causa de la falla 1, como también C o D pueden ser también factores; esto significa que el factor causa puede cambiar en cada momento, aunque la falla siga siendo 1. Por lo tanto, no se pueden esperar suficientes efectos positivos en las medidas correctivas tomadas contra un caso en específico, como el A por ejemplo.

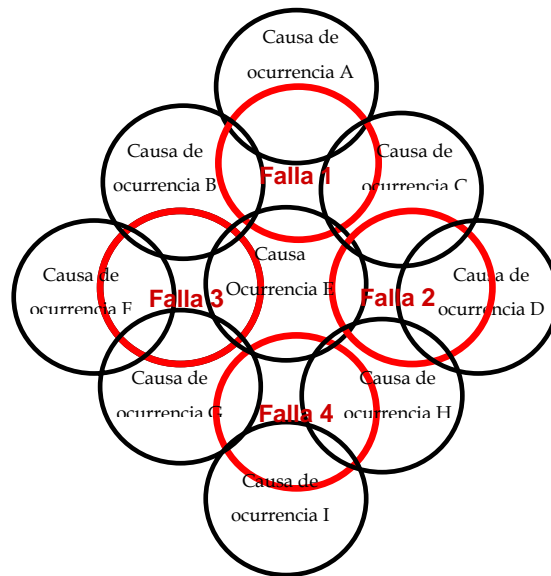
Figura 41. Fenómeno de fallas esporádicas



A pesar de que existe solo una causa,
Existen muchas posibles causas

Contraste a lo anterior, en los casos de fenómenos crónicos, lo cual corresponde en su mayoría a los fenómenos de las fallas que están en el primer lugar de los paretos de las máquinas cuellos de botella, las relaciones causa-efecto carecen de evidente claridad, y frecuentemente ocurren debido a causas compuestas, y no a un factor singular, es decir, la combinación de los factores de causa es diferente en cada caso. Para empeorar la situación, la combinación de estos factores puede cambiar, por ejemplo un fenómeno de defecto puede aparecer como el resultado de las combinaciones de A, B, y C, o A, C, G, y H. La figura 42 ilustra este caso, mostrando inclusive diferentes fallas como consecuencia de causas compartidas.

Figura 42. Fenómeno de fallas crónicas



Las pérdidas ocurren debido a causas compuestas. La combinación de estas causas

En muchas plantas, como es el caso de DANA TRANSEJES COLOMBIA, las fallas y defectos no disminuyen a pesar de la adopción de medidas correctivas, debido a que las múltiples características de las pérdidas crónicas no son entendidas. Un ejemplo típico es "hacer una atribución sesgada de que un solo factor es la causa o reducir la causa a un simple factor sin el suficiente análisis", como ya fue mencionado. Así, las medidas correctivas son tomadas para una sola causa, sin considerar o proceder con la intervención de los otros factores. A pesar de que las medidas correctivas en sí mismas pueden alcanzar objetivos positivos y ser efectivas, sus efectos son tentativos, a corto plazo, debido a que no se han intervenido o avanzado en la solución de los otros factores. Así, el entendimiento insuficiente de las pérdidas crónicas se convierte en el mayor problema.

Las actividades concretas realizadas en el *paso 3* (ver figura 22) son descritas de forma extensiva para una sola máquina cuello de botella por motivos de limitación en el tamaño de este libro. Esta máquina es la rectificadora de interiores SI-4A, la cual se convierte en la protagonista de las acciones contempladas dentro del contenido de este paso.

Para empezar las actividades de análisis, se decidió por parte del autor del proyecto y del jefe del departamento de mantenimiento, concentrarse en las tres primeras fallas del diagrama de pareto de la figura 31 (fallas mecánicas) y los 3 primeros problemas de la figura 32 (fallas eléctricas-electrónicas), por ser consideradas, aquellas que concentran la mayor parte del tiempo acumulado por averías imprevistas, y que evidentemente poseen los más altos valores de frecuencia de reincidencia.

Para sacar a flote todos los factores de los fenómenos de las fallas, sin dejar escapar fallas inclusive latentes, la metodología global utiliza dos herramientas bastante conocidas en el campo de mantenimiento de máquinas: El diagrama de pescado o Ishikawa y el análisis PM.

4.6.1 Diagramas de Ishikawa o espina de pescado. El también llamado diagrama causa-efecto es una herramienta que ayuda inicialmente a identificar, clasificar y poner de manifiesto las posibles causas de las fallas en este caso registradas en los diagramas de pareto, tanto de problemas específicos; como de características de calidad en las piezas derivadas de las máquinas. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado. Esta herramienta permitió al autor del proyecto y a los demás miembros del departamento de mantenimiento, estudiar de manera más profunda los

procesos de las máquinas y las situaciones que influyen en la operación de las mismas, desarrollando un plan de recolección de datos importante a la hora de encontrar la causa raíz de los problemas. En la planta de DANA TRANSEJES COLOMBIA se estimuló la participación de todas aquellas personas relacionadas con la operación y mantenimiento de las máquinas para que se sintieran miembros de un grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre los procesos y las mismas máquinas.

Los problemas identificados en la rectificadora de interiores SI-4A, los cuales descansan en los resultados del pareto de fallas mecánicas, fueron los siguientes:

- Primer lugar, PROBLEMAS DE AVANCE EN EL DIAMANTADO DE LA PIEDRA DE RECTIFICADO
- Segundo lugar, PROBLEMAS DE RUN-OUT EN LA COPA DE ANCLAJE, CAUSA VARIACION DE DIAMETROS EN LA JUNTA FIJA
- Tercer lugar, FUGA DE ACEITE HIDRAULICO EN DIFERENTES PARTES LOCALIZADAS DEL SISTEMA

Los problemas identificados en la rectificadora de interiores SI-4A, los cuales descansan en los resultados del pareto de fallas eléctricas-electrónicas, fueron los siguientes:

- Primer lugar, EL HUSILLO RECTIFICADOR DE LA MAQUINA NO ENCIENDE

- Segundo lugar, LA MAQUINA NO REALIZA EL CICLO DE TRABAJO CORRECTAMENTE

Para la mayoría de los problemas, no sólo en la rectificadora de interiores de la SI-4A, los efectos generalmente están en forma de una característica de calidad, lo cual son aspectos que se quieren mejorar o controlar. El registro de la frase que resume el problema es colocado en la parte extrema derecha del diagrama, en cada uno de los casos, dejando espacio para el resto de la información hacia la izquierda.

En las espigas principales se representan las categorías de recursos o factores que se consideran causales por el equipo. Las categorías habitualmente usadas son:

- Las llamadas 3 M's y 1 P, es decir, Maquinaria, Materiales, Métodos y Personal.
- las llamadas 4 P's, a saber, Personas, Políticas, Procedimientos y Planta.

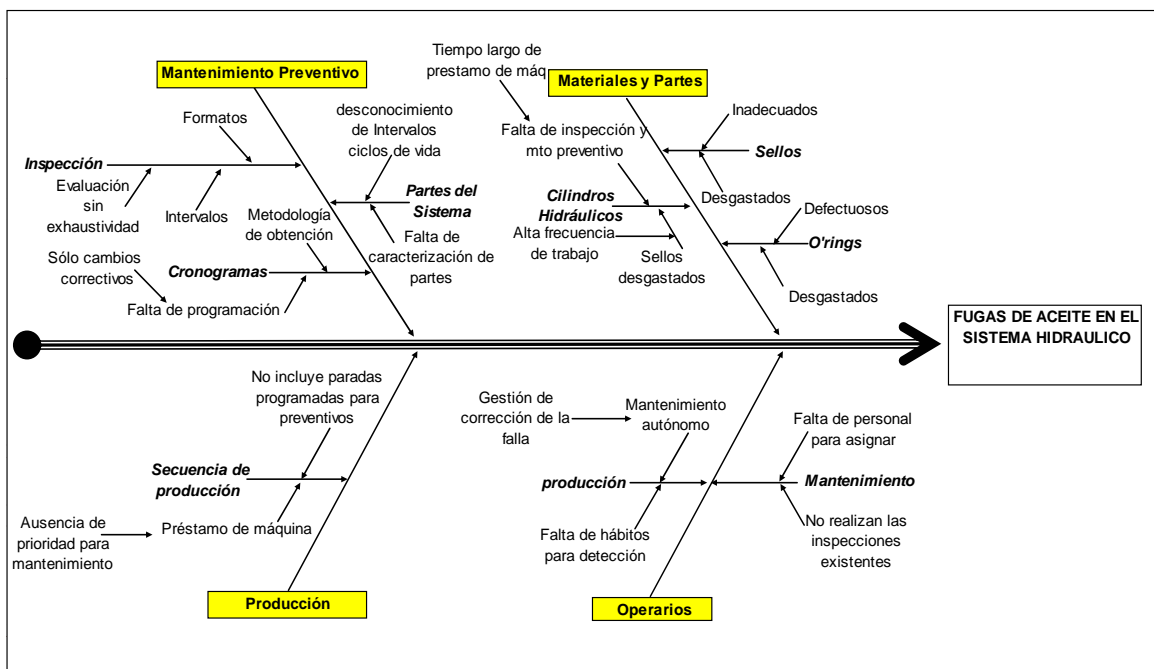
Una variable importante para el desarrollo del TPM y que es considerada en DANA TRANSEJES COLOMBIA como una categoría potencialmente utilizable es el medio. Este se refiere al entorno en que se lleva a cabo los procesos de operación de las máquinas y mantenimiento de las mismas.

Se realizaron lluvias de ideas de las causas del problema por parte del equipo. Este es el paso más importante en la construcción de los diagrama de causa y efecto ya que las ideas generadas en este paso guiarán la selección de

las causas raíz en los problemas. En este paso, es importante anotar que solamente causas, y no soluciones del problema, fueron identificadas.

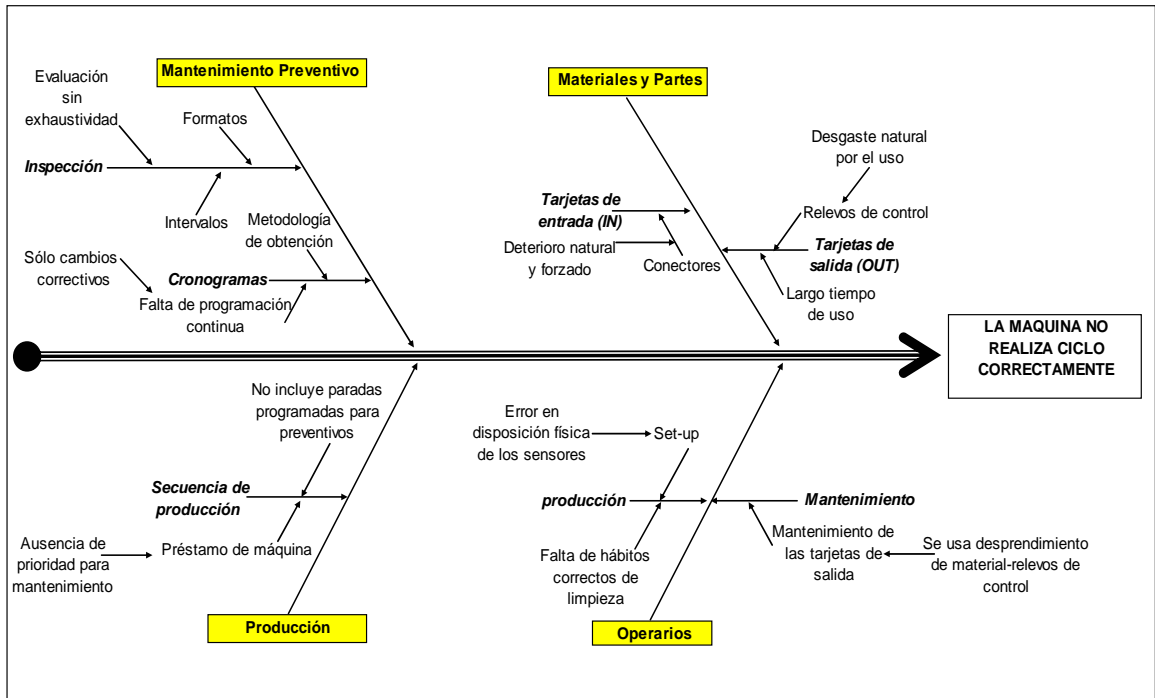
En la figura 43 se muestra el diagrama causa y efecto generado por el equipo de trabajo para el problema número tres, citado en esta sección del capítulo anteriormente para la clasificación mecánica. La falla analizada es la fuga constante de aceite hidráulico en diferentes partes localizadas del sistema hidráulico de la rectificadora de interiores SI-4A.

Figura 43. Ejemplo de un diagrama de causa y efecto utilizado en la metodología para un problema mecánico



En la figura 44 se muestra el diagrama causa y efecto generado por el equipo de trabajo para el problema número dos, citado en esta sección del capítulo anteriormente como clasificación eléctrica-electrónica. La falla analizada es la imposibilidad de la máquina SI-4A para realizar ciclos de trabajo correctamente, es decir, secuencias de trabajo programadas.

Figura 44. Ejemplo de un diagrama de causa y efecto utilizado en la metodología para un problema eléctrico-electrónico

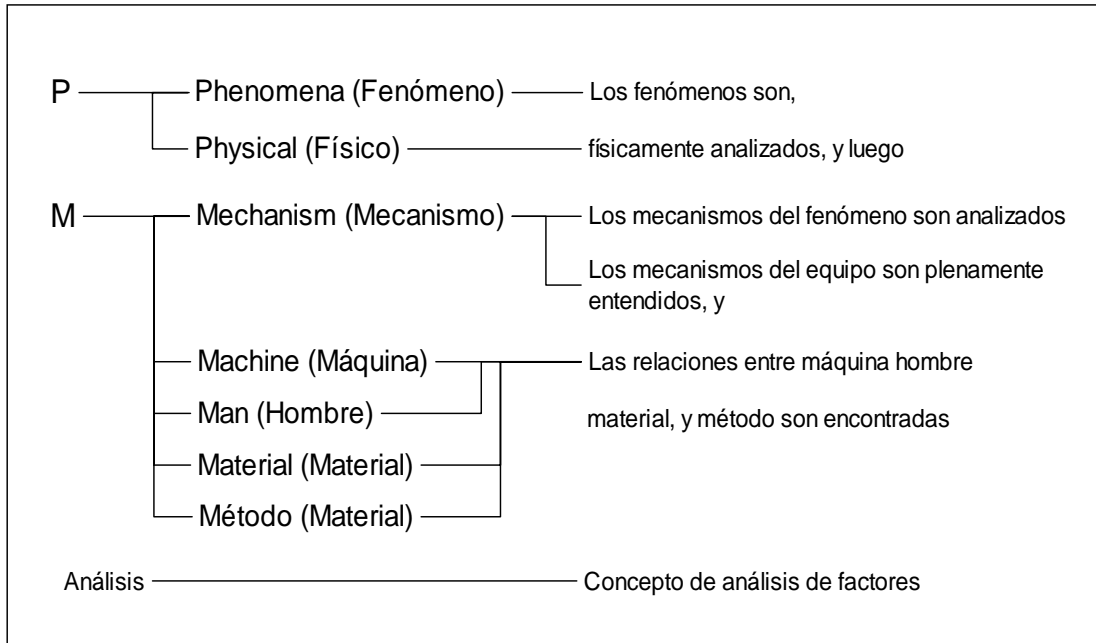


En los anteriores diagramas se plantearon las causas de la forma mas concreta posible, resumiendo la información suministrada por los miembros del equipo. En la fase posterior a la construcción de los diagramas de causa y efecto, es preciso llevar a cabo una recogida de datos posterior, y su pertinente análisis, para llegar a conclusiones sólidas sobre las causas principales de los efectos. En esta fase posterior, el autor del proyecto y el jefe del departamento de mantenimiento, consideraron la utilización del análisis PM.

4.6.2 Análisis PM. Las siglas “PM” en el nombre, no tienen nada que ver con mantenimiento preventivo ó mantenimiento productivo. Como se muestra en la figura 45, la letra P derivada del inglés, se refiere tanto a los fenómenos (Phenomena) como a lo físico (Physical), mientras que la letra M

son las iniciales de Mecanismo (Mechanism), Máquina (Machine), Hombre (Man), Material, y método (Method).

Figura 45. Significado del análisis PM



El análisis PM se define como el “método de analizar físicamente los fenómenos de las fallas crónicas, basados en ciertos principios y reglas, con el fin de revelar el mecanismo de estos fenómenos”. Así, el análisis PM se convierte en una herramienta fundamental para el estudio de los fenómenos generadores de las fallas crónicas, así como el de otros defectos, basados en principios y/o reglas físicas, que ayudan a revelar el mecanismo de los fenómenos y a detallar todos los factores que se consideran causantes o que lo afectan, desde el aspecto de los mecanismos del equipo y el personal inmiscuido en su gestión, además de los materiales de sus componentes y los métodos utilizados. El análisis PM comprende una aproximación analítica y sistemática de los problemas, un análisis de factores para la revisión de todos

los factores del sistema, extraer todos los defectos para alcanzar la meta de cero defectos; y el reducir las fallas crónicas a cero.

En lo que debe hacerse énfasis es que el análisis PM por si solo no es un método de mejoras, pero si es una forma de observar y pensar los problemas. Para la utilización del análisis PM es preciso seguir una serie de etapas, las cuales fueron utilizadas en el desarrollo de este proyecto. Las etapas aplicadas a la rectificadora de interiores SI-4A, como se aclaró anteriormente, son descritas a continuación ilustrando al tiempo el registro de los resultados de su aplicación concretamente.

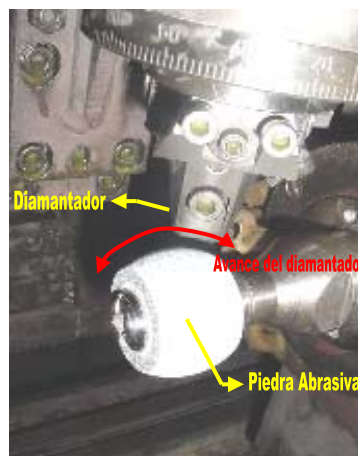
- *Etapas 1*, Clarificación y definición de los fenómenos. Es necesario identificar con precisión y luego estratificar los fenómenos, después de estudiar su apariencia, estado, frecuencia, y variación con respecto al modelo ideal, y verificar si los fenómenos son completamente idénticos o si existen diferencias parciales entre ellos. El punto es analizar los fenómenos cuidadosamente, sin sesgarse por la apariencia superficial de los mismos. Una estratificación insuficiente puede llevar al peligro de cometer errores, es por esto, que esta tarea fue llevada a cabo cuidadosamente durante la elaboración de los diagramas de pareto de cada uno de los cuellos de botella.
- *Etapas 2*, análisis físico del fenómeno. Esto significa, estudiar los fenómenos y sus implicaciones cuando son revisados desde el punto de vista físico. Todos los fenómenos pueden ser explicados de acuerdo a principios y reglas. Los fenómenos son analizados aplicando principios y reglas para encontrar sus significados. La forma de direccionar los factores causantes de las fallas difieren dependiendo de cómo los fenómenos son físicamente entendidos. Es por esto que a través de un estudio lógico de los problemas,

los factores no son ignorados y un análisis sistemático es posible. En este paso, las reglas físicas y las condiciones de cada uno de los procesos en los cuales se está manifestando la falla son estudiadas. A continuación se muestra el resultado de la aplicación de este paso para los dos primeros problemas mecánicos de la rectificadora de interiores SI-4A:

1. Problemas de avance en la operación de diamantado

- **Principio del proceso.** Se diamanta el contorno esférico de la piedra abrasiva de rectificación, mientras esta gira a 18000 rev/min a través del contacto de la punta de acero con los granulos comprimidos de la misma, generando en dos movimientos rotacionales secuéciales el desprendimiento de material abrasivo suficiente para la operación de terminado en el rectificado interior.
- **Reglas del diamantado.** El carro porta-herramienta (piedra abrasiva) permanece inmóvil delante del diamantador, mientras el proceso de diamantado. La figura 46 muestra el avance rotacional del diamantador. El proceso de diamantado se realiza después del desbaste del diámetro interior de cada junta fija y antes del proceso de acabado de la misma.

Figura 46. Avance rotacional del diamantador



Fenómeno de la falla. Existe un movimiento irregular en el avance rotacional del diamantador, el cual deja un contorno ordinario en la piedra abrasiva, que consecuentemente genera una rugosidad irregular y escalonada después del rectificado interior de la pieza, por fuera de las especificaciones de calidad (1,2 micras máximo de rugosidad). Esta falla se hace evidente de manera visual en área señalada en la figura 47.

Figura 47. Área interior de la junta fija afectada en su rugosidad debido al defecto



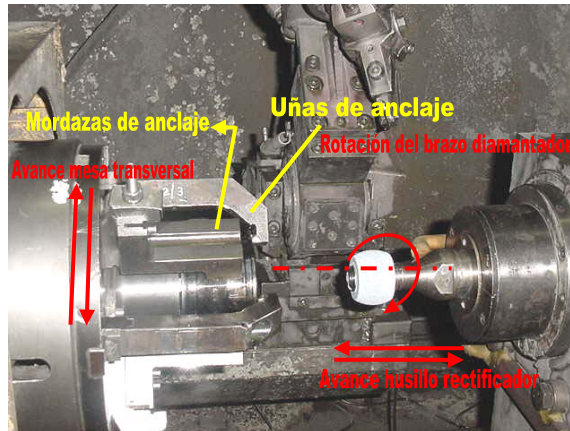
2. Problemas de medida de Run-out en la copa de anclaje

- **Principio del proceso.** Rectificado del diámetro esférico interno de la junta fija utilizando una piedra abrasiva girando a 18000 rev/min.

Reglas del mecanizado. La piedra abrasiva de rectificado avanza hacia la parte interna de la junta fija sujeta al mecanismo de anclaje en un movimiento longitudinal. La junta fija, solidaria mediante su anclaje al movimiento de la mesa transversal, realiza los avances girando a 3600 rev/min en dirección perpendicular al avance de la piedra de rectificado. La mesa transversal compensa la medida de este diamantado en los límites de su avance. La pieza es anclada mediante tres uñas de arrastre solidarias a un plato interno y tres

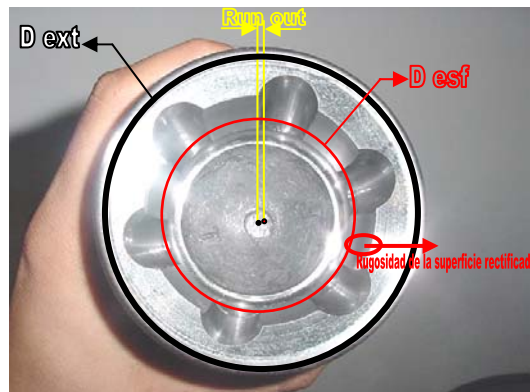
mordazas de sujeción que funcionan por flexión. En la figura 48 se muestra una vista general del montaje de anclaje.

Figura 48. Vista general del anclaje



Fenómeno de la falla. Después de terminada la operación de rectificado interior de la pieza, el operario mide las dimensiones del run-out o diferencia entre los ejes longitudinales del diámetro externo y el diámetro esférico de la junta fija. Con esta operación se comprueba si la medida está dentro de los rangos permisibles por los requerimientos de calidad (0,050 mm máximo). La figura 49 muestra una vista esquemática del fenómeno sobre la pieza.

Figura 49. Vista esquemática del fenómeno sobre la pieza



- *Etapa 3*, condiciones que definen el fenómeno. Este paso se refiere a las condiciones que definen el fenómeno desde el punto de vista de principios para cada caso. El punto es clasificar todos los casos en los cuales el fenómeno debe ocurrir si tales condiciones son detectadas. Es necesario entender completamente el fenómeno físicamente; para descifrar el mecanismo por el cual ocurre y para desarrollar lógicamente las condiciones que definen el fenómeno; y clasificar todos los casos concebibles. Para llevar a cabo las actividades de este paso se diseñó un formato en Microsoft Excel, que permite documentar todos los mecanismos posibles en que una falla puede manifestarse de manera organizada y sistemática. A continuación se presentan las primeras partes del formato llamado “formato PM”, los cuales corresponden a los dos primeros problemas mecánicos de la rectificadora de interiores SI-4A. En estos formatos se incluye información general sobre la máquina y su ubicación, así como también información del personal inmiscuido en el proceso de análisis de los problemas. La tabla 4 corresponde a la falla numero uno del pareto de fallas mecánicas de la rectificadora SI-4A, en la parte izquierda del formato se encuentra definido como problema, seguido inmediatamente de una breve descripción del modo de falla. Para el caso de la falla numero dos del pareto de fallas mecánicas (Ver tabla 5), el problema es más complejo e inmiscuye el análisis de más factores y posibilidades físicas. Para este problema, se estratifican los factores físicos bajo los principios sobre los que estarían ocurriendo, y luego se coloca sus causas inmediatas. Como hemos insistido en el desarrollo de este proyecto, son muchos los factores que deben ser tenidos en cuenta a la hora de analizar los problemas, y debe tratarse de no ignorar ninguno de los factores, para que las acciones correctivas sean verdaderamente efectivas. Hasta este momento se han contemplado las causas inmediatas de cada uno de los problemas, los cuales por supuesto, tienen causas más profundas. Estos formatos fueron

diligenciados para la totalidad de las fallas críticas en todos los cuellos de botella, tanto para las fallas de origen mecánico como para las de origen eléctrico-electrónico. El equipo de trabajo debe consultar todo tipo de información disponible, incluyendo la suministrada por los fabricantes. Por ello, para la rectificadora SI-4A, fueron consultados planos que ayudaron a resolver muchas dudas sobre el mecanismo de las fallas. Un ejemplo de los análisis sobre los planos lo ilustra la figura 50, en donde se hace un análisis concreto para las mordazas de anclaje de la junta fija en la rectificadora de interiores. Este análisis fue incluido en el formato PM de la máquina para la falla mecánica numero dos, en donde se despeja claramente lo que está sucediendo, por el estudio físico hecho sobre los planos.

Tabla 4. Formato PM diligenciado para la primera falla de tipo mecánico SI-4A

Línea	<i>Juntas fijas (RF)</i>	Formato PM
Nombre de la máquina	<i>SI-4A</i>	
Producto o parte	<i>Junta Fija</i>	
Información del personal		
Fecha de preparación	<i>07-Jun-04</i>	
Gerente de la sección	<i>Fabio González</i>	
Coordinador	<i>Victor Campillo</i>	
Equipo de trabajo		
<i>1 Alejandro Serrano</i>	<i>4 Luis Fernando Echávez</i>	Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos
<i>2 Antonio Alvarez</i>	<i>5</i>	
<i>3 Jaime Castillo</i>	<i>6</i>	
Definición de las condiciones		
PROBLEMA	MODO DE FALLA	CAUSA
1. La rugosidad del diámetro esférico rectificado presenta alta irregularidad	*Existe un movimiento irregular en el avance rotacional del diamantador	1.1 El torque suministrado por el cilindro hidráulico es insuficiente y la velocidad del diamantador inadecuada

Figura 50. Análisis de los planos del plato de mordazas, rectificadora SI-4A

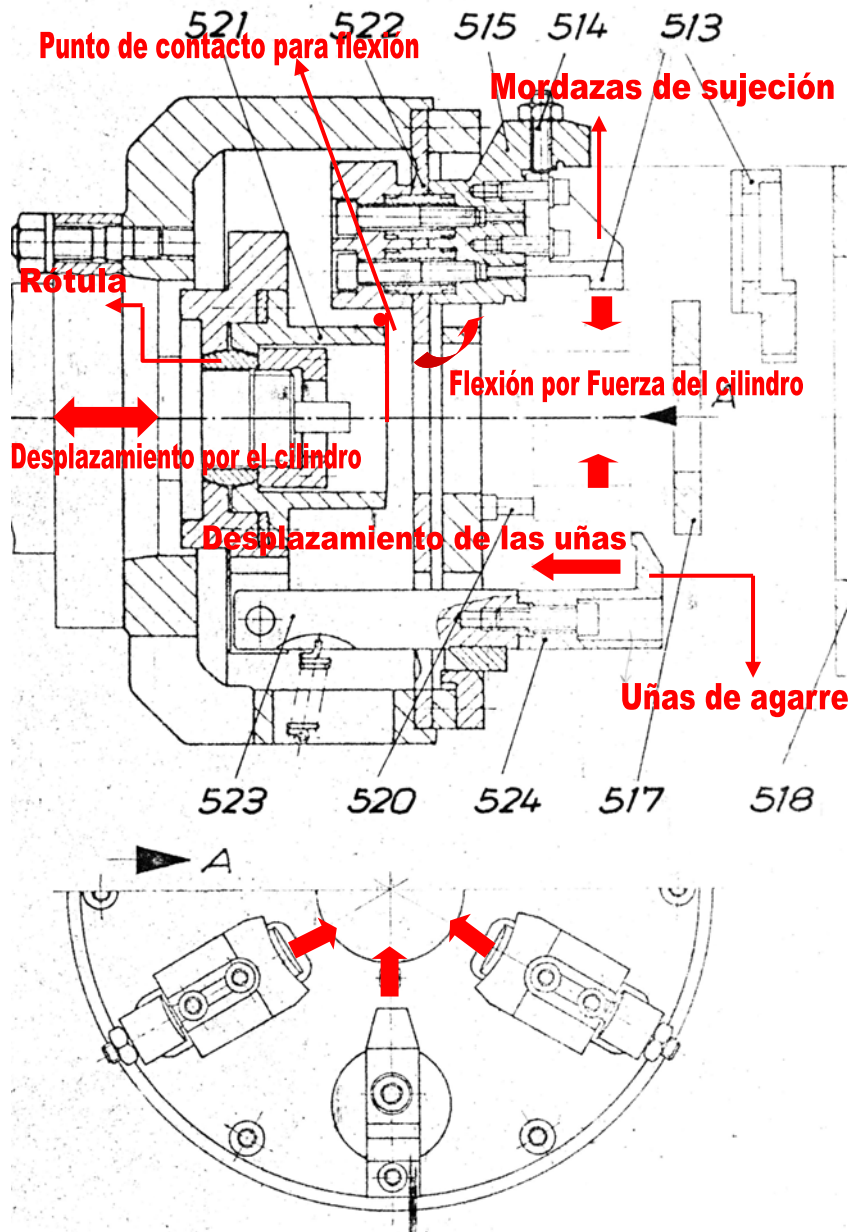


Tabla 5. Formato PM diligenciado para la segunda falla de tipo mecánico SI-4A

Línea	<i>Juntas fijas (RF)</i>	Formato PM
Nombre de la máquina	<i>SI-4A</i>	
Producto o parte	<i>Junta Fija</i>	
Información del personal		
Fecha de preparación	<i>07-Jun-04</i>	
Gerente de la sección	<i>Fabio González</i>	
Coordinador	<i>Victor Campillo</i>	
Equipo de trabajo		
<i>1 Alejandro Serrano</i>	<i>4 Luis Fernando Echávez</i>	Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos
<i>2 Antonio Alvarez</i>	<i>5</i>	
<i>3 Jaime Castillo</i>	<i>6</i>	
Definición de las condiciones		
PROBLEMA	MODO DE FALLA	CAUSA
1. El centro de la pieza se mueve dentro del mecanismo de anclaje	* Existe un ligero movimiento en una de las uñas de sujeción	1.1 La Fuerza del cilindro es insuficiente para mantener las uñas ajustadas fuertemente. (Medir con comparador antes y después del rectificado el descentrado)
	* La pieza no queda anclada correctamente durante la operación por las uñas de agarre.	1.2 Mecanismo de empuje para anclar la pieza no lo hace sincronizadamente. (Medir con comparador antes y después del anclado)
	* La pieza no queda centrada correctamente al cierre de las mordazas principales	1.3 Las mordazas no tienen las medidas correspondientes en el lugar de contacto con la pieza
	* La pieza no queda centrada correctamente por movimiento de todo el conjunto completo del husillo	1.4 Rodamientos del movimiento del husillo presentan movimiento radial. (Medir con gages el valor, el cual no debe exceder 0,001 mm)

- **Etapa 4**, estudio de las relaciones entre las fallas y equipos (incluyendo dispositivos y herramientas), materiales, métodos. Es necesario realizar un estudio de las relaciones entre cada uno de los modos de fallas con los equipos, dispositivos/herramientas, materiales, y métodos de trabajo, y listar los factores relacionados en las relaciones causa-efecto. En el mismo formato

PM utilizado para la aplicación del paso anterior, una vez fueron descifrados los modos de falla de cada uno de los fenómenos, estos fueron relacionados directamente con partes específicas de los equipos y la gestión de los mismos. También debe clarificarse la conexión entre la variación de los factores con los fenómenos y condiciones, y extraer los factores concebibles. El estudio de los equipos debe llevarse hasta el nivel de las partes constituyentes. Además, los factores individuales pueden afectar cada condición constituyente en forma de superposición como se advirtió en la parte inicial de este capítulo. En las tablas 6 y 7 se muestran las continuaciones de las tablas 4 y 5 sucesivamente para las fallas uno y dos del pareto de fallas mecánicas. En estas tablas se complementan las relaciones causa-efecto de los diferentes modos de fallas, bajo los cuadros que titulan de seguido la frase “por qué”. Las fallas y los diferentes factores causantes de las mismas poseen una nomenclatura que relaciona su continuidad.

Tabla 6. Continuación formato PM primera falla mecánica en la rectificadora de interiores SI-4A




(Espacio para bosquejo físico de los problemas)		
Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos		ACCIONES DE CORRECCION
POR-QUE	POR-QUE	
1.1.1 No se alcanza la presión requerida para la operación	* Fugas en la parte superior e inferior del cuerpo del diamantador	* Cambiar sello * Determinar frecuencias acertadas para inspección y mantenimiento preventivo del brazo hidráulico

Tabla 7. Continuación formato PM segunda falla mecánica en la rectificadora de interiores SI-4A

(Espacio para bosquejo físico de los problemas)		 
Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos		
POR-QUE	POR-QUE	
1.1.1 Daño en la bomba hidráulica	* Sello y retenedor defectuoso por falta de mantenimiento preventivo	
1.1.2 Daño en una o varias válvulas del sistema	* Conmutación defectuosa con paso a tanque * Fugas por deterioro de sellos	
1.2.1 Desgaste en la rótula y tuerca interna pertenecientes al mecanismo.	* Falta de lubricación o inclusión de partículas extrañas	
1.2.2 Plato porta-uñas vencido o partido	* Fatiga del material	
1.3.1 Desgaste de estas superficies	* Tiempo de uso	
1.4.1 Desgaste de los rodamientos	* Falta de lubricación o inclusión de partículas extrañas	
	* Alta exigencia en frecuencia y cargas	
		ACCIONES DE CORRECCION
		* Comprobar los daños en la bomba en un banco hidráulico diferente y realizar mantenimiento correctivo en caso afirmativo.
		* Desmonte e inspección de válvulas con mantenimiento correctivo donde aplique
		* Cambio de sellos. * Establecer frecuencias acertadas de inspección y mantenimiento preventivo programado
		* Demonte y cambio de rótula. (Medición de las dimensiones para comprobar desgaste) * Desmonte, rectificado o cambio de tuerca.
		* Cambio del plato y partes por repuesto con sistema original
		* Rectificar la superficie de contacto con la pieza en las mordazas. (Comprobar medidas con gages de medición)
		* Desmonte e inspección de los rodamientos y asientos en el montaje del husillo. * Ajuste y alineación de los rodamientos
		* Establecer frecuencias acertadas para inspección y mantenimiento preventivo del desempeño de los rodamientos.

- *Etapa 5*, estudio del método de investigación. Para cada factor específicamente debe estudiarse el método de comprobación, método de medición, el rango de comprobación, y los ítems a comprobar. Si observamos la tabla 5, en las casillas donde aparece la causa, cada uno de los defectos

tiene definido la forma en que se hace evidente el defecto. Esto garantiza la veracidad de la existencia del defecto, y que no sea ignorado en el análisis.

- **Etapa 6**, preparación de los planes de mejora (acción). Debe prepararse un plan de mejoramiento para cada falla. Si observamos las acciones de corrección incluidas en las tablas 6 y 7, observamos que muchas tienen que ver con la modificación del mantenimiento preventivo y los hábitos de inspección. Lo más importante, es que los nuevos estándares de mantenimiento, están basados sobre puntos y partes de la máquina críticos, y donde a través del estudio del mecanismo de las fallas en estos puntos, se asegura que se actúa en lugares claves y necesarios. El orden de prioridad que tengan las acciones, el registro de las mismas y el nivel de éxito como resultado de su implementación debe ser definido. Para tal fin, se propone la implementación del análisis de modos y efectos de falla, como el paso siguiente que responda a estas expectativas dentro de la metodología general (ver figura 22).

Para el desarrollo del análisis PM para el resto de equipos, el lector puede remitirse al anexo H donde encontrará tablas para el torno Detroit y el torno Dubied II.

4.7 ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

El *paso 4* (ver figura 22) de la metodología general es la implementación del análisis de modos y efectos de falla (AMEF). El AMEF es un proceso sistemático para definir, identificar, priorizar y eliminar fallas conocidas o potenciales del diseño de un producto, operación de un sistema o de un proceso, con el propósito de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

La propuesta del autor del proyecto y del jefe de mantenimiento se basa en que esta técnica parte del supuesto de que se va a realizar un preventivo para evitar las averías, mientras que otras técnicas se dedican a evaluar las situaciones anormales una vez han ocurrido. El AMEF se ha introducido en las actividades de mantenimiento industrial gracias al desarrollo del mantenimiento centrado en la fiabilidad o RCM (Reliability Center Maintenance), el cual lo utiliza como una de sus herramientas básicas. En un principio se aplicó al sector de la aviación (Plan de mantenimiento de las aeronaves de la NASA, plan de mantenimiento del Jumbo 747) y debido a su éxito, se difundió en el mantenimiento de plantas térmicas y centrales eléctricas. Hoy en día, el AMEF se utiliza en numerosos sectores industriales y se ha asumido como una herramienta clave en varios de los pilares del Mantenimiento Productivo Total.

Las fallas que ya han ocurrido y que han sido registradas, deben tener apropiadas actividades de seguimiento para evitar su nueva ocurrencia y la apropiada documentación para hacer útil su retroalimentación.

Los objetivos del AMEF son los siguientes:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto
- Priorizar los problemas y estratificarlos de acuerdo a ciertos criterios.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema

- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

Para realizar un AMEF se requiere un equipo de personas con el compromiso de mejorar los procesos y la calidad de los productos, además que esté relacionado directamente en este caso con las actividades de mantenimiento.

Inicialmente, son los operarios de mantenimiento los llamados a implementar las actividades derivadas de la aplicación del AMEF debido al conocimiento necesario sobre las especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño de los equipos.

El formato AMEF es mostrado en la tabla 8. Este contiene todos los requisitos que exige la norma SAE-J1739 y nos muestra una idea global del tipo de datos necesarios para su buen uso y diligenciamiento. En la primera parte del formato, se piden los requerimientos del proceso, que para el caso de mantenimiento se convierten precisamente en las fallas que no deben ocurrir o deben corregirse en los equipos, el modo de falla, efectos de falla, el índice de severidad, las causas potenciales, el índice de ocurrencia, los actuales controles de detección y prevención, proceso, índice de detección y valor de RPN. La segunda parte del formato contiene la descripción de las medidas propuestas para la corrección, la fecha de compromiso, y los espacios para repetir la valoración de los criterios en los momentos de seguimiento, con el fin de recalcular el RPN una vez las acciones se hayan implementado.

Tabla 8. Formato general del AMEF

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (PROCESO AMEF)										Número de AMEF <u>1</u>							
Item <u>Junta Fija</u>										Página <u> </u> de <u> </u>							
Responsabilidad del proceso <u>TECMAIND</u>										Preparado por <u>Luis Fernando Echávez</u>							
Código de la máquina <u>01015</u>										Fecha clave <u>14/07/04</u>							
Fecha AMEF (Ori <u>14/07/04</u> (Rev) <u>14/07/2004</u>)																	
Equipo principal <u>TECMAIND Jaime Castillo Victor Campillo</u>																	
PROBLEMA	Modo de Falla	Efecto(s) de Falla	S e v e r	C I a s	Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo(s) de Falla	O c u r r	Actuales Controles de Prevención y detección	Proceso donde se detecta el defecto	D e t e c	R P N	Medida(s) Propuesta(s)	Responsable(s) & Fecha de compromiso de cumplimiento	Resultado(s) de las acciones				
													Acciones tomadas	S e v e r	O c u r r	D e t e c	R P N
El centro de la pieza se mueve dentro del mecanismo de anclaje	Movimiento en las tuñas de sujeción	Variación del Run-out por fuera de las especificaciones	9		Falla en la bomba	8	Ninguno	Rectificado junta fija	9	648	*Verificar funcionamiento en otro banco *Mantenimiento preventivo y correctivo de la bomba y válvulas hidráulicas.						
	La pieza queda mal anclada	Variación del Run-out por fuera de las especificaciones	9		Defectos en el mecanismo de anclaje	8	Ninguno	Rectificación junta fija	9	648	* Demonte y cambio de rótula. (Medición de las dimensiones para comprobar desgaste) * Desmante, rectificad o cambio de tuerca.						
	La pieza no queda centrada correctamente por movimiento de todo el conjunto completo del husillo	Variación del Run-out por fuera de las especificaciones	9		Movimiento radial en los rodamientos	8	Ninguno	Rectificado de la junta fija	9	648	*Desmante, inspección y alineación de los rodamientos del husillo.						

4.7.1 Relación entre el AMEF y la gestión de mantenimiento. Uno de los objetivos específicos del AMEF es priorizar los modos de falla identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo, o NPR (en inglés “Risk Priority Number”, RPN). Es decir, dentro del grupo de problemas analizados en los análisis PM es posible realizar una priorización y hacer un seguimiento sistemático. Existen tres criterios que permiten definir la prioridad de las averías:

- **Severidad.** Es el grado de efecto o impacto de la falla en el equipo
- **Ocurrencia.** Es la frecuencia que presenta la falla.
- **Detección.** Es el grado de facilidad que posee la falla para su identificación.

El número de prioridad de riesgo (NPR o RPN) es igual al producto numérico entre los tres criterios severidad, ocurrencia y detección. Existen diferentes formas de evaluar estos tres criterios, la forma más usual, la cual fue utilizada durante el desarrollo de este proyecto, es en escalas numéricas llamadas “criterios de riesgo”. Estos criterios, que también pueden ser cualitativos, están entre el valor 1 y 10. Esta escala es fácil de interpretar y precisa para evaluar los tres criterios. El valor inferior de la escala se asigna a la falla que tenga menor probabilidad de ocurrencia, menos consecuencias y la mayor facilidad de identificación. En igual forma, el mayor valor se le asignará a las fallas de mayor frecuencia de aparición, donde las consecuencias de ocurrencia son muy graves y cuya identificación sea de gran dificultad.

Los criterios de severidad, ocurrencia y detección propuestos durante el proyecto por el autor, con el fin de guiar la aplicación de la herramienta por parte de los operarios o técnicos de mantenimiento se encuentran en el anexo I. En base a esta propuesta se estandarizan criterios y se asegura la buena aplicación de la herramienta. Una vez se tengan todas las acciones de corrección derivadas de los análisis PM, estas deben extraerse y ser sometidas a un AMEF para completar el *paso 4* de la metodología (ver figura 22). La tabla 9 contiene parte del AMEF aplicado al segundo problema mecánico de la rectificadora de interiores SI-4A, “variación de la medida del run-out en la junta fija”. Se puede observar que el número RPN es 648, producto de los índices 9 de *severidad*, 8 de *ocurrencia* y 9 de *detección*. Al revisar las escalas de los criterios propuestos en este proyecto, fueron asignados los valores de los índices. Cuando alguna falla analizada en los análisis PM posee un RPN menor de 648 para una misma máquina, esta tiene menos prioridad de intervención. Si al ser intervenida la falla cuyo RPN es de 648, y al aplicarle nuevamente el AMEF de seguimiento se encuentra que su RPN se ha reducido por ejemplo a 400, entonces se procede a intervenir aquellas fallas cuyo RPN se encuentre por encima de 400. En un ciclo que intenta reducir permanentemente los RPN de todas las fallas, y registrar las partes de la máquina críticas que han sido intervenidas.

4.7.2 Aporte del AMEF a la metodología de mantenimiento. Para la aplicación de los análisis de modos y efectos de falla, se desarrolló una herramienta que ayudara a la sistematización de los procesos. Se adaptó un software programado en Microsoft Excel utilizado para la elaboración de los AMEF en la parte de procesos de DANA TRANSEJES COLOMBIA a la gestión de mantenimiento planeado y el seguimiento principalmente de los cuellos de botella. En los AMEF diligenciados para la totalidad de las fallas

analizadas para las máquinas, reposan los responsables por parte del equipo de mantenimiento en implementar las mejoras, y la fecha en que se comprometen a intervenir los equipos para llevar a cabo las labores planificadas. El software facilita las labores de seguimiento a las actividades en la medida en que permite cada vez que se ingresa mirar las fechas en que se tienen actividades de corrección pendientes, y además tiene la capacidad de organizar las fallas desde los RPN más altos a los bajos, priorizando automáticamente, cuales son las actividades que deben implementarse de carácter urgente hasta llegar a las menos urgentes. La imagen del software correspondiente a la figura 51 muestra la pantalla principal después del acceso al software y de haber hecho click para llenar el encabezado del formato, en un menú ubicado en la barra de la parte izquierda donde también se incluyen iconos que permiten sucesivamente acceder a un nuevo formato para cada una de las máquinas cuellos de botella, colocar líneas para separar el diligenciamiento de una falla a otra, acceder a la tabla de criterios de severidad, acceder a la tabla de criterios de ocurrencia, acceder a la tabla de criterios de detección, abrir la ventana para guardar los formatos diligenciados en la memoria del computador, organizar las fallas para una máquina de mayor a menor RPN, observar las fechas de seguimiento, ver formatos guardados y una opción final de ayudas. En el anexo N también se encuentra adjunto un pequeño diagrama de flujo que ilustra la secuencia del software desarrollado en Excel. La figura 52 muestra el recuadro para la opción de llenado de los datos totales del AMEF. Con esta herramienta los operarios pueden priorizar, planificar y hacer seguimientos de las máquinas cuellos de botella de forma organizada y estratégica y lo más importante: “Se priorizan las partes de las máquinas que son intervenidas y cuyo monitoreo e intervención debe incluirse en los nuevos estándares de mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas”

Figura 51. Vista general del software, recuadro para llenado del encabezado

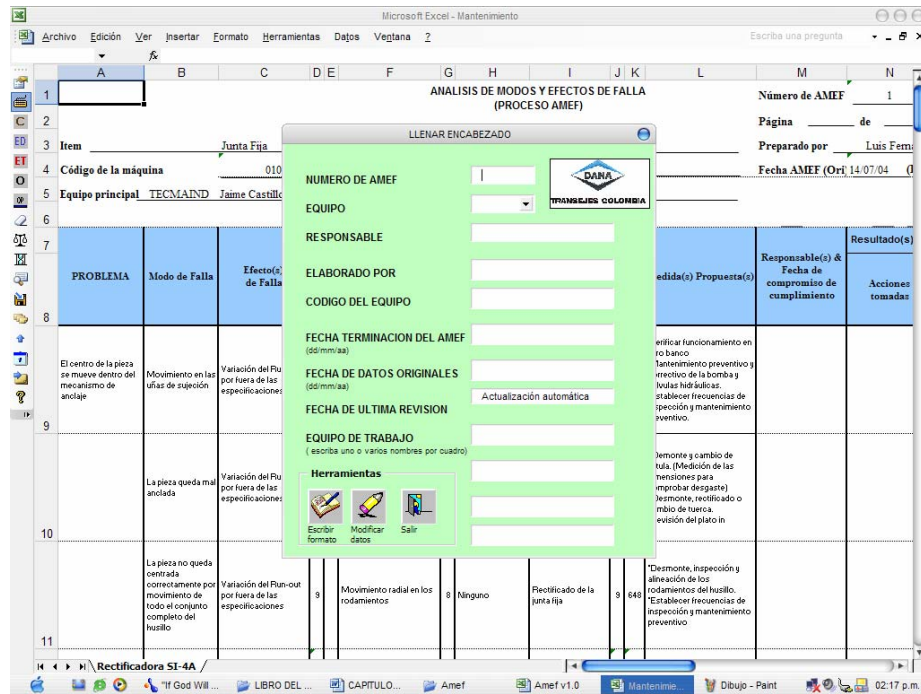
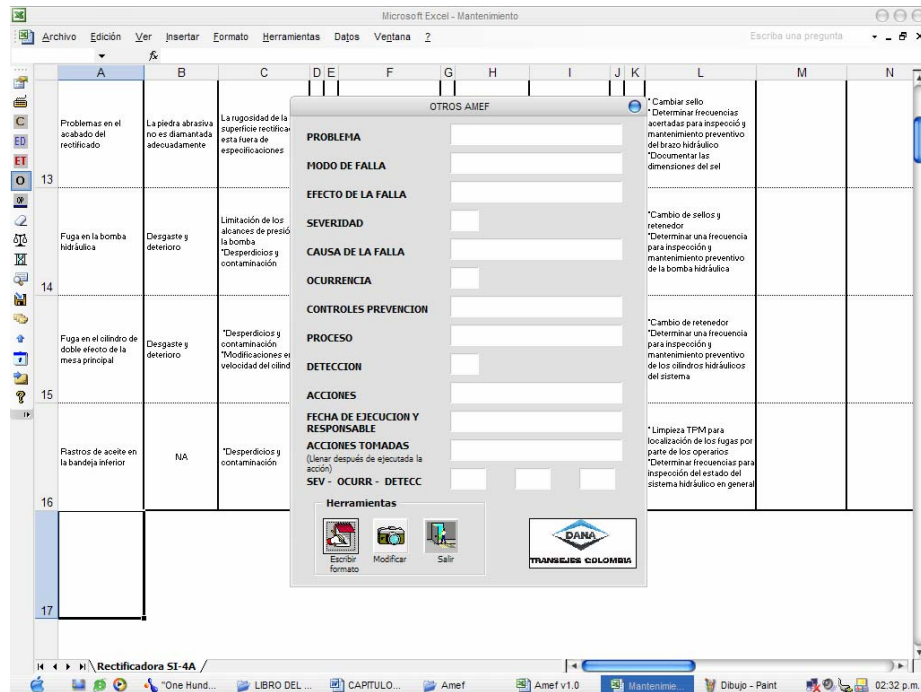
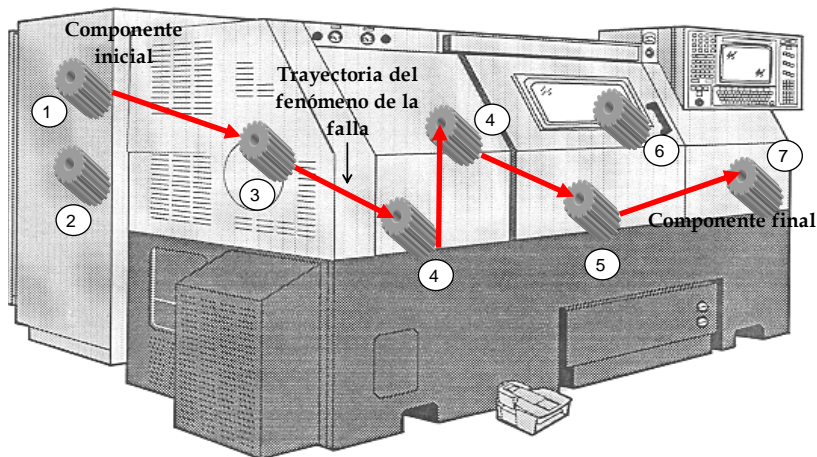


Figura 52. Vista general del software, recuadro para llenado de la totalidad de los datos del AMEF



Una vez se han descifrado los mecanismos de los fenómenos correspondientes a las fallas críticas en los equipos cuellos de botella, se tiene la información clave para la recuperación de las condiciones básicas de las máquinas. La figura 53, esquematiza las diferentes partes que contiene una máquina. Con el análisis PM, se identificaron y registraron claramente las trayectorias de las fallas en los equipos y los componentes que afecta en su camino, clarificando las relaciones de causa y efecto. Para efectos del ejemplo, si suponemos que la máquina tiene 7 componentes, los análisis demostraron que hay que concentrarse en los componentes 1, 3, 4, 5 y 7, que están siendo afectados repetitivamente por los fenómenos de fallas. El orden en que estos componentes deben ser intervenidos lo definen los resultados del análisis AMEF, el cual, de acuerdo a los RPN prioriza y registra las actividades de corrección. Estos componentes críticos identificados y registrados para cada máquina en su estructura mecánica y eléctrica-electrónica extraídos de los dos análisis anteriores generan el llamado “Esquema de puntos críticos” definido en la metodología general (ver figura 22) como *paso 5*. Estos, son la base para la programación y el rediseño de los actuales estándares del actual mantenimiento preventivo en la planta DANA TRANSEJES COLOMBIA.

Figura 53. Esquema de puntos críticos en una máquina



4.8 PLAN MAESTRO PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO


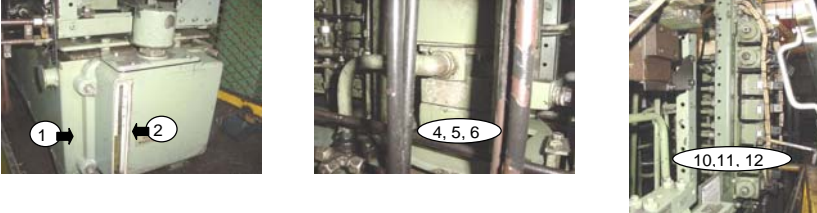

El *paso 6* incluido en la metodología general (ver figura 22) se denomina elaboración del plan maestro de mantenimiento preventivo. Este se define como el conjunto de actividades de inspección y servicio programadas para los equipos en la planta, inicialmente cuellos de botella, en base a los análisis previos y el diagrama de puntos críticos de las máquinas. El *paso 7*, denominado como tabla de tiempos dentro de la metodología general, no es más que la generación de cronogramas que contengan las frecuencias específicas para dichas actividades de inspección y servicio. Es importante aclarar la diferencia entre inspección y servicio, incluyendo en la segunda actividad aparte del simple monitoreo, el cambio de partes, ajuste de componentes mecánicos, desarme para monitoreo interno y verificación de desgaste de los equipos, y donde aplique, intervenciones al sistema hidráulico y al sistema eléctrico-electrónico. Para llevar a cabo ambas actividades, se utilizan dos herramientas: Fichas de inspección y fichas de servicio. Ambos tipos de fichas, tienen a su vez sub-división mecánica y eléctrico-electrónico.

4.8.1 Determinación de los puntos y frecuencias de inspección. Las fichas de inspección propuestas para el rediseño de las actividades del mantenimiento preventivo cambiaron totalmente el formato existente en DANA TRASEJES COLOMBIA, referenciado en la sección 3.4.1 de este libro. Estas contienen, a diferencia de las antiguas, el componente de la máquina que debe ser monitoreado acompañado de una guía visual, el ítem específico al que debe remitirse el operario realizando la inspección, el procedimiento que debe realizarse durante cada inspección, un criterio claro sobre el cual

diferenciar las condiciones ideales de las anormales y finalmente un espacio para la confirmación del estado del ítem y la generación de la orden de trabajo en caso de ser necesaria. Obviamente cada ficha de inspección contiene la información adicional acerca de la máquina, línea, fechas de inspección, etc. Los puntos de inspección, son claramente extraídos del esquema de puntos críticos resultante para cada máquina. En cada ficha, deben analizarse y desglosarse cada uno de los elementos o ítems de los componentes críticos de cada máquina, de tal forma que los operarios de mantenimiento puedan tener información del estado ideal en el que deben estar cada uno de estos componentes, basados en evidencias reales resultantes de todo el análisis llevado a cabo durante los *pasos 1, 2, 3 y 4* (ver figura 22). Este proceso se hizo fácil, en la medida en que se extrajeron todos los componentes que fueron intervenidos o programados a intervenir en los formatos AMEF, y que nacieron de las acciones correctivas resultantes de los análisis PM. Estos son los componentes que hoy en día son importantes y decisivos en el desempeño de las máquinas, y hacen de los nuevos estándares de mantenimiento preventivo, una programación de actividades muy bien enfocada y actualizada sobre la condición real de los equipos. “Una programación de actividades de mantenimiento preventivo basada en la condición real de los equipos y enfocada hacia la medición de sus resultados productivos y de calidad”.

Para la rectificadora de interiores SI-4A, se observa una ficha de inspección en la figura 54. Esta contiene además de los datos ya descritos, una denominación por letra (tipo “A”) la cual la diferencia de las demás fichas de inspección para la misma máquina, no sólo en el contenido de actividades y puntos a intervenir, sino en frecuencia de aplicación.

Figura 54. Ficha de inspección "A", rectificadora SI-4A

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION A Rectificadora SI-4A		MS EL EQUIPO EFICIENTE!		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:			
		Victor Campillo	Fecha de revisión:			
Sistema Hidráulico		Preparado por:	No. De revisión:			
		Luis Fernando Echávez	Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Tanque	1	Conexiones	Inspección visual	No existencia de fugas		
Tanque	2	Gauge de aceite	Inspección visual	Buen estado y visibilidad nivel de aceite		
Tanque	3	Puerto de alimentación de aceite	Inspección visual	Buen estado y filtro interno de aceite limpio		
Bomba	4	Pulsación y sonidos anormales.	*Inspección durante condiciones de trabajo y condiciones normales	Manómetro marcando presión sostenida No existencia de sonidos anormales		
Bomba	5	Sonido anormal en rodamientos	*Contacto directo con la bomba (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.		
Bomba	6	Calor disipado de la bomba	*Contacto directo con la bomba (Tacto)	Temperatura dentro de los rangos normales de funcionamiento.		
Acople del motor	7	Pulsación y sonidos anormales.	Contacto directo (Audición)	No existencia de sonidos anormales		
Motor	8	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.		
Motor	9	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas		
Válvula de control de presión	10	Manómetro	Inspección visual	*Existencia de fugas y valor de la presión dentro del rango adecuado y/o permisible (Pn=1,5 Mpa)		
Mangueras y tuberías	11	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas		
Válvulas direccionales	12	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas		
Válvulas de control de flujo	13	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas		
Válvulas de control de presión	14	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas		
Manómetro	15	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas *Deterioro excesivo		
						

Para incluir la totalidad de los componentes críticos de las máquinas cuellos de botella en las actividades de inspección del mantenimiento preventivo, se diseñaron 6 fichas de inspección denominadas sucesivamente como A, B, C, D,

E y F. Cada ficha incluye partes y componentes distintos de la máquina, los cuales fueron organizados a criterio del autor y son monitoreados en base a frecuencias igualmente distintas. Para establecer las frecuencias de cada ficha se recurrió básicamente al conocimiento y la experiencia de los operarios de mantenimiento y al análisis de cuadros de frecuencias de fallas. Es decir, cada una de las fallas que aparecen en los diagramas de paretos construidos en base al registro de las fallas de las máquinas cuellos de botella presenta también una frecuencia de ocurrencia o incidencia en los mismos componentes, la cual se sacó de la hoja de vida. Si tenemos datos de cada una de las máquinas para los últimos dos años, sabemos que este tiempo es equivalente a 24 meses. Si además sabemos el número aproximado de paradas en la máquina para una misma falla, podemos averiguar el tiempo promedio que dura cada falla en aparecer en la máquina dividiendo estos 24 meses entre el número de la frecuencia de ocurrencia (número de veces). Este ejercicio realizado para cada una de las fallas es conocido como análisis de cuadros MTBF (Mean Time Between Failures) por falla. MTBF traduce tiempo promedio entre fallas que en este caso es muy diferente al definido en el capítulo 6. Este análisis es por falla, a diferencia del indicador MTBF por máquina, el cual no distingue entre fallas y cuya descripción extensa se encuentra en el capítulo 6. Para el caso de la rectificadora de interiores SI-4A el cuadro MTBF está registrado en la tabla 9. En este cuadro, se puede observar que la falla número tres por ejemplo, “fallas en el sistema hidráulico”, aparece con una frecuencia de aparición de 4 meses en promedio, ya que 24 meses divididos en 8 veces de aparición, es igual a un promedio de ocurrencia cada 3 meses. Para una inspección profunda y para mayor seguridad del monitoreo de su desempeño, por criterio de los operarios de mantenimiento, la frecuencia de inspección de los componentes del sistema hidráulico fue programado cada 3 meses. Este ejercicio fue realizado para las


tres máquinas cuellos de botella, y para la totalidad de las fallas tanto de tipo mecánicas, como de tipo eléctrica y electrónica.

Tabla 9. Cuadro MTBF por fallas para la rectificadora SI-4A

MAQUINA	SI-4A		
	FALLAS MECANICAS (2 últimos años)	TIEMPO DE PRUEBA=24 MESES	FRECUENCIA DE OCURRENCIA (VECES)
Problemas de avance en el diamantado	24	3	8
Problemas de Run out en copa de anclaje, causa variación de diámetros	24	7	3,43
Fuga de aceite hidráulico en diferentes partes del sistema	24	5	4,8
Fugas en el cilindro de anclaje	24	2	12
Fuga en el cilindro de la mesa	24	1	24
Fugas en sistema de refrigeración	24	3	8
Manguera del diamantador rota	24	1	24
Ruido en el husillo por defecto interior	24	1	24
Carro transversal se salió del Sin-Fin y no existe control electrónico	24	2	12
Husillo se apaga por calentamiento	24	1	24
Extractor tapado	24	2	12
Suprimir caja y nivel. Falla en el moto-reductor que transporta el filtro	24	1	24
Máquina no desancla	24	1	24
La pieza se quema en el rectificado	24	1	24
Fuga de aceite por el diamantador	24	1	24
Variación en el diamantado, sistema de anclaje se mueve	24	1	24
Máquina no ancla	24	2	12
La máquina no desancla debido a presión baja	24	1	24
Interrupción del ciclo de perfilado por falla en el regulador	24	1	24
No funcionan las mordazas, variación de alturas	24	1	24
Extractor no funciona	24	1	24

Este tipo de cuadros, sumado a la experiencia de los operadores de mantenimiento y su conocimiento sobre las máquinas, generó la propuesta de un cronograma de inspecciones por máquina, cuyo resultado para la rectificadora SI-4A está registrado en la tabla 10 de frecuencias. Esta contiene la totalidad de las fichas programadas para su aplicación en un año, esquematizadas en cuadros que contienen su denominación A, B, C, D, E o F; organizadas de acuerdo a su frecuencia de aplicación en 12 meses (equivalente a un año). Por ejemplo la *ficha "A"* de la figura 54, se aplica cada 3 meses. En la parte izquierda de la tabla, se encuentra de forma resumida los componentes que contienen cada ficha y una idea de los criterios de inspección más comunes.

Tabla 10. Cronograma general de inspección para la rectificadora SI-4A

T.P.M.		FRECUENCIAS DE INSPECCION Rectificadora SI-4A										 EL EQUIPO EFICIENTE!	
MESES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DETALLES													
PARTE DEL EQUIPO	TRABAJO DE MTO.												
Sistema Hidráulico Tanque Filtro Bomba Tuberías Válvulas Acumulador	INSPECCION Fugas Ruido Desempeño Temperatura Presión Sucio			A			A			A			A
Diamantador Sistema Hidráulico Mangueras cilindros	INSPECCION Fugas Estado			B			B			B			B
Máquina Motores Eléctricos Motor (Bomba) Motor (Husillo-pieza) Motor (Mesa Transversal/avances) Motor (Husillo-rectificador) Motor (Bomba-refrigerante)	INSPECCION Desempeño Lubricación Rodamientos Temperatura				C				C				C
Sistema de Refrigeración Tanque Bomba Mangueras Tuberías	INSPECCION Fugas Estado	D				D				D			
Sistema de lubricación Unidad de mantenimiento Dispositivos de lubricación	INSPECCION Fugas Estado Llenado	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Sistema de control Conectores (Racks) de las tarjetas in/out Relevos del circuito de control Circuito de control de temperatura Aire acondicionado	INSPECCION	F		F		F		F		F		F	



El resto de *fichas de inspección* (B, C, D, E y F) para la rectificadora de interiores SI-4A, se encuentran en el anexo J. Para el torno Detroit, las propuestas de cronogramas de frecuencia para inspección, así mismo como las *fichas de inspección* diseñadas como resultado de todo el análisis descrito durante el desarrollo del proyecto, está adjunto en el anexo K. Finalmente, para el torno Dubied II, las propuestas de cronogramas de frecuencia para inspección, así mismo como las *fichas de inspección* diseñadas como resultado de todo el análisis descrito durante el desarrollo del proyecto, está adjunto en el anexo L.

4.8.2 Determinación de las actividades y frecuencias de servicio durante las paradas planificadas. Paralelo y complementario a las actividades de monitoreo e inspección periódica de las máquinas, se deben realizar actividades de servicio preventivo (cambio de partes, corrección de defectos, ajuste de componentes, alineación, etc.). Estas actividades tienen el objetivo de corregir defectos, prevenir tempranamente las averías y devolver a los equipos las condiciones operativas ideales para garantizar la confiabilidad y la calidad en las actividades de producción. Este tipo de actividades son quizás, las más necesarias en los equipos cuellos de botella debido al estado de deterioro forzado en el que se encuentran. Como se señaló en la sección 3.4.1 de este libro, no existía distinción entre inspección y servicio en los estándares de mantenimiento iniciales en DANA TRANSEJES COLOMBIA. Con el desarrollo de este proyecto, se pretende generar estándares de mantenimiento preventivo que respondan a las necesidades actuales de los equipos y cuyo proceso piloto de obtención, sirva de base para la recuperación de las condiciones ideales del resto de máquinas existentes en la planta. Al igual que en el caso de las inspecciones, se proponen fichas que contengan claramente las actividades de servicio bajo un cronograma de

frecuencias periódicas. Las fichas propuestas contienen actividades extraídas del registro de intervenciones de los componentes corregidos o programados para futuras intervenciones en los formatos AMEF; y que nacieron al igual que en el caso de las inspecciones, de las acciones correctivas resultantes de los análisis PM. Una vez descifrados los mecanismos de los fenómenos de las fallas, estos no pueden ser descuidados o ignorados en el futuro, por el contrario, deben ser implementados y desarrollados repetitivamente hasta que el desempeño de los equipos mejore y logre sus condiciones ideales. La idea es dar a los equipos las condiciones de confiabilidad necesarias, para que con las características que hoy poseen, ofrezcan los más altos porcentajes de disponibilidad, y por ende, de eficiencia global de producción (indicador OEE).

Las *fichas de servicio* se diferencian unas con otras para una máquina a través de una denominación numérica (recordemos que las *fichas de inspección* son denominadas por letras). En la figura 55, se aprecia la ficha de servicio número dos propuesta para la rectificadora de interiores SI-4A, la cual, fue el resultado de todo el análisis realizado para los problemas críticos evidenciados en los paretos de tipo mecánico. Esta ficha contiene información general sobre el diligenciamiento de la misma por parte de los operarios de mantenimiento, el nombre del sistema o componentes que van a ser intervenidos e información detallada sobre las actividades que deben realizarse. Para estas actividades, la ficha especifica la parte a intervenir con una pequeña ayuda visual en la parte superior, seguido de la actividad concreta de servicio de la forma más explícita posible. Teniendo en cuenta que para la mayoría de equipos, existen componentes o partes que no pueden ser inspeccionadas a menos que haya un desmonte de dichas partes, se especifica seguido de las actividades de servicio, aquellas partes internas que

deben ser de igual forma monitoreadas o inspeccionadas para hacer seguimiento a su estado. Existen también en las fichas criterios comparativos con condiciones ideales, espacios para registrar la realización de las actividades de mantenimiento preventivo, anotar observaciones relevantes sobre el proceso y generar órdenes de trabajo necesarias durante el proceso.

Figura 55. Ficha de servicio "2", rectificadora SI-4A

T.P.M.		FICHA DE SERVICIO 2 Rectificadora SI-4A			MS EL EQUIPO EFICIENTE!			
Nombre de las partes		Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:	Fecha de emisión:			
*Mecanismo Husillo				Victor Campillo	Fecha de revisión:			
Porta-piezas				Preparado por:	No. De revisión:			
				Luis Fernando Echavez	Página 1			
						Fecha de realización del servicio:		
Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		Observaciones y actividades pendientes	Orden de trabajo
					SI	NO		
Cilindro Hidráulico	1	*Desmonte *Cambio de retenedores y O ring *Limpieza interna	*Superficies internas del cilindro	*Señales de desgaste y posibles fugas				
Rodamientos de la copa de acción axial-radial	2	*Medir movimiento radial (Juego)	*Ajuste y ubicación correcta en los asientos	*Medir con gages el valor del movimiento radial, el cual no debe exceder 0,001 mm.				
Rodamientos axiales	3	*Engrase	*Pistas internas	*Señales de desgaste *Movimiento con atascamiento				
Rodamientos en general	4	*Ajuste y alineación del montaje	*Tolerancias dentro de especificaciones	*Alineación total del montaje con ayuda de comparadores				
Mecanismo Rótula-tuerca	5	*Desmonte *Limpieza, engrase y ajuste del mecanismo	*Estado de la rótula y tuerca	*Señales de desgaste excesivo *Corregir movimiento con atascamiento				
Mecanismo Plato uñas de agarre	6	*Limpieza, engrase y ajuste del mecanismo.	*Ajuste hacia la pieza *Movimiento sincronizado	*Señales de fatiga en el plato				
Mordazas-plato flexor	7	*Limpieza y ajuste del mecanismo.	*Dimensiones de las mordazas *Estado del plato flexor	*Señales de desgaste y fatiga en el plato flexor *Dimensiones adecuadas de las mordazas				
Correa Motor-husillo copa	8	Cambio de correa	Tensión de la correa	*Tensión adecuada				
Motor (Husillo-pieza)	9	*Limpieza general *Cambio de rodamientos	*Estado de los componentes internos	*Señales de recalentamiento				




Para la aplicación de estas fichas de servicio, es necesaria de igual forma la programación de un cronograma en el cual descansen las frecuencias de aplicación de cada una de ellas. En la programación de estas frecuencias se debe tener en cuenta ciertos criterios con sumo cuidado, ya que para la aplicación de estas fichas deben realizarse paradas programadas en las líneas de producción. Se debe aprovechar al máximo las paradas programadas para realizar mantenimiento preventivo, debido a lo valioso en términos económicos que es este tiempo. Es por esto, que en la propuesta de este proyecto de grado se insistió durante la descripción de este capítulo, la necesidad de integrar los departamentos de mantenimiento y producción. El Esquema operativo propuesto para estos dos departamentos, y que puede ser observado en la figura 40 de la sección 4.2.2 de este libro, debe ser complementado incluyéndole actividades de programación de las paradas planeadas. Para la rectificadora de interiores SI-4A, se programaron 4 paradas programadas en el año. Esto permite que la producción no sea reducida constantemente y que exista un tiempo lo suficientemente prudente para que entre cada una de las paradas puedan preverse acciones correctivas, retroalimentación para producir mejoras en los equipos y que exista una debida preparación preventiva. Las frecuencias para la aplicación de las cinco fichas diseñadas para esta máquina, se encuentran registradas en el cronograma de la tabla 11. Al igual que el cronograma de inspecciones, se incluye en el lado izquierdo brevemente el contenido de las partes que piensan ser intervenidas durante las actividades de mantenimiento preventivo. Cada una de las fichas esta incluida en el cronograma programado para un año de servicio de la máquina, apareciendo entre los doce meses enumerados en la parte superior, en el punto correspondiente al momento exacto de su aplicación, y siendo identificables por el número que las denomina. Las fichas 1, 2, 3 y 4, contienen actividades de intervención en

componentes mecánicos. La ficha número 5, contiene actividades de intervención en los componentes eléctricos-electrónicos. La ficha número 2, que aparece en la figura 55 e esta sección para la rectificadora de interiores SI-4A, aparece aplicada una vez en doce meses (equivalente a una vez al año). Es criterio del departamento de producción y de mantenimiento, cuando dar la fecha exacta, pero lo interesante, es que hay un criterio de frecuencia para la aplicación. La *ficha 1* se aplicará dos meses antes de la *ficha 2* y la ficha número 3 se aplicará dos meses después de la *ficha 2*. La *ficha 4* se aplicará cuatro meses después de la *ficha 2*, pero, observemos en la tabla 12, que la *ficha 5* de intervención en los componentes eléctricos-electrónicos se aplica en cada una de las cuatro paradas programadas en el año debido a que hoy, es crítica el mantenimiento de estos componentes en la máquina debido a su alto nivel de deterioro y a su vejez y obsolescencia.

El resto de *fichas de servicio* (1, 3, 4 y 5) para la rectificadora de interiores SI-4A, se encuentran en el anexo J. Para el torno Detroit, las propuestas de cronogramas de frecuencia para paradas programadas, así mismo como las fichas diseñadas como resultado de todo el análisis descrito durante el desarrollo del proyecto para el servicio y mantenimiento preventivo del mismo, está adjunto en el anexo K. Finalmente, para el torno Dubied II, las propuestas de cronogramas de frecuencia de paradas programadas para servicio, así mismo como las *fichas de servicio* diseñadas como resultado de todo el análisis descrito durante el desarrollo del proyecto, está adjunto en el anexo L.

Tabla 11. Cronograma general de servicio para la rectificadora SI-4A

T.P.M.		FRECUENCIAS DE SERVICIO-INSPECCION Rectificadora SI-4A											 EL EQUIPO EFICIENTE!	
MESES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DETALLES														
PARTE DEL EQUIPO	TRABAJO DE MTO.													
Sistema Hidráulico Tanque Filtro Bomba Tuberías Válvulas Acumulador	SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas			1										
Mecanismo Husillo Porta-piezas Cilindro Rodamientos Mecanismo Rótula-tuerca Mecanismo Plato-uñas de agarre Mordazas-plato flexor	SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas					2								
Estructura general diamantador Motores electricos (DC y trifas) Cilindros Mangueras Rodamientos Extractor	SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas									3				
Bancada-Mesa Cilindro doble-efecto Cilindro tope biposicional Husillo rectificador	SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas												4	
Sistema eléctrico-electrónico Pulsadores Cableado Lamparas Conectores Terminales (Borneras) Conductores Aires acondicionados Relevos (Tarjetas) Conectores (Tajetas) Sensores Microswitchs Bobinas	SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas			5			5			5			5	
					5			5			5			5



5. RELACION ENTRE EL MANTENIMIENTO AUTONOMO Y EL NUEVO MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las mejoras en la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas no son posibles si no existe la complementación estratégica entre las actividades de mantenimiento preventivo llevadas a cabo por los operarios de mantenimiento y las actividades de mantenimiento autónomo llevadas a cabo por los operarios de producción. Es necesario que exista una fuerte coordinación entre el mantenimiento planeado y el mantenimiento autónomo como si ambos fueran las ruedas a ambos lados de un vehículo. Pensando en la meta de “cero averías”, el departamento de mantenimiento debe promover dentro de los nuevos estándares de mantenimiento actividades que consigan este objetivo. Es por esto, que los operarios de mantenimiento deben prestar guía y asistencia a las actividades de mantenimiento autónomo al mismo tiempo que implementan de forma organizada los siete pasos del mantenimiento planeado dentro de sus actividades.

Los siete pasos del mantenimiento planeado desarrollados de igual forma en pequeños grupos dentro del sector de mantenimiento especializado coinciden estratégicamente con los siete pasos para la implementación del mantenimiento autónomo. La tabla 12 muestra la compenetración estratégica que debe existir entre los siete pasos del mantenimiento planeado y los siete pasos del mantenimiento autónomo.

Esta complementación sólo es posible haciendo los operarios de producción parte activa de las mejoras implementadas en el mantenimiento de los equipos de la planta. Para ello, los operarios de producción necesitan

aprender mucho más allá de la simple operación de sus equipos, y es en este momento donde la capacitación y el entrenamiento pasan a jugar un papel determinante en la implementación del TPM.

Tabla 12. Los siete pasos estratégicos del mantenimiento planeado y autónomo

Paso	Mantenimiento Planeado (Basado en equipos)	Mantenimiento Autónomo
1	Análisis de las diferencias entre las condiciones básicas ideales y el estado presente y real de los equipos	Limpieza inicial (Limpieza e inspección)
2	Implementación de medidas para disminuir las diferencias entre las condiciones básicas y reales	Medidas contra las fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso
3	Preparación de los estándares para las condiciones básicas	Preparación de los estándares tentativos para el mantenimiento autónomo
4	Extensión de la vida de servicio de los equipos	Inspección global de los equipos
5	Mejoras en la eficiencia de inspección y mantenimiento (servicio)	Inspección autónoma por parte de los operarios
6	Diagnóstico global de los equipos	Estandarización final de las actividades del mantenimiento autónomo
7	Uso de los equipos hasta los límites máximos	Implementación total de la gestión autónoma por parte de los operarios de producción

Es por esto que dentro de los objetivos de este proyecto se encuentra el desarrollo de una propuesta para un plan de entrenamiento y formación a los operarios de los equipos críticos, que acelere la implantación del mantenimiento autónomo hasta el paso número dos, y que al mismo tiempo genere los cimientos suficientes para la implementación de la totalidad de los pasos a futuro.

5.1 LA CAPACITACION DENTRO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO EN LA EMPRESA.

Es una tendencia general de mostrar poco interés hacia las fallas por parte del sector de producción en las empresas de manufactura. La concepción existente, es que las fallas son problemas que conciernen estrictamente al sector de mantenimiento, y no al sector de producción. El punto de vista de los operarios de manufactura es que son “el personal encargado de la producción”, y que el personal de mantenimiento son “las personas encargadas de todo tipo de reparaciones”. Así, a pesar de que el personal de producción esté altamente interesado en la manufactura de productos y el aumento de la producción a altos volúmenes, estos muestran muy pobre interés hacia los equipos y su mantenimiento, a pesar de que son conscientes de que este aspecto es vital para la calidad de los productos.

Las razones por las cuales el sector de los operarios de producción muestra tan poco interés en el mantenimiento de los equipos, a pesar de que son estos los primeros afectados en el momento de las paradas imprevistas por averías, es que se dedican al mínimo trabajo requerido para la operación de los equipos debido a la escasez de disponibilidad dentro de las horas de trabajo, porque se les ha prohibido tocar las máquinas por razones de seguridad, porque la división y diferencias de labores con respecto a los operarios de mantenimiento se ha hecho muy profunda, o porque simplemente no existen las condiciones dentro de su ambiente de trabajo para este tipo de propósitos. Puesto de forma simple, todos los factores nombrados anteriormente son el resultado de políticas erróneas asumidas por las gerencias de las empresas.

No importa que tan duro trabaje el sector de mantenimiento, este no puede, por si solo, reducir las fallas en todos los equipos de la planta a cero. Esto sólo puede conseguirse sobre la base de la cooperación cercana de los operarios de producción.



La condición ideal para conseguir este propósito es redefinir los roles de cada uno de los sectores, producción y mantenimiento, en las actividades del trabajo. Los operarios de producción deben realizar tareas esenciales como las de limpieza, inspección, lubricación, ajuste y apriete de partes, cambio de componentes o repuestos y detectar todo tipo de anormalidades en la medida en que sea posible a través de dichas actividades. Los síntomas de las fallas regularmente aparecen antes del momento propiamente de ocurrencia. Los operarios de producción deben ser entrenados para reconocer e identificar estos síntomas y descubrir las fallas latentes en cualquiera de las etapas antes de su ocurrencia. Para extender los periodos entre la ocurrencia de anormalidades, los operarios de producción deben aprender los medios más efectivos sobre la limpieza, inspección y lubricación. Si todos son entrenados apropiadamente en la detección temprana de anormalidades, y el sector de mantenimiento ejecuta sistemáticamente las medidas apropiadas, será un paso bastante efectivo en la reducción de las fallas. Los grupos de trabajo conformados por los operarios de producción en las líneas son vitales para la concentración en este objetivo.

La propuesta desarrollada en este proyecto se plasmó en un programa de capacitación dividido en tres niveles, cuyo primer nivel aparece descrito en la tabla 13. Esta tabla contiene los temas principales incluidos en los entrenamientos, bajo 4 grandes áreas permanentes de aprendizajes definidas como: Mantenimiento productivo total en fábrica, fundamentos de la

lubricación, conocimientos básicos sobre el equipo y limpieza y organización. Seguido a los temas se encuentra un desglose detallado de los subtemas propuestos para los entrenamientos, los objetivos específicos propuestos para cada tema y finalmente una descripción breve de las metodologías que podrían ser utilizadas en cada uno de las actividades de capacitación.

Los siguientes dos niveles, adjuntos en el anexo M, intentan familiarizar mucho más a los operarios de producción con sus respectivos equipos, mediante el estudio de mecanismos hidráulicos, neumáticos y mecánicos. Además se intenta familiarizar a los operarios con el análisis de problemas un a vez se han detectado anomalías con el uso de herramientas brindadas por la metodología general y que existen al interior de la planta. La idea es capacitar cada vez más a los operarios de producción para que puedan empezar a resolver mantenimiento liviano autónomo en las máquinas y mejorar su gestión productiva en el puesto de trabajo. Se necesitará para los dos últimos niveles de asesorías externas a DANA TRANSEJES COLOMBIA, así como alianzas estratégicas con entidades como el SENA o la Universidad. Todos los niveles podrían tomar unos dos años en desarrollarse completos. Durante 6 meses se desarrollo en el presente proyecto de grado un avance significativo en la capacitación de los operarios divididos en pequeños grupos de trabajo integrados por los compañeros de turno, para las diferentes células al interior de las líneas de juntas fijas e interjees. Las actividades se concentraron principalmente en los integrantes de los cuellos de botella, con los cuales se trabajó inicialmente en los temas referentes a la conceptualización del TPM y repaso de las ideas básicas del programa los cuales aparecen en la tabla 13, en la parte inicial de la propuesta de capacitación.

Tabla 13. Primer nivel de la propuesta de capacitación para los operarios de producción

		<h2 style="margin: 0;">Propuesta de capacitación</h2>				
	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN FABRICA	FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION	CONOCIMIENTOS BASICOS SOBRE EL EQUIPO	LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN		
T E M A S	1. Mantenimiento Autónomo	1. Conceptos generales sobre fricción 2. Conceptos generales sobre lubricantes.	1. Fundamentos sobre mecanismos 2. Transmisiones mecánicas	1. Métodos y herramientas para llevar a cabo una buena limpieza		
S U B T E M A S	1.1 Conceptos básicos del Mantenimiento Autónomo 1.2 Metas y objetivos del Mantenimiento Autónomo 1.3 Pasos del Mantenimiento Autónomo	1.1 Definición de fricción y consecuencias de la falta de lubricación. 2.1 Definición e importancia de los lubricantes 2.2 Conceptos generales los aditivos en lubricantes. 2.3 Clasificación ISO y API de los aceites lubricantes. 2.4 Manejo de los aceites 2.5 Tipos de lubricación 2.6 Cartas de lubricación 2.7 Definición, tipo y aplicaciones de grasas lubricantes	1.1 Conceptos de mecanismos 1.2 Tipos de transmisiones mecánicas (Correas, cadenas, engranajes y acoples). 1.3 Características de funcionamiento normal y anormal de un mecanismo. 1.4 Rutinas de mantenimiento para los principales mecanismos 2.1 Conceptos de los tipos de transmisiones mecánicas. 2.2 Principales rutinas de mantenimiento para las transmisiones mecánicas	1.1 Definición de las 5' s 1.2 Limpiezas iniciales en la máquina 1.3 Sentido de inspección durante la limpieza en las máquinas.		
O B J E T I V O S	*El operario estará en capacidad de recordar e identificar claramente los objetivos del TPM y sus responsabilidades dentro de las actividades programadas	*El operario estrá en capacidad de identificar los tipos de aceites y su clasificación, llevar un manejo adecuado de los aceites e identificar claramente los tipos de lubricación.	* El operario estará en la capacidad de identificar de los tipos de transmisiones existentes en la máquina puesto de trabajo * El operario estará en la capacidad de identificar de los mecanismos principales de la máquina puesto de trabajo. * El operario estrá en capacidad de realizar practicas de mantenimiento liviano de mecanismos y transmisiones	*El operario estará en la capacidad de realizar una limpieza a fondo del equipo utilizando herramientas aprendidas e identificando defectos de los mismos.		
M E T O D O L O G I A	1. Revisión de los conceptos básicos en reuniones de trabajo diseñando planes de acción 2. Capacitación en reuniones de 30 minutos	1. Practica en el puesto de trabajo identificando muestras de desgastes en los equipos. 2. Revisar uno a uno los estándares de lubricación y sustentar el por que de los puntos que deben ser lubricados en su máquina	1. Practica en el puesto de trabajo de tensión, alineamiento y cambio de correas. 2. Elaboración de check-lists para verificación de estado de transmisiones por engranajes, cadenas y acoples en donde aplique.	1. Practica en el puesto de trabajo: Actividad de limpieza e identificación de defectos en las máquinas 2. Elaboración de check-lists para registro de los tiempos de las actividades y listas de lugares donde deben realizarse correcciones, o son fuentes de contaminación permanente		

El autor del proyecto y los operarios de producción de estas máquinas unificaban conceptos e intercambiaban ideas sobre los objetivos del programa en DANA TRANSEJES COLOMBIA en cortas reuniones programadas por fuera de horas laborables. La figura 56, muestra una imagen clara de este tipo e reuniones, lideradas también por miembros del equipo de mantenimiento y el jefe de departamento.

Figura 56. Reuniones periódicas de capacitación para operarios de producción.



En lo que respecta a la implantación del mantenimiento autónomo, cuyas actividades están dictaminadas por los siete pasos, se adelantaron actividades descritas en el tema de limpieza y organización de los puestos de trabajo. En la tabla 14, se incluyen conceptos sobre técnicas ya implantadas en la empresa, pero quizás el avance más importante es acercarse al cumplimiento del **paso dos** del mantenimiento autónomo mediante actividades de limpieza e inspección programadas al interior de las líneas. Estas actividades buscan a través de la limpieza, identificar fallas y corregir de defectos. Partiendo de la premisa de que el verdadero sentido de la limpieza es la inspección, se localizan aquellos puntos defectuosos con el fin de eliminar fuentes de acumulación de residuos y adoptar medidas contra su continuidad. Es así

como en los tornos Detroit y Dubied II por ejemplo (ver figura 57), los operarios dedican en los días de capacitación, un turno completo a llegar a esas áreas de difícil acceso para limpieza y lubricación de las mismas, registrando todas las anomalías y defectos bajo ciertos criterios (ver figura 58) en formatos diseñados para tal efecto (ver tabla 14). Reducir los tiempos de limpieza e inspección es clave para la aceleración de la gestión del mantenimiento autónomo. Para esto se propusieron estándares de limpieza, con actividades puntuales de progreso. Estos formatos, como el que aparece en la tabla 15 para el torno Detroit, sirven para registrar los tiempos de estas actividades y retroalimentar de esta forma los estándares de limpieza y las próximas actividades de este tipo con más planes de acción. Los operarios detectan aflojamientos, verifican que los componentes de los equipos no estén sueltos de sus uniones (Guardas, tuercas, fijaciones, etc.), detectan vibraciones anormales, verificando e identificando los componentes de las máquinas que las están generando, ya sea por aflojamiento, malas uniones, desgastes o mal posicionamiento. También deben detectarse, no sólo en este tipo de capacitaciones, sino en los hábitos de monitoreo de máquina, temperaturas anormales que puedan ser causal de varias anomalías o inclusive de accidentes, o en el peor de los casos la dilatación de componentes de precisión afecta la calidad de las piezas. Estas actividades intentan crear en los operarios hábitos de temprana detección de anomalías y defectos. La herramienta para demarcar las anomalías son las llamadas tarjetas rojas, las cuales se cuelgan en el lugar donde se ha encontrado el defecto, y poseen un número de identificación el cual debe ser registrado en las órdenes de trabajo. Estas tarjetas rojas son descritas a profundidad en la sección 6.2 de este libro donde se amplía su utilización con la operatividad del mantenimiento autónomo.

Figura 57. Jornada de limpieza e inspección autónoma, tornos Detroit y Dubied II en la línea de interejes



Figura 58. Registro de defectos y anomalías por parte de los operarios de producción



Los defectos registrados en el formato de la tabla 14, son intervenidos y corregidos posteriormente por el equipo de mantenimiento, debido a su mayor conocimiento y preparación. Pero, es importante anotar que durante la actividad del torno Detroit, los operarios encargados de operar esta máquina corrigieron cerca de 30 defectos, considerados como mantenimiento liviano: Ajuste de tornillos, lubricación en lugares inaccesibles normalmente, impermeabilización de guardas y apriete de componentes a la estructura principal.

5.2 LA CAPACITACION DENTRO DEL MANTENIMIENTO PLANEADO EN LA EMPRESA.

La utilización de la información de las fallas es generalmente pobre en las empresas, y el caso de DANA TRANSEJES COLOMBIA definitivamente no era excepción. Es importante aprender tanto como se pueda de cada falla, y la clasificación y registro de frecuencias de los casos de fallas permiten a los operarios de mantenimiento percibir las raíces de cada defecto. Así, las fallas se convierten en una fuente de valiosa información.

El objetivo original del análisis de fallas es aprender sobre las acciones que deben realizarse para prevenir la ocurrencia de fallas análogas o similares, no mencionar simplemente las fallas que han ocurrido sin trasfondo, y difundir esta información no sólo en los sitios de trabajo donde la falla ha ocurrido, sino en las otras líneas de producción que contengan equipos similares.

El análisis de fallas en DANA TRANSEJES COLOMBIA no había sido profundizado en la forma como se hizo hasta el desarrollo de este proyecto, y es necesario que los operarios de mantenimiento se capaciten en la aplicación de todas las técnicas y metodologías utilizadas en este trabajo, para evitar con la continuación de análisis débiles de falla. Si los operarios no son entrenados, seguramente el análisis de los fenómenos no será estrechamente implementado. Deben empezarse a adquirir hábitos de guardar las partes averiadas de las máquinas, de tal forma que puedan ser objeto de estudios causa-efecto futuros por parte de todos los operarios de mantenimiento, que irán ganando experiencia a medida que expanden este tipo de actividades por toda la planta.

A través de las técnicas utilizadas en este proyecto, se puede garantizar que el conocimiento sobre los equipos, principalmente sobre los críticos como los cuellos de botella, crecerá permanentemente más allá de las simples observaciones de los planos técnicos o especificaciones de los fabricantes. Los problemas en la mayoría de equipos ocurren porque muchas veces los mecanismos de estos equipos, partes constituyentes, y funciones de las partes no son lo suficientemente entendidas por los operarios, aunque ellos afirmen lo contrario. Además, los métodos “por qué-por qué” utilizados para la búsqueda de la causa raíz de los problemas tampoco son del todo comprendidos.

El análisis de fallas no puede ser implementado correctamente a menos que los mecanismos de los equipos, la composición de sus partes, sus métodos de ajuste, y el sistema en general son bien comprendidos. Esto no es sólo aplicable para los operarios de mantenimiento, por esto, es incluido en el programa de capacitación propuesto, una sección dedicada a enseñar más a los operarios de producción sobre sus equipos como puede constatarse en la tabla 14. Las fallas pueden prevenirse si el análisis de fallas es ejecutado con exactitud, si se persiguen las reales causas de las fallas, si se toman medidas adecuadas para combatirlas y las rutinas de inspección y servicio son implementadas de una manera adecuada. Desde este punto de vista, el ceñirse a la metodología propuesta en este proyecto de grado, se convierte en el mejor avance para el entrenamiento y capacitación de los operarios de mantenimiento en DANA TRANSEJES COLOMBIA.

6. PROPUESTA DE DISTRIBUCION OPERACIONAL EN LA PLANTA DANA TRANSEJES COLOMBIA

Para garantizar la continuidad de las actividades del TPM en DANA TRANSEJES COLOMBIA y la consecución de los objetivos de a corto y mediano plazo del nuevo programa de mantenimiento preventivo, es necesario realizar cambios de fondo en el departamento de mantenimiento. Esto permitirá que la metodología propuesta, en principio aplicada en las máquinas cuellos de botella como programa piloto, pueda ser expandida al resto de los equipos de la planta, y además, facilitará que todas las propuestas de integración estratégica y cambios en los estándares de mantenimiento preventivo puedan realizarse en su totalidad.

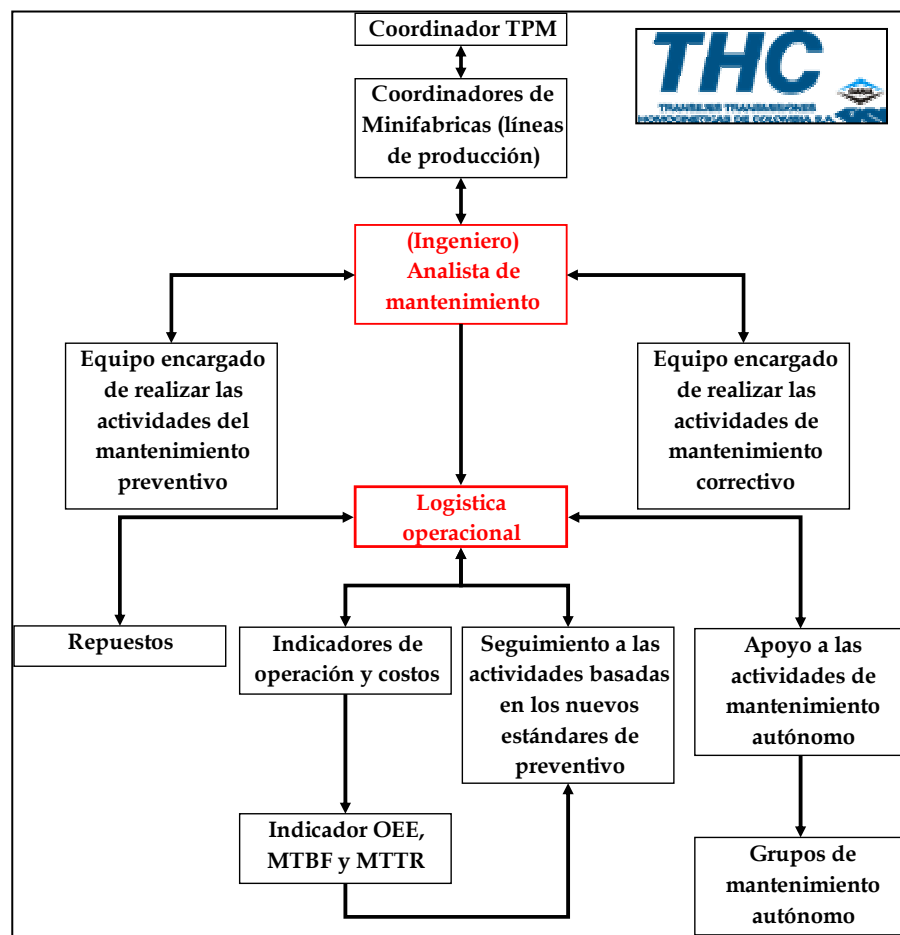
6.1 OPERATIVIDAD DEL MANTENIMIENTO PLANEADO

Las actividades de mantenimiento planeado deben ser coordinadas desde el departamento de mantenimiento de forma organizada y estratégica. Por tal motivo, dentro del conjunto de propuestas generadas en este proyecto de grado, se incluye el cambio en la estructura organizativa del departamento de mantenimiento. En ella, se hace una redistribución del recurso humano que hasta el día de finalizar este proyecto se encontraba disponible en DANA TRANSEJES COLOMBIA y se incluye la figura del **ANALISTA DE MANTENIMIENTO**, siendo la persona encargada de liderar los procesos de análisis de fallas, programar en base a las metodologías propuestas los mantenimientos preventivos, velar por la calidad y cumplimiento de los nuevos estándares, apoyar permanentemente los equipos y grupos

autónomos, velar por el cumplimiento de las jornadas de capacitación y en general, apoyar la continuidad del TPM en la empresa.

La figura 59, presenta el esquema general presentado a la presidencia y gerencias de DANA TRANSEJES COLOMBIA y el cual fue aprobado para empezar a operar desde el 1 de Octubre de 2004.

Figura 59. Esquema general operacional propuesto para DANA TRANSEJES COLOMBIA



Básicamente, el analista de mantenimiento queda encargado de la logística operacional sobre la cual se programan las actividades de los nuevos estándares del mantenimiento planeado y mantenimiento autónomo. Dentro

de las nuevas actividades, se encuentra el registro y control de los repuestos consumidos por los equipos en la planta con el fin de poder calcular, junto al resto de gastos, los costos generados por el departamento, actividad que no se encontraba dentro de los antiguos estándares de mantenimiento. La figura 60, muestra el nuevo modelo de orden o solicitud de trabajo diseñada para incluir la gestión de costos dentro de los registros de mantenimiento. En la parte inferior se debe diligenciar por parte de los técnicos de mantenimiento las cantidades por unidad de material utilizado con una anotación de la marca y el costo generado. La gestión de mantenimiento también debe ser medida por la capacidad de optimizar los recursos.

Otra tarea derivada de las propuestas del presente proyecto es el cálculo de los dos nuevos indicadores para la gestión de mantenimiento: “tiempo medio entre fallas (MTBF)” y “tiempo medio para reparar (MTTR)”.

Los dos indicadores principales de mantenimiento son de nuevo conocimiento para la organización. Fueron propuestos durante el desarrollo de este proyecto con el fin de medir el avance y desempeño de las actividades del mantenimiento planeado y autónomo. La definición de estos dos importantes valores es descrita a continuación.

6.1.1 Indicador tiempo promedio entre fallas (MTBF). Este indicador, cuyo nombre se deriva de las iniciales de su nombre original en inglés, Mean Time Between Failures, es una medida del tiempo en promedio que pasa entre una falla y otra para un equipo determinado. Indica estadísticamente el tiempo o frecuencia promedio de ocurrencia de las fallas de una máquina. Por sí solo, es un indicador de gestión del mantenimiento sobre el equipo.

Si NP se define como el número de paradas por mantenimiento debido a fallas esporádicas y TO como el tiempo neto que el equipo opera con fines de producción, es decir, el mismo tiempo operativo definido en el cálculo del indicador OEE como el tiempo neto disponible menos el tiempo de paradas de la línea, entonces el indicador MTBF se define como:

$$\Rightarrow MTBF = \frac{\sum^{NP} TO}{NP}$$

6.1.2 Indicador tiempo promedio para reparar (MTTR). Este indicador, cuyo nombre se deriva de las iniciales de su nombre original en inglés, Mean Time To Repair, es una medida del tiempo promedio que les toma a los operarios de mantenimiento reparar un equipo determinado. Indica estadísticamente el tiempo promedio que se emplea en la reparación de una falla. Por si solo es un indicador de la mantenibilidad o facilidad con que puede hacerse mantenimiento a una máquina. Si TFS se define como el tiempo neto que dura el equipo fuera de servicio por reparaciones debido a las fallas esporádicas, entonces el indicador MTBF se define como:

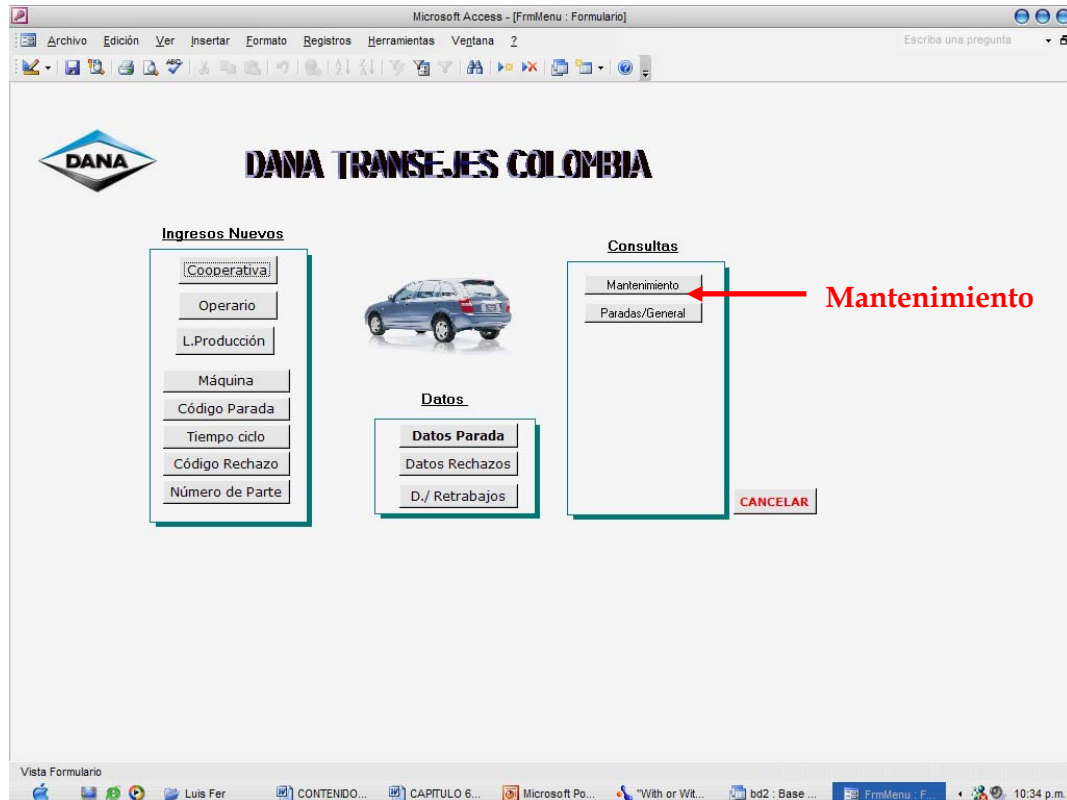
$$\Rightarrow MTTR = \frac{\sum^{NP} TFS}{NP}$$

6.1.3 Cálculo de los indicadores al interior de la planta. Para el cálculo de los indicadores MTBF y MTTR de las máquinas cuellos de botella, y en general de todos los equipos de la planta, se propuso durante el desarrollo de este proyecto, diseñar una sección de mantenimiento a la base de datos existente en el departamento de producción para el almacenamiento de los

datos registrados por los operarios de producción en las bitácoras de gestión diaria en las líneas. Esta base de datos programada en Microsoft Access, permite registrar todas las paradas por mantenimiento imprevisto, y por cualquier otro tipo de causa, de todos los equipos en determinado periodo y el tiempo de duración que tuvieron en minutos.

La figura 61, presenta la imagen general inicial de la base de datos elaborada en el departamento de producción de DANA TRANSEJES COLOMBIA. En ella se presenta un icono que transporta inmediatamente a la sección diseñada para mantenimiento. Una vez dentro del cuadro de mantenimiento, se presentan todas las opciones necesarias para el cálculo de los indicadores por parte del departamento de mantenimiento.

Figura 61. Vista general de la base de datos de producción



Como puede observarse en la figura 62, donde se muestra la vista general de la sección del cálculo de los indicadores, podemos describir de forma general el funcionamiento del mismo a través de la explicación de lo que señalan los números agregados a la imagen. En la parte donde se encuentra el número 1, se colocan las fechas correspondientes al tiempo en que se desea calcular los indicadores. En la parte 2, se selecciona la máquina después de filtrada con la línea que se desea, y de digitar los códigos “**mn**” correspondiente al tiempo gastado en mantenimiento imprevisto y “**tn**” correspondiente al tiempo equivalente a los turnos no trabajados. En la parte 3 el software calcula automáticamente los días de acuerdo a las fechas introducidas, el tiempo total acumulado por mantenimiento imprevisto en la máquina, el número de paradas y el tiempo equivalente a los turnos no trabajados. La parte inferior posee un icono para calcular, al hacer clic, el indicador MTBF en horas y al lado otro icono para calcular el indicador MTTR también en horas. La parte 4 de la pantalla, muestra la lista de las paradas por mantenimiento imprevisto con su respectiva fecha y tiempo individual equivalente en minutos.

Esta base de datos es alimentada diariamente de las bitácoras diligenciadas por los operarios de producción y recogidas por el departamento de información de DANA TRANSEJES COLOMBIA. Es por esta razón que se puede acceder a la información almacenada sobre la duración de las paradas imprevistas por máquinas incluyendo la fecha en que ocurrió. Esta base de datos también es la principal fuente de información para el cálculo del indicador OEE en todos los equipos de la planta, y para analizar las diferentes razones sobre pérdidas productivas medidas en tiempo.

Figura 62. Imagen de la sección para cálculo de indicadores de gestión en la base de datos de producción

The screenshot shows a Microsoft Access form with the following data and layout:

DETALLE DE LAS PARADAS MN

FECHA_PARA	TIEMPO_PARA
27/05/2004	660
11/05/2004	540
25/05/2004	150
10/05/2004	60
03/05/2004	60
29/05/2004	40
28/05/2004	30
18/05/2004	30
10/05/2004	25
28/05/2004	20
18/05/2004	20

Registro: 1 de 11

TURNOS NO TRABAJADOS TN

FECHA_PARA	TIEMPO_PARA
02/05/2004	460
09/05/2004	960

Form fields and values:

- Fecha Inicio: 01/05/2004 (1)
- Fecha Fin: 29/05/2004
- Linea: JUNTAS FIJAS (2)
- Maquina: SI-4A (2)
- Insertar código MN: mn (2)
- Insertar código TN: tn (2)
- Dias de prueba: 28
- Total de Tiempo por MN (min): 1635
- Numero de paradas MN: 11 (3)
- Turnos no trabajados TN (hrs): 23,67

Buttons: "CLICK PARA CONSULTAR EL MTRR" and "CLICK PARA CONSULTAR EL MTBF"

Results: **MTTR** = 2,477 and **MTBF** = 56,46

De acuerdo a los dos indicadores definidos anteriormente, las actividades de mantenimiento pueden ser dirigidas entonces bajo dos enfoques diferentes. El primer enfoque tiene como objetivo el mejoramiento de la *confiabilidad* de los equipos. Estas actividades pueden ser definidas como aquellas a través de las cuales se logra recortar o reducir el mantenimiento derivado de los equipos. A este grupo pertenecen las actividades para prevenir fallas del nuevo estándar de **mantenimiento preventivo**. El segundo enfoque de actividades tiene como objetivo el mejoramiento de la *mantenibilidad* de los equipos. Las actividades para llevar a cabo de la manera más eficiente la reparación de una falla que aparece en un equipo y en el menor tiempo posible, hacen parte de este enfoque.

Desde el punto de vista del equipo de técnicos de mantenimiento, las actividades para el mejoramiento de la confiabilidad están diseñadas para eliminar el trabajo esporádico que se deriva de los equipos, estudiar los pasos para la máxima extensión del trabajo de mantenimiento sistemático basado en la programación previa (Inspección, mantenimiento periódico, etc.) del mantenimiento planeado; y recortar las horas de los trabajadores dedicados al trabajo esporádico derivado en el equipo. Entonces, el objetivo del mantenimiento planeado y principalmente lo que tiene que ver con preventivos es atacar todo aquello que afecta directamente el factor disponibilidad de los equipos. Como un ejemplo específico, se puede mirar la figura 63, que muestra el tiempo que tuvo cada pérdida de disponibilidad en la rectificadora de interiores SI-4A para junio de 2004. En ese mes el mantenimiento fue la pérdida que acumuló más tiempo y que colaboró en mayor cantidad al detrimento de la disponibilidad de este equipo crítico. La idea es desaparecer poco a poco este tiempo de mantenimiento a través del aumento del MTBF. De forma similar, las actividades para aumentar la mantenibilidad de los equipos tienen como objetivo devolver los equipos en el menor tiempo posible a las líneas de producción una vez se han reparado. Para DANA TRANSEJES COLOMBIA, los indicadores MTBF y MTTR serán una referencia importantísima, ya que los planes de acción de mejora de la gestión del equipo de mantenimiento estarán basados en las metas propuestas para estos dos valores. Estas metas subirán consecuentemente la eficiencia global de los equipos (indicador OEE), y obedecen al orden de las actividades propuestas en el *paso 8* y *paso 9* (ver figura 22) de la metodología general. La figura 64, esquematiza el funcionamiento de los dos indicadores y consigna el valor de las metas para el segundo semestre de 2004 para los dos indicadores de la gestión de mantenimiento y para el indicador OEE.

Figura 63. Causas que afectan el factor disponibilidad

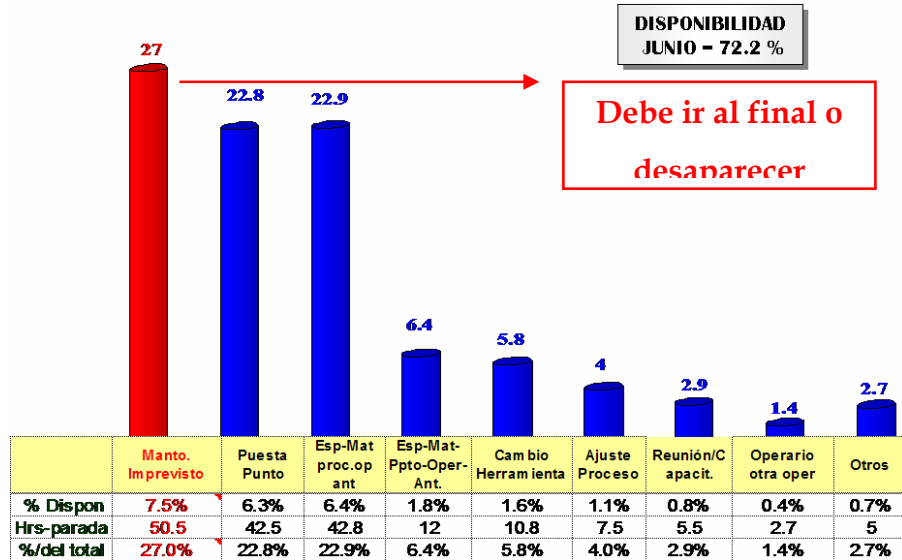
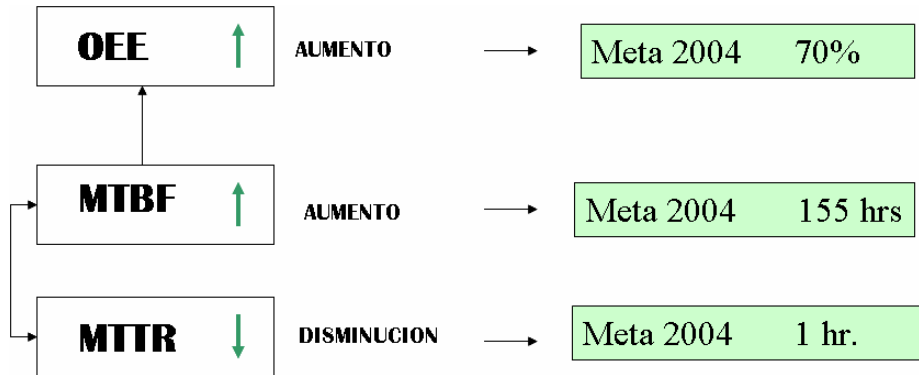


Figura 64. Metas para los indicadores vitales en la gestión de mantenimiento

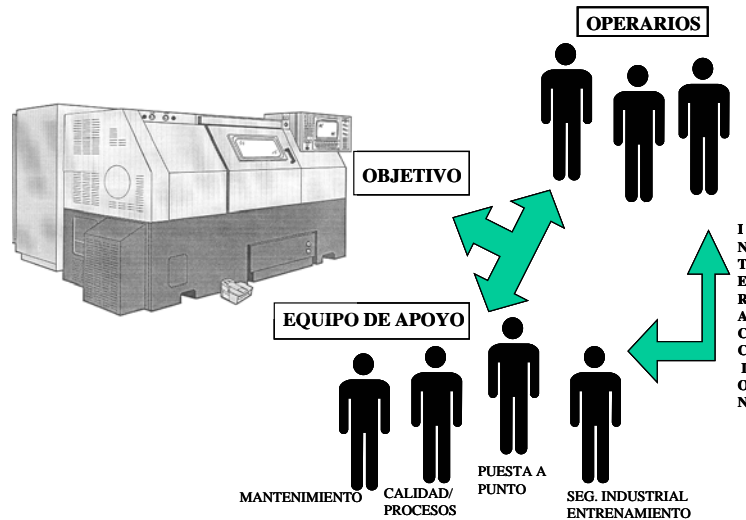


6.2 OPERATIVIDAD DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO

Los operarios deben seguir con las jornadas de capacitación para aumentar considerablemente las destrezas para la detección temprana de anomalías. Dentro del esquema operativo propuesto en la figura 59, estos deben recibir apoyo del equipo de mantenimiento no sólo en capacitación y entrenamiento, sino también, en compromiso y motivación. La

figura 65, muestra esquemáticamente los equipos que deben apoyar al operario mediante la coordinación del ingeniero analista de mantenimiento.

Figura 65. Apoyo a los grupos autónomos de operarios



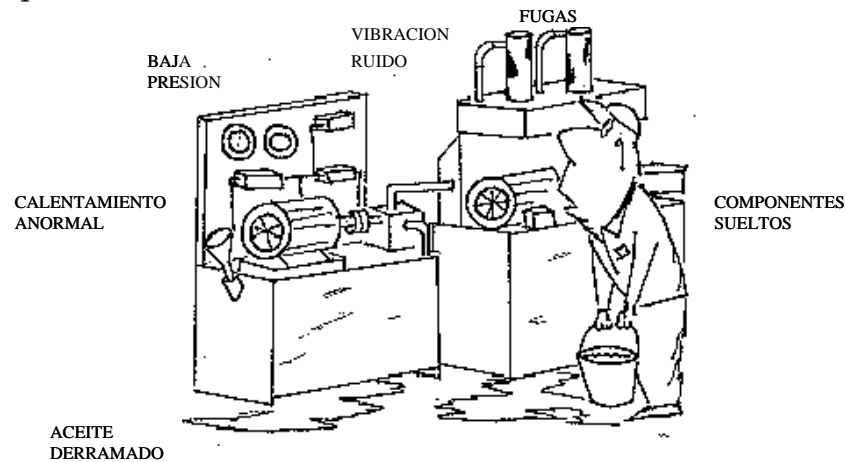
ESTRUCTURA DE APOYO Y EJECUCION

COORDINADOR SECTOR PRODUCTIVO	Metas, Objetivos, Apoyo, Dirección
ATP	Organización, Motivación, Ayuda
MANTENIMIENTO	* Eliminación 6 mayores pérdidas
CALIDAD Y PROCESOS	* Actividades de mejora * Eficiencia
SEGURIDAD INDUSTRIAL ENTRENAMIENTO	Formación, Detecta necesidades, Soporte de R.R.H.H. en planta

A través de los tableros de monitoreo de continuo de máquina descritos en la sección 3.4.1 de este libro, los operarios de producción deben desarrollar la parte fundamental de la inspección y el registro de las anomalías encontradas, para que luego, se realicen las acciones por parte de los operarios de mantenimiento para eliminarlas, además de medidas que eviten su reincidencia. La figura 66 resume las anomalías que deben ser objeto de búsqueda diaria por parte de los operarios. El registro de estas

anormalidades ayuda a devolver, mediante su intervención, las condiciones básicas de operatividad a los equipos.

Figura 66. Conjunto de anomalías que deben ser detectadas por el operario de producción



La propuesta para el registro de las anomalías, es básicamente utilizar tarjetas de marcación de defectos llamadas "tarjetas rojas". Estas tarjetas, después de colocadas en la máquina son solucionadas por el personal de mantenimiento. El contenido de estas tarjetas puede observarse claramente en la figura 67, y también puede ser colocada por los técnicos u operarios de mantenimiento. La idea es que los operarios de producción se animen a colaborar fuertemente en la detección de defectos para mejorar las condiciones de los equipos. Deben elaborarse muchos planes de acción los cuales contengan inclusive metas para el número de defectos encontrados semanalmente y gestionar su intervención con el departamento de mantenimiento. En pocas palabras, los operarios deben apersonarse de su equipo y avanzar claramente en la gestión de sus máquinas y puesto de trabajo, que son las premisas básicas del mantenimiento autónomo.

Figura 67. Vista frontal y posterior de las tarjetas rojas de defectos

Vista frontal

TRANSEJES
TH COLOMBIA

TPM N°
TARJETA DE ANOMALIAS

MANTENIMIENTO PRIORIDAD A B C

ANOMALIA DETECTADA

MAQUINA _____ LINEA _____
NOMBRE _____
FECHA _____

DESCRIPCION DE LA ANOMALIA

Plazo Para Reparación ____/____/____ Tiempo de Reparación _____ Horas

CONTROL TPM

Vista posterior

ACCION CORRECTIVA

NOMBRE _____
FECHA _____ TIPO _____

DETALLE ACCIONES CORRECTIVAS

TIEMPO PARA REPARAR _____ HORAS

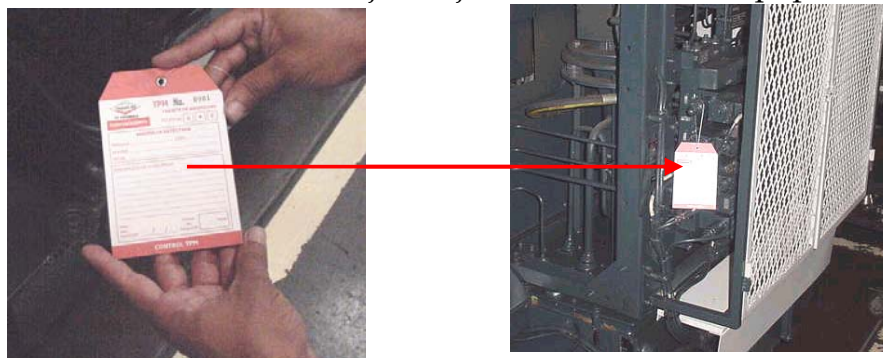
REVISADO _____ FECHA ____/____/____

OBSERVACIONES _____

TIPO : 1- MECANICA 2-ELECTRICA 3- ELECTRONICA 4- OTRA

Un ejemplo de colocación de tarjeta roja de defectos se puede apreciar en la figura 68. Una vez este defecto sea intervenido, la tarjeta roja es retirada por los operarios de mantenimiento, y la falla es registrada en hoja de vida del equipo. Uno de los objetivos hoy y a futuro, cuya implementación apenas nace, es que en base a los programas de capacitación y entrenamiento los mismos operarios de producción intervengan las fallas de tipo liviano identificadas en los equipos. Es decir, que aquellas fallas que puedan ser solucionadas por ellos mismos, sean solucionadas en el puesto de trabajo.

Figura 68. Colocación de una tarjeta roja de defectos en el equipo



7. CONCLUSIONES

- Los resultados del análisis de fallas en base a la búsqueda de información registrada en las hojas de vida y en los cálculos de los indicadores son más útiles y fáciles de procesar en la medida en que tengan credibilidad y organización en su almacenamiento. Esto puso en evidencia para los operarios o técnicos de mantenimiento de DANA TRANSEJES COLOMBIA la necesidad de estandarizar los métodos utilizados para el registro de falla en las hojas de vida, ser claros en la descripción de la falla y su solución, y almacenar toda la información que sea posible. La falta de credibilidad de los registros, genera un análisis vago, tortuoso, difícil de concretar y por ende, una programación de actividades desenfocada y lejos de la realidad.
- En el contexto de los objetivos del presente proyecto, donde básicamente era suficiente aplicar la metodología propuesta para tres máquinas claves al interior de los procesos de producción, el procesamiento de la información fue lo suficientemente manejable a través de herramientas informáticas o software como Microsoft Excel. Para los intereses de la empresa, en extender la metodología para la programación del mantenimiento preventivo de todos los equipos de la planta, la información será demasiado extensa generando la necesidad de comprar o crear herramientas que faciliten el manejo y registro de la información.
- El involucramiento de todo el personal relacionado con los equipos, operarios de producción, técnicos de mantenimiento, ingenieros de planta, etc., es clave en los resultados exitosos de una buena programación de actividades. El complemento de conocimientos es estratégico para el diseño

de buenos cronogramas de trabajo y estándares de inspección y servicio a las máquinas.

- Antes de la adquisición de un software de mantenimiento para la planta de DANA TRANSEJES COLOMBIA, es necesario tener claros los estándares de mantenimiento planeado para al menos la mayoría de equipos al interior de la planta. Los miembros de los equipos encargados de estos análisis ganarán experiencia a medida que apliquen la metodología una y otra vez a las máquinas y trabajarán sobre la seguridad de tener estándares de actividades bien fundamentados. Esto no permitirá que la adquisición de un software con los estándares de hoy al interior de la empresa sea sub-utilizado.
- Es importante capacitar a los técnicos del área de mantenimiento en actividades para mantener la precisión de los componentes de los equipos. En una empresa como DANA TRANSEJES COLOMBIA, cuyos estándares de calidad exigidos por la norma QS-9000 y los clientes son verdaderamente altos, los análisis PM evidencian grandes fallencias de intervención de causas generadas por mal mantenimiento de las partes críticas de los equipos, relacionados directamente con la producción. Es decir, es vital la insistencia en el monitoreo de alineamiento, desgaste y medición de las tolerancias de los componentes claves, ya que, estos factores son los que están hoy en día generando la mayor parte de defectos de calidad en las piezas.
- El AMEF es una herramienta que demostró gran aplicabilidad dentro de la planta, al facilitar enormemente el seguimiento y evolución de las fallas intervenidas y la priorización de actividades y esfuerzos por parte de los técnicos de mantenimiento. El software desarrollado debe ampliarse al resto

de equipos en la planta, para garantizar que no se permita el progreso del deterioro forzado en muchos de los equipos por mero descuido y olvido.

- La colaboración de la gerencia de fábrica de DANA TRANSEJES COLOMBIA fue vital en el desarrollo de este proyecto. El cambio de mentalidad del sólo producir constantemente sin parar y tener en cuenta el límite de los equipos, a la de volver a creer en la efectividad del mantenimiento preventivo; permitió implementar firmemente los cronogramas de actividades propuestos en el presente proyecto, y el uso de los indicadores es clave en la demostración y seguimiento de los resultados de la gestión de mantenimiento.

- Los operarios de producción son las personas que más tiempo pasan delante de sus equipos y que tienen más contacto directo con las fallas. Ellos son una fuente inagotable de información y una pieza clave en el equipo encargado de descifrar los fenómenos de las fallas. Por esta razón, es necesario insistir en el cumplimiento de las jornadas de capacitación y entrenamiento en el mantenimiento autónomo para no sólo avanzar en ese tema al interior de la empresa y devolver las condiciones básicas a los equipos, sino también, generar cambios de “mentalidad” en la gestión del mantenimiento de los equipos, que es más importante que cualquier teoría escrita sobre el tema.

- A nivel de diagnósticos técnicos, la mayoría de los equipos presentan un excesivo deterioro en todos los componentes relacionados con los sistemas hidráulicos. Estos factores son los más importantes, después de los mencionados sobre la precisión y la calidad, en el desempeño de los equipos y la causa común para tal situación, no sólo en los cuellos de botella, sino en

el resto de los equipos de la planta, es la falta de hábitos correctos de mantenimiento de estos sistemas y de conocimiento sobre estos componentes de los equipos. El nuevo mantenimiento preventivo de los equipos incluye resultados basados en esta situación, pero, es necesario de igual forma como lo muestra la metodología, profundizar en el conocimiento de los componentes de los equipos hasta entender completamente la relación de la totalidad de sus mecanismos. De lo contrario, será muy difícil obtener resultados exitosos con la metodología.

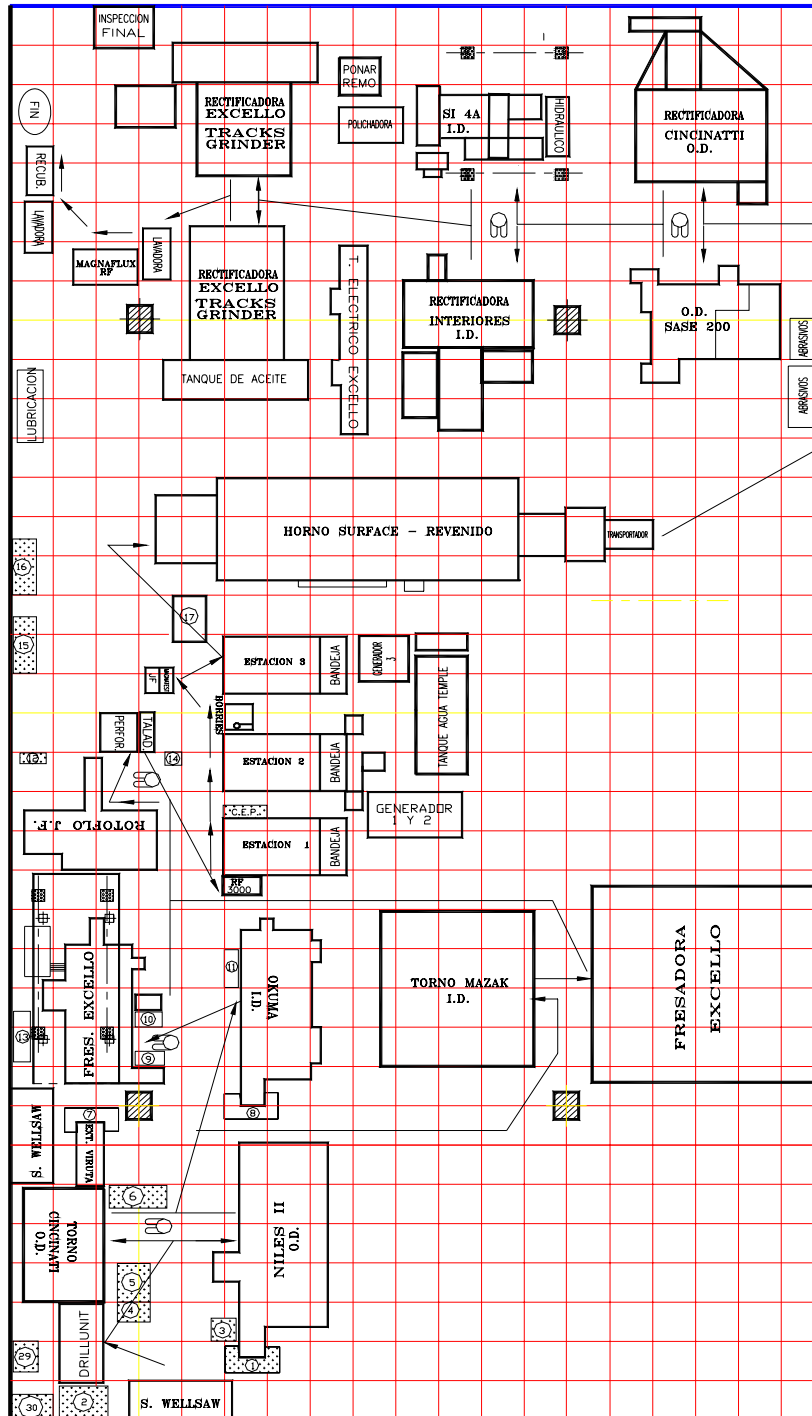
- Los resultados plasmados en las fichas ya fueron aplicados para la rectificadora de interiores SI-4A en una parada programada de servicio. Al aplicar la ficha "2", el desempeño en cuanto a indicadores de calidad del equipo mejoró notablemente, reduciendo los riesgos de defectos de calidad en las piezas.

ANEXO A. DISTRIBUCIONES DE PLANTA

1. LAY-OUT JUNTAS FIJAS

LAY-OUT

AREA 684.00 M²



JUNTAS FIJAS

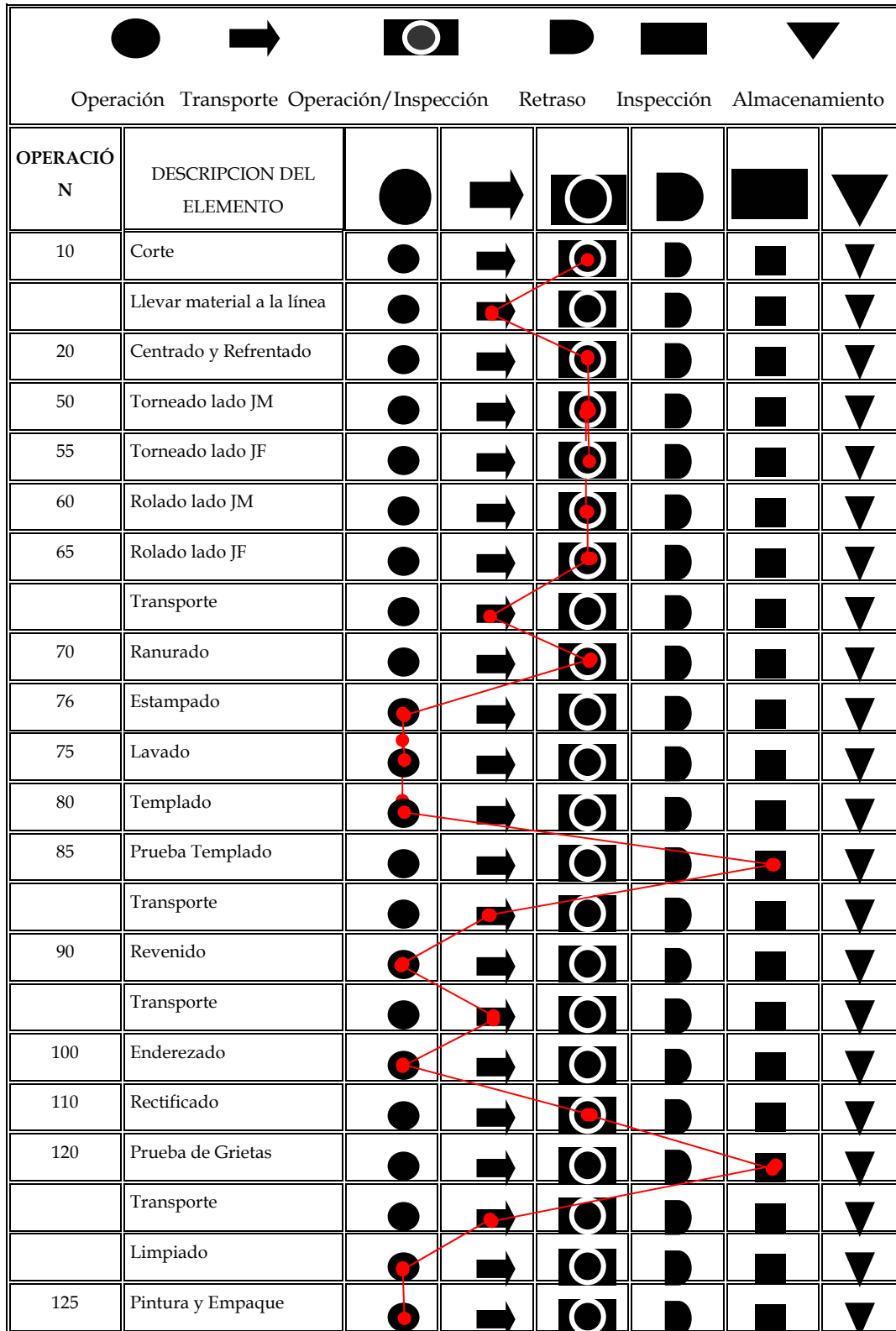
- 1 CARRO DE VIRUTA
- 2 MATERIA PRIMA
- 3 MESA PARA GAGE
- 4 MESA PARA GAGE
- 5 TOBOGAN
- 6 MESA PARA GAGE
- 7 CARRO DE VIRUTA
- 8 CARRO DE VIRUTA
- 9 MESA PARA PIEZAS
- 10 MESA PARA GAGES
- 11 MESA PARA GAGES
- 12 MESA PARA GAGES
- 13 CARRO DE REFRIGERANTE
- 14 REPASADOR DE ROSCAS
- 15 CANECO DE RESIDUOS SOLIDOS
- 16 CARTAS C.E.P.
- 17 CARRO PARA TRANSPORTE MATERIAL
- 18 MESA PARA GAGES
- 19 MESA PARA GAGES
- 20 MESA PARA GAGES
- 21 MATERIAL TERMINADO
- 22 MATERIAL TERMINADO CON TARJETA VERDE
- 23 MATERIAL PARA RETRABAJAR
- 24 PUESTO DE LUBRICACION
- 25 BALANCEADOR DE ABRASIVOS
- 26 ALMACENAMIENTO DE ABRASIVOS
- 27 DESENGRASANTE
- 28 CARRO DE REFRIGERANTE
- 29 CARTAS PARA EL COMPARADOR OPTICO
- 30 INDICADORES DE GESTION
- 31 CANASTAS PARA MATERIAL
- 32 RESIDUOS LIQUIDOS

ANEXO B. DIAGRAMAS DE PRODUCCION

1. DIAGRAMA DE FLUJO DE PRODUCCION, JUNTAS FIJAS.

		Operación	Transporte	Operación/Inspección	Retraso	Inspección	Almacenamiento
OPE	DESCRIPCION DEL ELEMENTO						
	Almacén						
	Llevar material a la línea						
5	Corte						
10	Centrado y Refrentado						
20	Torneado Exterior						
30	Torneado Interior						
40	Fresado de Pistas (Desbaste)						
45	Fresado de Pistas (Terminado)						
80	Estriado y Roscado						
144	Perforado Hueco Pin						
85	Lavado						
90	Temple Campana						
93	Temple Vástago						
98	Recocido Rosca						
95	Estampado						
	Prueba Templado						
	Transporte						
100	Revenido						
	Transporte						
110	Rectificado Exterior						
120	Rectificado Interior						
130	Rectificado de Pistas						
135	Lavado						
140	Prueba de Grietas						
155	Lavado						
155	Protección y Empaque						

2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PRODUCCION, INTEREJES



2. FICHA DE INSPECCION TIPO B, RECTIFICADORA SI-4A.

MANTENIMIENTO POR INSPECCION
JUNTAS FIJAS



MAQUINA		FECHA 1a REVISION:		FECHA 2a REVISION:	
		ESTADO	S.D.I.N°	ESTADO	S.D.I.N°
RECTIFICADORA SI 4A 01015		ACTIVIDAD A REVISAR		OBSERVACION	
		Pulsador parada de emergencia			
		Conectores, terminales.			
		Estado de las tarjetas.			
		Tacómetro.			
		Lamparas de señalización.			
		Sensores de avance de la mesa.			
		Botones pulsadores del panel de control.			
		Estado de los conductores de circuito de control.			
		Estado de los conductores de circuito de potencia.			
		Estado de los relevos del circuito de control.			
		Estado de los contactores del circuito de potencia.			
		Switch 's de presión			
		Microswitch 's			
		Aires acondicionados.			
Extractor de neblina aceitosa.					
Lampara interna de la maquina.					
OBSERVACIONES GENERALES:					

CONVENCIONES: "O" BUEN ESTADO
"X" MAL ESTADO

RESPONSABLE:


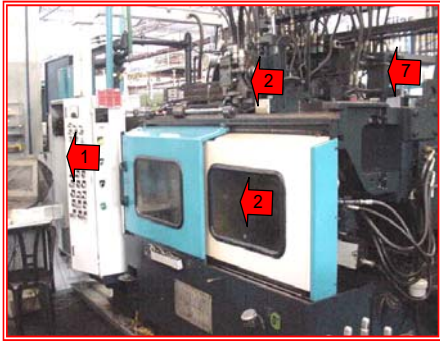
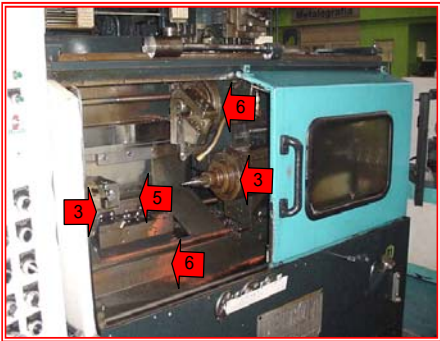
F17-111-0897

3. CRONOGRAMA DE INSPECCIONES POR MAQUINA.

THC TRANSLUCER TRANSMISIONES HIDROINTEGRADAS DE COLOMBIA S.A.		CALENDARIO PARA FICHAS POR INSPECCION																					
MES	FICHA	DAVID PARADA			ANTONIO ALVAREZ			ALEJANDRO SERRANO			ARISTOBOLO NUNEZ			CARLOS I. PATRIO			CARLOS RINCON						
		A	C	B	A	B	C	B	C	D	B	C	B	C	B	A	B	A	B				
ENERO	MAZAK	SOLD LINCON *	ROTO-FLO (I)	SASE 200	RECORA(U)	RECORA(U)	ROTO-FLO(U)	H. TERRIGENO *	M. ESTINGUIDAD *	GEN. T.C.T. (I)	MAZAK	ROTO-FLO (I)	CEN. T.C.T. (I)	ROTO-FLO (I)									
	CINCINNATI	KNOCKDOWN *	NILES (II)	NILES (II)	TORQ. TOR. ROTAR *	TORQ. TOR. ROTAR *	MAVILOR	POL. MHIRRA	LANDIS 3 (TU)	LANDIS 3 (TU)	MAZAK	ROTO-FLO (I)	S. DOALL	R. EXCELLO									
	SASE 200	P. KITS 2 *	MAQ. DE VIDA	MAQ. DE VIDA	TORQ. TOR. ABRAZ *	TORQ. TOR. ABRAZ *	H. CEMENTACION	H. CEMENTACION	LANDIS 1 (TR)	LANDIS 1 (TR)	C. SPICER	R. EXCELLO	S. DOALL	R. EXCELLO									
	ROTO-FLO (J)		MAQ. DE VIDA	MAQ. DE VIDA	EQ. PRUEB. DELAV *	EQ. PRUEB. DELAV *	LANDIS 4 (I)	LANDIS 4 (I)	COLONIAL III	COLONIAL III	E. BORRIES	R. EXCELLO II	LANDIS II (TR)	R. EXCELLO II									
	TOCCO(I)		R. SI 4A	R. SI 4A	H. SECADO *	H. SECADO *	NILES (I)	GEN. DE GAS	PARATHON	PARATHON	DUBIED I	R. EXCELLO II	DRILL-UNIT	R. EXCELLO II									
FEBRERO	MAVILOR	H. SURFACE	H. SURFACE	MAVILOR	PRENSA 60 TON *	PRENSA 60 TON *	GEN. DE GAS	GEN. DE GAS	C. BREVIET	C. BREVIET	LANDIS (TR)	NILES (I)	LANDIS (TR)	NILES (I)									
	TOCCO (II)		R. SI 4A	R. SI 4A	CAL. ZOLLER *	CAL. ZOLLER *	DETROIT	DETROIT	S. DOALL	S. DOALL	DETROIT	MFLUX (TR)	DETROIT	MFLUX (TR)									
	R. EXCELLO 2		R. EXCELLO 2	R. EXCELLO 2	HIDR. ENERPAC *	HIDR. ENERPAC *	OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	R. EXTERIORES	R. EXTERIORES	ALEX. T.C.T. (TU)	R. SI 4A	ALEX. T.C.T. (TU)	R. SI 4A									
	DUBIED II		R. CINCINNATI	R. CINCINNATI	ENGODORA (ED) *	ENGODORA (ED) *	OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	P. FLEX-PRESS	P. FLEX-PRESS	ENDOMIATIC	WELLSAW	ENDOMIATIC	WELLSAW									
	LANDIS 3 (TU)		OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	P. BARIAG (C) *	P. BARIAG (C) *	OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	ROSCADOR(U)	ROSCADOR(U)	SELFEDER II (T)	A. JIN-SHU	SELFEDER II (T)	A. JIN-SHU									
MARZO	MAZAK	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	SOTA VIEH-BAN	SOTA VIEH-BAN	ROTO-FLO(U)	H. TERRIGENO *	M. ESTINGUIDAD *	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)									
	CINCINNATI		NILES (II)	NILES (II)	C. INGERSOLL 2	C. INGERSOLL 2	MAVILOR	POL. MHIRRA	LANDIS 3 (TU)	LANDIS 3 (TU)	MAZAK	ROTO-FLO (I)	S. DOALL	R. EXCELLO									
	SASE 200		R. EXCELLO	R. EXCELLO	B. CONDENSAD	B. CONDENSAD	H. CEMENTACION	H. CEMENTACION	LANDIS 2 (TR)	LANDIS 2 (TR)	C. SPICER	R. EXCELLO	S. DOALL	R. EXCELLO									
	ROTO-FLO (J)		MAQ. DE VIDA	MAQ. DE VIDA	CORT. PRZIS-40	CORT. PRZIS-40	GEN. DE GAS	GEN. DE GAS	MFLUX (I)	MFLUX (I)	E. BORRIES	R. EXCELLO	LANDIS II (TR)	R. EXCELLO									
	TOCCO (I)		R. SI 4A	R. SI 4A	CORT. LEECO	CORT. LEECO	AVENGER	AVENGER	SOLO DE PUNTO *	SOLO DE PUNTO *	DUBIED I	R. EXCELLO II	DRILL-UNIT	R. EXCELLO II									
ABRIL	MAVILOR	H. SURFACE	H. SURFACE	MAVILOR	EQ. PRUEB. DELAV *	EQ. PRUEB. DELAV *	GEN. DE GAS	GEN. DE GAS	POINAR REMO	POINAR REMO	LANDIS (TR)	NILES (I)	LANDIS (TR)	NILES (I)									
	TOCCO (TU)		R. EXCELLO 2	R. EXCELLO 2	H. SECADO *	H. SECADO *	AVENGER	AVENGER	MARK MATIC	MARK MATIC	DETROIT	MFLUX (TR)	DETROIT	MFLUX (TR)									
	DUBIED II		R. CINCINNATI	R. CINCINNATI	R. CINCINNATI	R. CINCINNATI	AVENGER	AVENGER	AVADORA (I)	AVADORA (I)	EST. BORRIES	R. EXCELLO II	AVADORA (I)	R. EXCELLO II									
	LANDIS 3 (TU)		OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	AVENGER	AVENGER	E. ESFERAS	E. ESFERAS	DESBARBADORA (T)	R. EXCELLO II	DESBARBADORA (T)	R. EXCELLO II									
	F. EXCELLO		R. EXCELLO	R. EXCELLO	OKUMA 2 (I)	OKUMA 2 (I)	AVENGER	AVENGER	SELFEDER II (T)	SELFEDER II (T)	DESBARBADORA (T)	R. EXCELLO II	DESBARBADORA (T)	R. EXCELLO II									
MAYO	MAZAK	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	RECORA(U)	RECORA(U)	ROTO-FLO(U)	H. TERRIGENO *	M. ESTINGUIDAD *	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)	ROTO-FLO (I)									
	CINCINNATI		NILES (II)	NILES (II)	TORQ. TOR. ROTAR *	TORQ. TOR. ROTAR *	MAVILOR	POL. MHIRRA	LANDIS 3 (TU)	LANDIS 3 (TU)	MAZAK	ROTO-FLO (I)	S. DOALL	R. EXCELLO									
	SASE 200		MAQ. DE VIDA	MAQ. DE VIDA	TORQ. TOR. ABRAZ *	TORQ. TOR. ABRAZ *	H. CEMENTACION	H. CEMENTACION	LANDIS 1 (TR)	LANDIS 1 (TR)	C. SPICER	R. EXCELLO	S. DOALL	R. EXCELLO									
	ROTO-FLO (J)		MAQ. DE VIDA	MAQ. DE VIDA	EQ. PRUEB. DELAV *	EQ. PRUEB. DELAV *	GEN. DE GAS	GEN. DE GAS	COLONIAL III	COLONIAL III	E. BORRIES	R. EXCELLO	LANDIS II (TR)	R. EXCELLO									
	TOCCO (I)		R. SI 4A	R. SI 4A	PRENSA 60 TON *	PRENSA 60 TON *	AVENGER	AVENGER	PARATHON	PARATHON	DUBIED I	R. EXCELLO II	DRILL-UNIT	R. EXCELLO II									

ANEXO E. FORMATOS EXISTENTES PARA LA GESTION DE MANTENIMIENTO

1. EJEMPLO DE ESTANDAR DE LIMPIEZA PARA EL TORNO DETROIT

<u>S.O.L.</u>		ESTÁNDAR DE LIMPIEZA								
PRODUCCION	NOMBRE DE MAQUINA :	TORNO DETROIT	No.							
										
PASO	No.	LOCALIZACION	METODO	ACCION	VERIFICAR	CADA TURNO	TURNO	SEM.	TIEM. (MIN)	PERSONA RESPONSABLE
LIMPIEZA / VERIFICACION	1	Tablero de controles	Lanilla	Limpiar	Estado pintura / botones	x			2	Operario
	2	Puertas y parte superior máquina	Lanilla y escobilla	Limpiar	Estado		x		3	Operario
	3	Contrapunto y copa	Escobilla	Limpiar	Estado/ manómetro	x			4	Operario
	4	Manómetros	Lanilla	Limpiar	Estado / funcionamiento			x	3	Operario
	5	Espátula ranuradora	Escobilla	Limpiar	Estado	x			3	Operario
	6	Bancadas torreta y contrapunto	Escobilla	Limpiar	Estado			x	5	Operario
	7	Parte de atrás máquina	Pala, escobilla y lanilla	Limpiar	Manómetros			x	15	SAM
TOTAL										

Últ. Rev.: Marzo 06/2003

2. EJEMPLO DE CARTA DE LUBRICACIÓN PARA EL TORNO CINCINNATI

LINEA		MAQUINA			CODIGO		
JUNTAS FIJAS		TORNO CINCINNATI					
No	PUNTOS DE LUBRICACIÓN	FRECUENCIA	LUBRICANTES		ACCION A REALIZAR	HERRAMIENTAS A UTILIZAR	METODO
			NOMBRE	CAPACIDAD DEPOSITO			
1	HIDRAULICO	SEMANTAL	RANDO 32	14 GALONES	MANTENER NIVEL	EMBUDO	C
51	COPA	DIARIO	MULTIFAK EP 2	2 BOMBAZOS X GRASERA	INYECTAR GRASA	ENGRASADORA	GR
52	CHUMACERA	SEMANTAL	MULTIFAK EP 2	2 BOMBAZOS X GRASERA	INYECTAR GRASA	ENGRASADORA	GR
41	MOTOREDUCTOR	SEMANTAL	MEROPA 680	1/4 GALON	MANTENER NIVEL	EMBUDO	D

INSTRUCCIONES ANEXAS

CAMBIAR AEL FILTRO HIDRAULICO CADA 2000 HORAS DE OPERACIÓN

CAMBIAR EL ACEITE HIDRAULICO CADA 4000 HORAS DE OPERACIÓN

LUBRICAR LA COPA Y LAS CHUMACERAS HASTA REMOVER GRASA VIEJA

F17-098-0897

De acuerdo a los puntos graficados por el operario, este debe observar las tenencias de los mismos en los dos cuadros superiores del formato anterior, que predicen aproximadamente cuando el proceso estará bajo control o fuera de control. Cuando las causas especiales dentro del proceso son razones atribuidas al mantenimiento de la máquina, el operario debe escribir y registrar la información en el cuadro de observaciones, anotando el código MN dentro de cualquiera de los recuadros.

3. PRUEBA DE HABILIDAD Y CAPACIDAD DE LA MAQUINA.

Para el estudio de habilidad de las máquinas, se toma un número n de muestras de la medida crítica de calidad. Para todo el grupo de medidas de tolerancia se saca la media \bar{x} , la cual nos servirá para calcular la desviación estándar de todas las muestras (S):

$$S = \sqrt{\sum \frac{(X_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Luego debe calcularse la desviación estándar para los subgrupos, la cual también se conoce como la desviación estándar estimada, y corresponde a la dispersión del conjunto de subgrupos que componen una muestra. Es decir, para las n muestras, deben haber N subgrupos con valores parecidos.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Finalmente se puede calcular el valor P_p , el cual indica la HABILIDAD POTENCIAL que tiene un proceso para producir piezas dentro de especificación:

$$P_p = \frac{TT}{6S}$$

Lo que quiere decir la formula anterior, es simplemente que, para la tolerancia promedio que haya presentado la distribución de mi proceso, debe dividirse sobre 6 veces la desviación estándar, y este valor debe ser mayor a 1.33.

Para el cálculo del P_{pk} , el cual indica la habilidad real de un proceso por involucrar el centramiento del mismo tenemos:

$$P_{pk} = \frac{Z_{crit}}{3S}$$

Para el Z_{crit} , se escoge el valor más lejos que resulte de restar la media de mi proceso, con respecto a los valores de tolerancia requeridos. Este valor debe ser igualmente mayor a 1.33.

Para los estudios de capacidad, el cálculo de capacidad se realiza con una muestra n , pero tomada a largo plazo, durante un tiempo. Después de hacer el mismo proceso anterior con estos valores, podemos calcular:

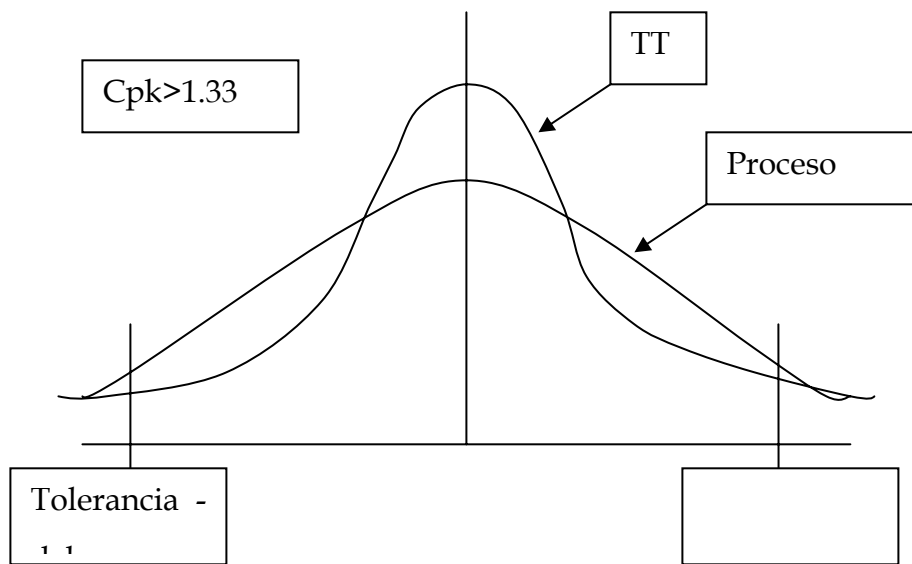
La capacidad potencial de un proceso sin tener en cuenta el centramiento del mismo:

$$C_p = \frac{TT}{6\sigma}$$

Y la capacidad real de un proceso, teniendo en cuenta el centramiento del mismo:

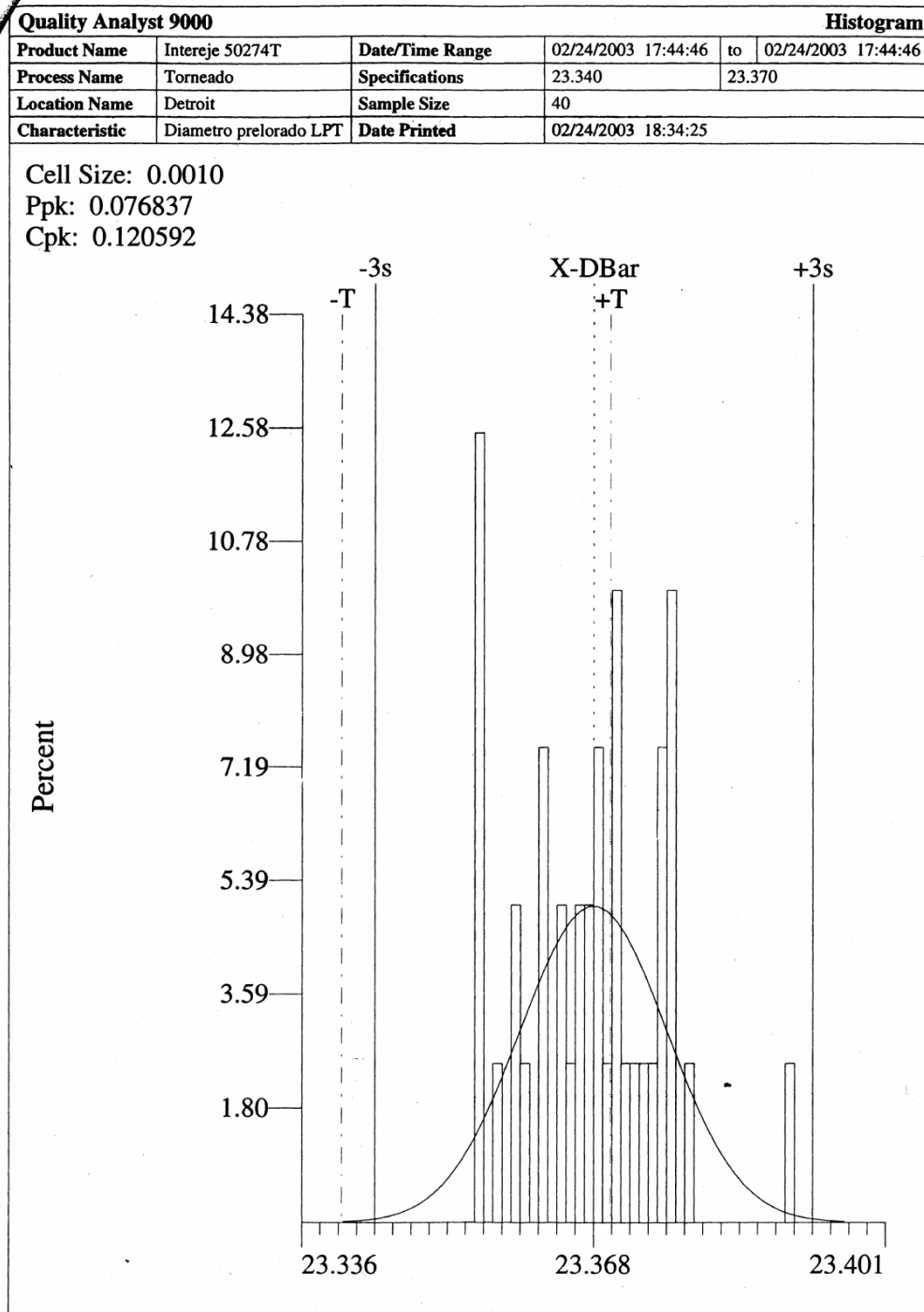
$$C_{pk} = \frac{Z_{crit}}{3\sigma}$$

Estos dos valores deben ser iguales a 1.33 también.



En DANA TRANSEJES COLOMBIA existe un Software especializado en calcular estos valores después de ingresadas las muestras. En la siguiente figura puede verse un ejemplo para el análisis del diámetro de pre-rolado del torno Detroit, y Lugo las conclusiones concernientes al departamento de mantenimiento. En ella podemos ver los dos indicadores para el Control estadístico de procesos, y observar que no cumplen los requerimientos

exigidos por la norma. Las posibles causas que deben ser tenidas en cuenta para la programación del mantenimiento preventivo se exponen después de analizar los resultados en un informe que aparece a continuación.



El informe que se presento a mantenimiento y en general a la fábrica, fue el siguiente:

ESTUDIOS DE HABILIDAD

Máquina: Detroit I (Interjes)
Número de parte: 50274T
Característica: Diámetro prerolado
Operario: Sigilfredo Baños
Fecha: 27 Febrero 2003

RESULTADOS

Según los resultados, el proceso NO es capaz de producir piezas dentro de especificación:

1. Presenta mecanizado con óvalo cuya dispersión es el 157% de la tolerancia total especificada.
2. En ausencia de óvalo, la dispersión del proceso sería de 117% de la tolerancia total especificada.

PARAMETROS DE CORTE

PARAMETRO	ACTUAL	RECOMENDADO
Velocidad de corte	110 m/min. (1537 RPM)	220 m/min. aceros con 200HB (3132 RPM)
Avance	0.25 mm/rev	0.3 mm/rev
Profundidad de corte	2.4 mm	3.0 mm
Inserto	4025	4025

Nota: Se observa una variación significativa de la presión del plunge que oscila entre 140 y 280 psi cuando el copiado asciende y desciende.

Luego se hicieron una serie de recomendaciones, las cuales van a alimentar los datos que deben ser tenidos en cuenta en el desarrollo de este proyecto y en general de la programación del nuevo plan de mantenimiento preventivo.

Las recomendaciones fueron las siguientes:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Utilizar el Torno Detroit para hacer operaciones de desbaste o premecanizados hasta que se logre un proceso bajo estabilidad estadística.
2. Realizar una verificación y ajuste de las presiones hidráulicas respecto a lo establecido en el manual de la máquina:

MECANISMO	PRESION ACTUAL	PRESION RECOMENDADA
Plunge	140-280 psi	450 psi
Contrapunto	320-340 psi	300 psi

Nota: En los planos de proceso de la máquina dice: " When stylus contacts template, start feed press. Switch must actuate (aprox 450 psi) to initiate tracer feed condition"

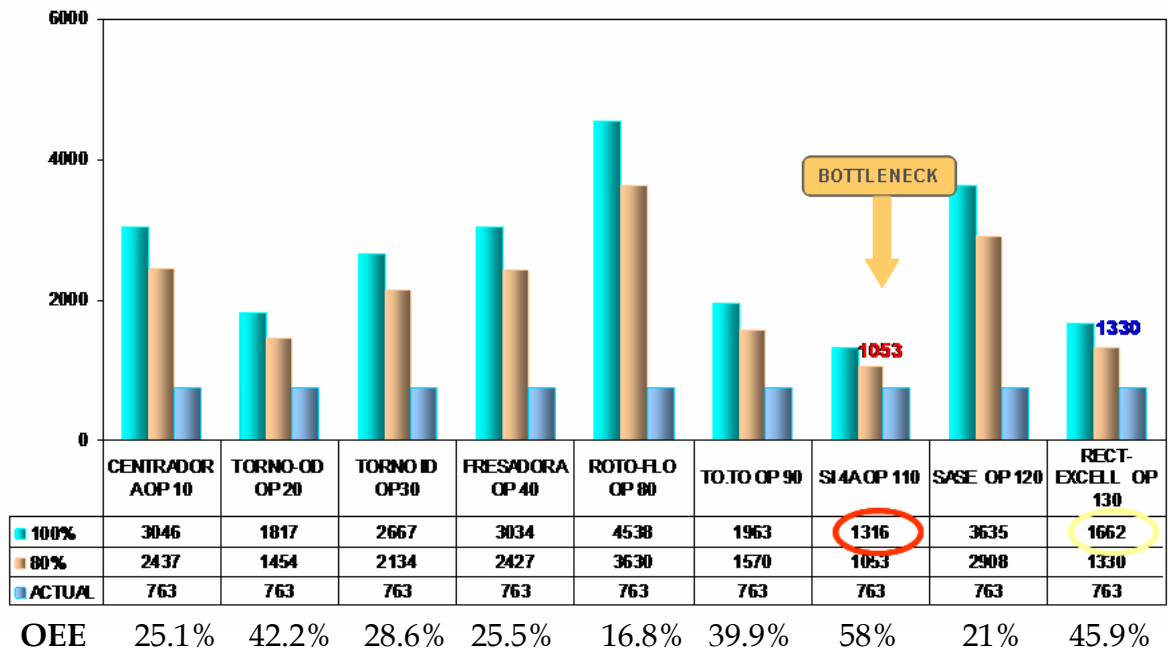
3. Verificar la temperatura del aceite respecto a lo especificado en el manual de la máquina.
4. Evaluar la alternativa de utilizar plantillas apoyadas sobre la guía portacopias y no plantillas cilíndricas apoyadas entre puntos.

ANEXO G. EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS

1. EJEMPLO DE PLAN DE ACCION PARA LA RECTIFICADORA SI-4A.

Acción	Pilar MS	Proyectos	Disp	Efic	OEE	Partes	Result	Progress %			
						X día		25%	50%	75%	100%
A	SET-UP	Reducción de puesta a punto en Tratamiento Térmico.	7,00%		5,80%	77,0	30-Jun-04				
B	OTA	Movimiento de canastas del horno		1,00%	0,70%	8,6	30-Mar-04				
C	OTA	Garantizar operario continuo en la máquina.		5,00%	3,40%	43	30-Ene-04				
D	TPM	Ajuste total a los conectores de tarjetas	4,00%		3,50%	54,4	30-Mar-04				
E	OTA	Control horario de productividad.		3,00%	2,00%	25,8	30-Mar-04				
F	SET-UP	Mejorar abrasivo (Piedra gruesa 12000-18000 rpm), ajustes de parámetros.	1,00%		0,9%	11	30-Mar-04				
G	TPM	Baliza		1,00%	0,7%	8,6	20-Ene-04				

2. CALCULO DE VALORES DE OEE PARA MARZO DE 2004 EN LA LINEA DE JUNTAS FIJAS.



ANEXO H. ANALISIS PM PARA EL TORNO DETROIT Y DUBIED II



1. ANALISIS DE LOS TRES PRIMEROS PROBLEMAS MECANICOS (TORNO DETROIT).

Linea		Formato PM		(Espacio para bosquejo físico de los problemas)		THC TRANSILAS TRANSMISIONES MONOMOTORA DE COLOMBIA S.A.	
Nombre de la máquina Producto o parte		Interese				T.P.M.	
Fecha de preparación		Información del personal					
Gerente de la sección		02-Ago-04					
Coordinador		Fabio González Victor Campillo					
		Equipo de trabajo					
1 Alejandro Serrano		4 Luis Fernando Echávez		Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos		ACCIONES DE CORRECCION	
2 Ramiro Garzon		5 Gilberto Tarazona					
3 Jaime Castillo		6 David Parada					
Definición de las condiciones							
PROBLEMA	MODO DE FALLA	CAUSA	POR-QUE	POR-QUE	POR-QUE		
1. El centro de la pieza varía durante la rotación	* El centro de la pieza se mueve libremente durante el proceso de mecanizado en la copa	1.1 Movimiento de la pieza dentro del mecanismo de anclaje	1.1.1 Desgaste del contorno de las mordazas	* Frecuencia de trabajo	* Desmonte e inspección de las dimensiones de las mordazas y el alineamiento de rodamientos en el montaje del cabezal de la copa		
	* El centro de la pieza se mueve libremente durante el proceso de mecanizado en el contrapunto	1.2 Movimiento de la pieza en el contrapunto	1.1.2 Mordazas largas no cierran completamente ajustando la pieza	* Mal diseño y disposición de dispositivos	* Rectificado de las mordazas a dimensiones ideales		
2. La torreta no sigue un trayectoria igual al contorno de la pieza	* El movimiento de la torreta no está ceñido a la trayectoria de la copia causando variación de diámetros	2.1 Variación de presiones en el sistema	2.1.1 Fugas excesivas en válvulas y juntas (Variación excesiva del nivel de aceite)	* Desgaste en el cono del contrapunto	* Desmonte e inspección de las dimensiones del cono y alineación		
			2.1.2 Comutación defectuosa, pérdida de precisión (Permiten paso de aceite indeseado con movimiento de actuadores supuestamente inactivados) en algunas válvulas del sistema.	1.2.1 Variación de presión en el contrapunto	* Variaciones de presión en el contrapunto	* Ajuste de la presión del contrapunto a los valores adecuados	
			2.1.1 Fugas excesivas en válvulas y juntas (Variación excesiva del nivel de aceite)	* Empaques y O rings deteriorados (Debido a altas temperaturas)	* Cambio de empaques y O rings de las válvulas		
			2.1.2 Comutación defectuosa, pérdida de precisión (Permiten paso de aceite indeseado con movimiento de actuadores supuestamente inactivados) en algunas válvulas del sistema.	* Desgaste acelerado (Debido a altas temperaturas) y contaminación del aceite	* Determinar una frecuencia para mantenimiento preventivo de las válvulas, racores y juntas.		
			2.1.3 Alta Temperatura del aceite (Superior a 120 F)	* Intercambiador de calor desconectado	* Desmonte y revisión de los mecanismos de las válvulas hidráulicas del sistema (Spools)		
				* Filtro de aceite contaminado (Más de un año sin limpieza)	* Determinar una frecuencia para mantenimiento preventivo y pruebas en el funcionamiento de las válvulas incluyendo solenoides y conexiones eléctricas		
					* Reconectar el intercambiador de calor de aceite		
					* Determinar frecuencias de mantenimiento preventivo para el intercambiador de calor		
					* Limpiar la particulas incrustadas en el filtro de aceite		
					* Determinar frecuencias aceptadas para la limpieza del filtro de aceite		

2. ANALISIS DE LOS TRES PRIMEROS PROBLEMAS MECANICOS (TORNO DUBIED II).

Linea		Formato PM		(Espacio para bosquejo físico de los problemas)		ACCIONES DE CORRECCION	
Nombre de la máquina DUBIED II		Intérese					
Producto o parte		Información del personal					
Fecha de preparación		27-Ago-04					
Gerente de la sección		Fabio González					
Coordinador		Victor Campillo					
1 Alejandro Serrano		Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos					
2 Ramiro Garzon							
3 Jaime Castillo							
Definición de las condiciones		CAUSA		POR-QUE		POR-QUE	
PROBLEMA		MODO DE FALLA					
1. El centro de la pieza varía durante la rotación	* El centro de la pieza se mueve libremente durante el proceso de mecanizado en la copa	1.1 Juego en los rodamientos	1.1.1 Desgaste de los rodamientos y desajuste de las canastillas	*Desgaste natural y alta frecuencia de uso	*Determinar frecuencias para ajuste del juego de los dos rodamientos del husillo de acuerdo a la carta de tolerancias del sistema		
	* El centro de la pieza se mueve libremente durante el proceso de mecanizado en el contrapunto	1.2 Movimiento de la pieza dentro del montaje de anclaje (Canastillas)	1.2.1 Desgaste de las muelas de las canastillas	*Desgaste natural por rozamiento del sistema	*Comprobar cumplimiento de las tolerancias en el montaje de anclaje (Canastillas)		
		1.3 Juego en los rodamientos del contrapunto	1.3.1 Desgaste de los rodamientos y desajuste	*Desgaste natural y alta frecuencia de uso	*Establecer frecuencias para ajuste del juego o cambio de los rodamientos		
2. La pieza se mecaniza descentrada	* La pieza se encuentra anclada en dos puntos sin centrado coincidente	1.4 Juego en la camisa del mecanismo del contrapunto	1.4.1 Desgaste por rozamiento de las superficies		*Rectificado del juego camisa-retenedor y ajuste del sello para disponer de las tolerancias adecuadas en el movimiento radial del contrapunto *Establecer frecuencias de inspección del desgaste en esta parte		
		2.1 Las tolerancias entre las medidas de centrado entre copa y contrapunto están fuera de los límites	2.1.1 Las tolerancias del como del contrapunto maquinado en planta no cumplen especificaciones		*Mantener en stock de mantenimiento sólo como originales *Comprobar cumplimiento de las tolerancias en el montaje del contrapunto		
3. La herramienta no sigue la trayectoria exacta de la copia	* Existe movimiento relativo entre el carro portaherramientas y el cilindro hidráulico al aplicarse la fuerza	3.1 El cilindro no está apropiadamente ajustado al carro portaherramientas	3.1.1 La tuerca que ancla el cilindro al sistema con mal ajuste		*Establecer frecuencias para ajuste del mecanismo de copiado incluyendo las roscas del cilindro hidráulico interno		
		3.2 Existe desajuste entre el carro copiator y las guías del mismo	3.2.1 El juego generado por este montaje cede al recibir esfuerzo		*Ajustar las guías que acercan mas el montaje del carro hacia las guías *Establecer frecuencias para la inspección del desgaste de los componentes del mecanismo así como su lubricación		
	* El palpador no toca el lugar adecuado en la copia	3.3 Existe movimiento relativo entre el palpador y el carro copiator	3.3.1 El palpador no está apropiadamente ajustado en el pivote al carro copiator		*Establecer frecuencias para ajuste del mecanismo de pivoteaje del palpador		
	*Existe movimiento errado en el cilindro hidráulico	3.4 Fuga de aceite en el cilindro hidráulico	3.4.1 Desgaste de los anillos del embolo		*Establecer frecuencias para cambio de anillos del embolo.		

Linea		Formato PM		(Espacio para bosquejo físico de los problemas)	
Nombre de la máquina		Producto o parte			
Producto o parte		Interje			
Fecha de preparación		Información del personal			
Gerente de la sección		27-Ago-04			
Coordinador		Fabió González			
		Victor Campillo			
		Equipo de trabajo			
1 Alejandro Serrano		Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos			
2 Ramiro Garzon					
3 Jaime Castillo					
Definición de las condiciones					
PROBLEMA	MODO DE FALLA	CAUSA	POR-QUE	POR-QUE	ACCIONES DE CORRECCION
4. Las correcciones y ajustes de diámetro varían con respecto a los dispuestos	*El mecanismo corrector del palpador varia las medidas con inexactitud	4.1 El sistema de piñones para corrección presenta desajustes	4.1.1 Los piñones presentan desgaste excesivo 4.1.2 Componentes del interno del mecanismo (Rodamientos, etc) se encuentran desajustados	*Desgaste natural y alta frecuencia de uso	*Establecer una frecuencia de inspección y cambio de la pifoneria del mecanismo *Establecer una frecuencia de inspección y ajuste de los componentes internos del mecanismo
5. El carro copiador varia la fuerza necesaria para mecanizar la pieza	*La herramienta baja más allá de los límites de la copia o no llega a la profundidad dentro de especificaciones de mecanizado *Variación de las presiones en el sistema	5.1 Presión de copiado excesiva o demasiado reducida 5.2 Sellado defectuoso de válvulas	5.1.1 Desajuste de la válvula de control de presión para el copiado 5.2.1 Desgaste forzado por la suciedad del aceite	*Inclusiones de partículas externas y desgaste interno de partes del sistema *Altas temperaturas del aceite y rutinas de mantenimiento insuficientes para el mismo	*Establecer una frecuencia de inspección y ajuste de la válvula de control de presión de copiado *Establecer frecuencias para inspección de niveles de presión del sistema hidráulico *Establecer frecuencias para limpieza de filtro y cambio de aceite del sistema hidráulico *Establecer frecuencias para cambios de empaques en los diferentes componentes del sistema hidráulico *Establecer frecuencias para monitoreo constante de temperatura y cambio de o rings en los diferentes tipo de válvulas del sistema
6. El Palpador se mueve con respecto a su eje vertical de posición	*Alta vibración del palpador al contacto con la copia	6.1 El palpador se desajusta en las partes que rodean el lugar donde está montado	6.1 Desajuste del montaje del palpador por desgaste natural y alta frecuencia de absorción de fuerzas		*Se adaptó un buje que compensara la distancia del desgaste y eliminara el desajuste *Establecer frecuencias de inspección del nivel de ajuste del palpador

Línea	Juntas fijas (RF)		Formato PM		 
Nombre de la máquina	DUBIED II				
Producto o parte	Interje				
Fecha de preparación	27-Ago-04				
Gerente de la sección	Fabio González				ACCIONES DE CORRECCION *Establecer frecuencias adecuadas para cambio de los sellos de la bomba y demás componentes del sistema hidráulico *Establecer frecuencias adecuadas de presión para inspección de sellos y componentes de empaquetaduras en el sistema *Establecer frecuencias adecuadas para limpieza de filtro y/o cambio, cambio de aceite y limpieza de aceite *Establecer frecuencias adecuadas para monitoreo y medición de las temperaturas del sistema *Establecer frecuencias adecuadas para mantenimiento preventivo del intercambiador de calor del sistema y limpieza de filtros de agua y temperatura del agua
Coordinador	Victor Campillo				
Equipo de trabajo					
1 Alejandro Serrano	4 Luis Fernando Echávez		Relaciones con el equipo, dispositivos, herramientas, materiales y métodos		
2 Ramiro Garzon	5 Gilberto Tarazona				
3 Jaime Castillo	6 Antonio Alvarez				
PROBLEMA	MODO DE FALLA	CAUSA	POR-QUE	POR-QUE	
1. El aceite se escapa por las tolerancias de la bomba	*Acumulación de aceite en la superficies adyacentes a la bomba	1.1 Los materiales de los sellos en la bomba específicamente (Y en general) se deterioran rápidamente, se endurecen y pierden flexibilidad, y permiten fugas	1.1.1 Desgaste natural por rozamiento de las superficies internas		
			1.1.2 Contaminación interna del aceite	*Rutinas deficientes de tratamiento del aceite (Cambio de aceite del sistema, pruebas y limpieza de filtros)	
			1.1.3 Películas delgadas de lubricante permiten partes rozando y que la fricción y el desgaste aumenten	*Altas temperaturas disminuyen viscosidad (Ciclos de trabajo extremo, la aireación y la contaminación). El calor excesivo, por su parte, acelera la oxidación del fluido del sistema.	

ANEXO I. CRITERIOS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLA

1. CRITERIOS DE SEVERIDAD

TABLA DE SEVERIDAD			
	Criterio: Severidad del Efecto. Este rango se produce cuando la falla resulta en una parada muy larga del equipo que afecta la producción y/o causa accidentes. Si ambos efectos ocurren, use la más alta de las dos severidades.	Criterio: Severidad del Efecto. Este rango se produce cuando una falla resulta en un defecto de calidad de las piezas que se procesan en el equipo y/o el fenómeno se repite permanentemente generando grandes tiempos de parada e intervención sobre la máquina	Rango
Alta gravedad	Cuando la falla genera una parada en la producción de toda la línea y la(s) causa(s) de la falla son totalmente desconocidas por el equipo de mantenimiento de la planta.	O puede poner en peligro al operador (máquina) sin advertencia y las soluciones implican cambios de gran inversión económica y/o replanteamiento del proceso o gestión.	10
Gravedad	Cuando la falla afecta las especificaciones de calidad requeridas en el proceso o en las piezas de manera continua, y la(s) causa(s) de la falla están identificadas por el equipo de mantenimiento de la planta	O puede poner en peligro al operador (máquina) con advertencia y las soluciones impliquen una inversión económica justificable cuyas herramientas y medios existan en la planta.	9
Muy alto	Cuando la falla genera una parada sólo en la celda y y la(s) causa(s) de la falla son totalmente desconocidas por el equipo de mantenimiento de la planta.	O Se necesita invertir mucho tiempo en intervención y seguimiento para corregir y verificar la solución de la falla.	8
Alto	Cuando la falla genera una parada sólo en la celda y la(s) causa(s) de la falla están identificadas por el equipo de mantenimiento de la planta.	O Se necesita esperar por repuestos con la máquina parada para poder poner en funcionamiento nuevamente la misma.	7
Moderado	Cuando la falla, aunque genera parada en la máquina, se presenta por un hecho esporádico y aislado de fácil solución.	O la causa de la parada se debió simplemente a un cambio en las condiciones normales de operación de la máquina.	6
Bajo	Cuando la falla afecta las especificaciones de calidad requeridas en el proceso, aunque no genera paradas, o en las piezas por una causa esporádica o de fácil solución.	O la causa del defecto aunque impida el funcionamiento óptimo del equipo, no impide su uso en la producción	5
Muy bajo	Cuando la falla en la máquina genera una parada muy corta.	O la causa del defecto se debió simplemente a un cambio en las condiciones normales de operación de la máquina.	4
Menor	Cuando la falla puede ser intervenida sin que la producción sea afectada o la máquina sea parada, pero requiere de un tiempo largo de intervención por parte de los operarios de mantenimiento.		3
Muy menor	Cuando la falla puede ser intervenida sin que la producción sea afectada o la máquina sea parada y el tiempo de intervención es corto.		2
Ninguno	Cuando el efecto de la falla no es notable y sólo busca mejoras en la condición de la máquina o cambios que no afectan el proceso.	O la falla puede ser intervenida después de recibir capacitación por el operario de producción para su corrección.	1

2. CRITERIOS DE OCURRENCIA

Probabilidad	Indices de Fallas Probables*	Rango
Muy alta: Fallas Persistentes	> 15 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	10
	De 10-15 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	9
Alta: Fallas Frecuentes	De 7-9 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	8
	6 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	7
Moderada: Fallas Ocasionales	5 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	6
	4 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	5
	3 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	4
Baja: Relativamente Pocas Fallas	2 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	3
	1 veces de frecuencia acumulada en los últimos 12 meses según hoja de vida del equipo	2
Remota: Falla Poco Probable	Primera vez que ocurre en los últimos 12 meses	1


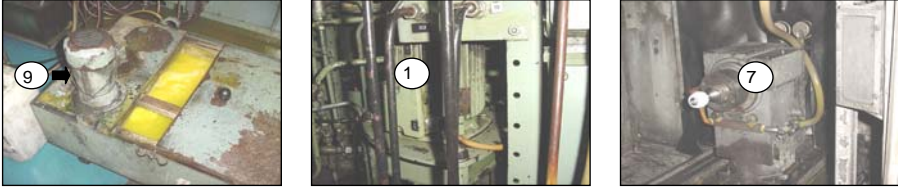

3. CRITERIOS DE DESTECCION.

TABLA DE DETECCION

Detección	Criterio	Tipos de pruebas para detección			Rango Sugerido de Métodos de Detección	Rango
		A	B	C		
Casi Imposible	Certeza absoluta de no detección de las causas.	x	x	x	No se saben definitivamente la(s) relación(es) causa-efecto de la falla que generó la parada del equipo.	10
Muy Remota	Probablemente no habrá detección de las causas.		x	x	El defecto del equipo sólo es perceptible a través de comparación con medidas límites/teóricas como por ejemplo los métodos de carta, CEP (Control Estadístico de Proceso), exista parada o no del equipo. Además falla es generada por la combinación de varias causas que varían en cada momento de su ocurrencia y es supremamente difícil las determinación en cada caso.	9
Remota	Poca probabilidad de detección inmediata.			x	La consecuencia de la falla es perceptible visualmente o evidente por la parada del equipo. Además, la falla es generada por la combinación de varias causas que varían en cada momento de su ocurrencia y es supremamente difícil las determinación en cada caso. Por las condiciones de suciedad o deterioro del equipo es imperceptible a la vista el defecto	8
Muy Baja	Poca probabilidad de detección inmediata.			x	Existen varias relaciones causa-efecto para el mismo problema, pero cada una actúa independientemente para generar la falla. Estas varían a cada momento que ocurre la falla. O la falla sólo puede ser detectada con el desmonte de partes durante un mantenimiento preventivo o correctivo.	7
Baja	Puede haber detección, pero no inmediata.	x		x	El establecimiento de la(s) relación(es) causa-efecto requieren de un seguimiento arduo y largo para su definición, y puede lograrse luego de varios procedimientos de prueba y error y/o CON la ayuda de personal externo a la planta.	6
Moderada	Puede haber detección, pero no inmediata.	x		x	El establecimiento de la(s) relación(es) causa-efecto requieren de un seguimiento arduo y largo para su definición, y puede lograrse luego de varios procedimientos de prueba y error SIN la ayuda de personal externo a la planta.	5
Moderadamente Alta	Buena probabilidad de detección inmediata.			x	La relación causa-efecto de la falla sólo puede ser determinada por el operario de mantenimiento a pesar de que este tome muy poco tiempo en descubrirla. O esta se hace durante rutina de inspecciones	4
Alta	Buena probabilidad de detección inmediata.			x	La relación causa-efecto de la falla puede ser determinada por el operario de producción y le toma muy poco tiempo en descubrirla, pero no pueden intervenirla para su corrección.	3
Muy Alta	Certeza casi absoluta de detección inmediata.			x	La relación causa-efecto de la falla puede ser determinada por el operario de producción y le toma muy poco tiempo en descubrirla e intervenirla para su corrección.	2
Muy Alta	Certeza absoluta de detección inmediata.			x	La relación causa-efecto de la falla es obvia y de fácil intervención por cualquier persona en la planta	1

Tipos de pruebas para detección:

- A. Prueba y error
- B. Medición
- C. Inspección Visual o Manual

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION C Rectificadora SI-4A		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por: Victor Campillo	Fecha de emisión:			
Sistema Hidráulico		Preparado por: Luis Fernando Echávez	Fecha de revisión:			
			No. De revisión: Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Motor (Bomba)	1	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
	2	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
Motor (Husillo-pieza)	3	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
	4	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
Motor (Mesa Transversal)	5	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
	6	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
Motor (Husillo-rectificador)	7	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
	8	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
Motor (Bomba-refrigerante)	9	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
	10	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
						

T.P.M.

FICHA DE INSPECCION D
Rectificadora SI-4A



Nombre de las partes Sistema Refrigeración	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
		Victor Campillo	Fecha de revisión:
		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1



Fecha de inspección realizada:

Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO		Especificación de corrección (ODT)
					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tanque	1	Existencia de fugas	Inspección visual	No existencia de fugas en partes del tanque			
Bomba	2	Pulsaciones y sonidos anormales	Contacto directo (Audición)				
Mangueras y Tuberías	3	Existencia de fugas	Inspección visual	No existencia de fugas en partes del sistema			
Husillo porta-herramienta	4	Existencia de fugas	Inspección visual	No existencia de fugas en partes del sistema			
Husillo porta-herramienta	5	Estado de mangueras y acoples	Inspección visual	Señales de deterioro excesivo			

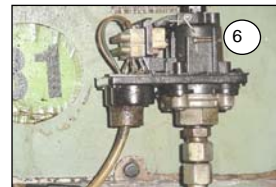
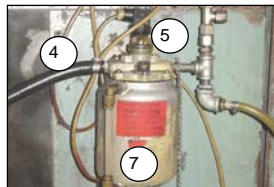
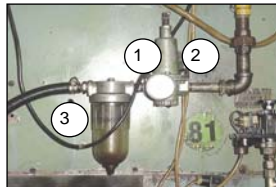


T.P.M.

FICHA DE INSPECCION E
Rectificadora SI-4A



Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
		Victor Campillo	Fecha de revisión:
Unidad de mantenimiento		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1



Fecha de inspección realizada:

Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO		Especificación de corrección (ODT)
					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Manómetro (Unidad)	1	Presión de servicio	Inspección visual	Debe marcar 65-70 psi de presión			
Manómetro (Unidad)	2	Fugas	Inspección visual	No existencia de fugas			
Filtro y Dispositivo drenaje	3	Limpieza y humedad acumulada	Inspección visual	* Estado del filtro (Limpieza) * Nivel del drenaje (Vaciar)			
Mangueras y conexiones	4	Fugas	Inspección visual	No existencia de fugas			
Controlador de flujo de aceite	5	Flujo de aceite	Inspección visual	Gotas dentro del rango, entre 60 y 70 gotas por minuto			
Válvula de detección de aire	6	Funcionamiento	Inspección visual	Verificar funcionamiento y buen estado			
Medidor de nivel del tanque de aceite	7	Estado general	Inspección visual	Debe ser clara la visibilidad del nivel de aceite para el operario			

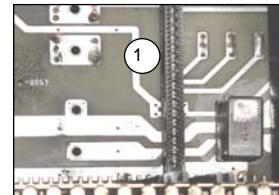
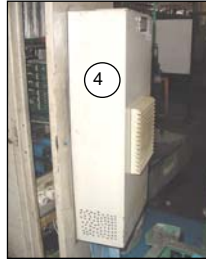
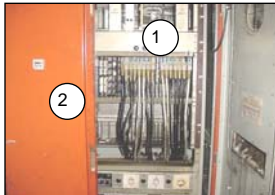


T.P.M.

FICHA DE INSPECCION F Rectificadora SI-4A



Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
Sistema de control		Victor Campillo	Fecha de revisión:
		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1



Fecha de inspección realizada:

Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO		Especificación de corrección (ODT)
					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conectores (Racks) de las tarjetas in/out	1	Contacto	Inspección visual	Contacto total de los conectores			
Relevos del circuito de control	2	Contacto	Inspección visual	Grado de suciedad (Limpiar en caso de mal contacto)			
Cableado en general	3	Estado	Inspección visual	Búsqueda de defectos			
Aires Acondicionados	4	Funcionamiento	Inspección visual	Funcionando			
Sensores	5	Limpieza	Inspección visual	Buen estado y limpieza			
Lamparas del tablero de control	6	Funcionamiento	Inspección visual	Ninguna lampara quemada			
Display de revoluciones	7	Funcionamiento	Inspección visual	Funcionando			



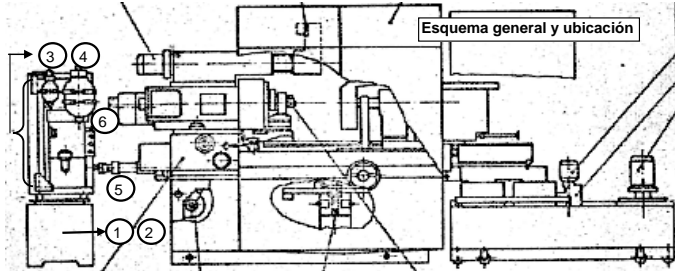
2. FICHAS DE SERVICIO

T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 1
Rectificadora SI-4A



Nombre de las partes	Integrantes del equipo de trabajo:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
		Victor Campillo	Fecha de revisión:
	*Sistema Hidráulico	Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1



Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Fecha de realización del servicio:		observaciones	Orden de trabajo
					Servicio realizado			
					SI	NO		
Aceite	0	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas, inclusiones y de alta Temp.				
Tanque	1	*Limpieza general	*Estado del gauge de nivel de aceite	*Roturas y contaminación				
Filtro	2	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				
Bomba	3	*Limpieza interna de la bomba *Cambio de retenedor	*Estado de buje y O'ring	*Cambio de partes deterioradas *Fugas internas y externas *Identificación de desgaste interno				
Motor-acoples	4	*Cambio de rodamientos motor	*Estado de los acoples	*Giro defectuoso de los rodamientos (Ruido anormal en los mismos)				
Válvulas direccionales	5							
Válvulas de control de flujo	6	*Cambio de los O'rings en los conductos internos de la válvula y conexiones con racores y/o mangueras *Ajuste de las válvulas	*Estado de spools *Precisión de movimientos *Tolerancias *Falta de piezas y elementos en la válvula	*Defectos en las superficies de los elementos internos que conmutación inadecuada de las válvulas (Falta de aislamiento) *O' rings deteriorados (Cristalizados y desgastados)				
Válvulas de control de presión	7							
Tuberías y mangueras asociadas al sistema	8		*Ajuste de racores conexiones *Estado de las mangueras	*Fugas				
Acumulador	9	*Limpieza general y recarga de hidrógeno	*Estado del acumulador	*Valores de ascensión de presión correctos (valores) GRANDE=150 psi PEQUEÑO=100 psi				

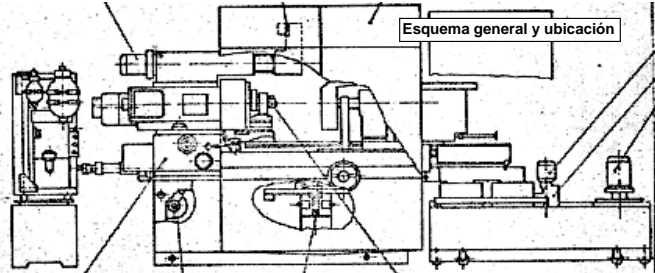
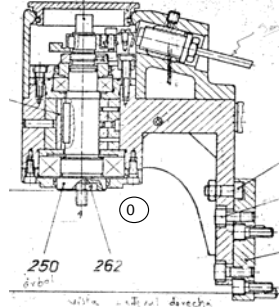


T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 3
Rectificadora SI-4A



Nombre de las partes	Integrantes del equipo de trabajo:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
* Diamantador		Victor Campillo	Fecha de revisión:
* Motores		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1



Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Fecha de realización del servicio:		observaciones	Orden de trabajo
					Servicio realizado			
					SI	NO		
Aceite	0	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas, inclusiones y de alta Temp.				
Filtro	1	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				
Estructura general diamantador	2	*Eliminación de viruta en partes externas e internas						
Cilindro porta-diamantador	3		*Estado de los sellos *Estado de empaques en conexiones	*Buscar señales de fugas internas y externas				
Cilindro posicionamiento	4		*Estado de los sellos *Estado de empaques en conexiones	*Buscar señales de fugas internas y externas				
Tuberías y mangueras	5		*Estado de empaques en las conexiones y de las mangueras en general	*Fugas en conexiones y/o mangueras rotas				
Rodamientos del cuerpo del diamantador	6	*Limpieza y lubricación	*Estado de los rodamientos					
Motor (Mesa Transversal/avances)	7	*Limpieza general *Cambio de rodamientos	*Estado de los componentes internos	*Señales de recalentamiento				
Bomba Sistema de Refrigeración	8	*Cambio de sello (Gasket-empaque) *Limpieza y lubricación de superficies internas *Lubricación del rodamiento	*Estado del rodamiento	*Deterioro *Desgaste interno *Partículas extrañas dentro de todo el ensamble				
Extractor de aire	9	*Limpieza de todo el extractor	*Estado de los componentes internos	*Buscar defectos y eliminar acumulación de sucio				

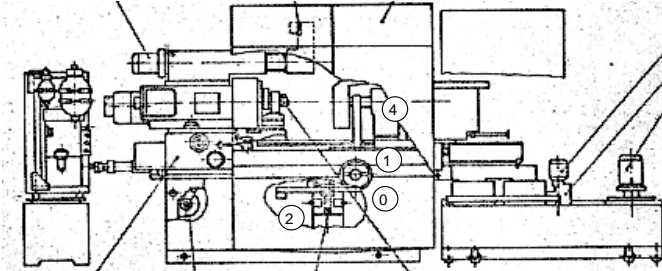


T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 4
Rectificadora SI-4A



Nombre de las partes	Integrantes del equipo de trabajo:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
*Sistema Hidráulico y actuadores		Victor Campillo	Fecha de revisión:
		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1



Fecha de realización del servicio:

Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Bancada-mesa	1	*Eliminación de viruta de todos los sitios de la bancada, mesa y guías.						
Bancada (Rolos)	2	*Limpieza general y lubricación de los rolos.	*Revisar estado de los rolos					
Cilindro doble efecto.	3	*Cambio de los sellos	*Revisar existencia de fugas *Estado de las superficies internas	*Excesivo desgaste y fugas				
Cilindro bipoisicional.	4		*Revisar existencia de fugas	*Excesivo desgaste y fugas				
Husillo Rectificador	5	*Cambio de rodamientos *Limpieza y lubricación	*Estado del sistema de refrigeración del husillo *Aislamiento de los componente eléctricos *Estado del sistema de lubricación del husillo	*Señales de recalentamiento				

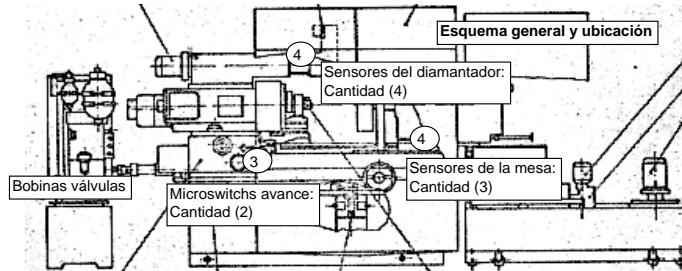


T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 5
Rectificadora SI-4A



Nombre de las partes	Integrantes del equipo de trabajo:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
	*Sistema eléctrico y electrónico	Victor Campillo	Fecha de revisión:
		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1




Fecha de realización del servicio:

Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Conectores (Racks) de las tarjetas in/out	1	*Corregir posición de los conectores	*Verificar el estado de los conectores	*Garantizar buen contacto de las tarjetas y conectores				
Relevos del circuito de control	2	*Utilizar limpiador electrónico para retirar la capa de carbón acumulada en los relevos	*Estado de los relevos	*Excesivo desgaste de relevos por desprendimiento de material				
Micro-switch(es)	3		*Revisar estado de los micro-switch	*Garantizar buen contacto al accionar microwitchs				
Sensores inductivos	4	*Cambiar cableado en mal estado *Limpieza de los sensores	*Revisión de todo el cableado * Revisión de la caja de conexiones	*Peladuras de cables, señales de golpes, contactos y viruta en los sensores				
Cajas Borneras (Conectores y terminales)	5	*Cambio						
Bobinas de las válvulas direccionales	6		*Revisar estado de los conectores, cableado y funcionamiento de las bobinas	*Buscar señales de deterioro y defectos (Comprobar buen accionamiento)				
Cableado de los motores	7	*Cambiar cableado en mal estado *Limpieza de los motores	*Revisar estado de los conectores, cableado de los motores	* Buscar señales de deterioro y defectos. (Comprobar buen contacto)				
Pulsador parada de emergencia y demás	8		*Estado del mecanismo de accionamiento y cableado.	*Realizar pruebas de funcionamiento				
Circuito control de temperatura husillo	9	*Aislar conectores del circuito de refrigeración	*Verificar funcionamiento y estado de los componentes del sistema y cableado.					
Lamparas de señalización	10	*Cambio de lamparas quemadas	*En el tablero de control, verificar el funcionamiento de todas las lamparas	*Buscar LEDs (Lamparas) quemadas o con averias				
Circuito de control y potencia	11		*Verificar funcionamiento y estado de los componentes del sistema y cableado.	*Buscar defectos y realizar pruebas de funcionamiento para seguimiento				


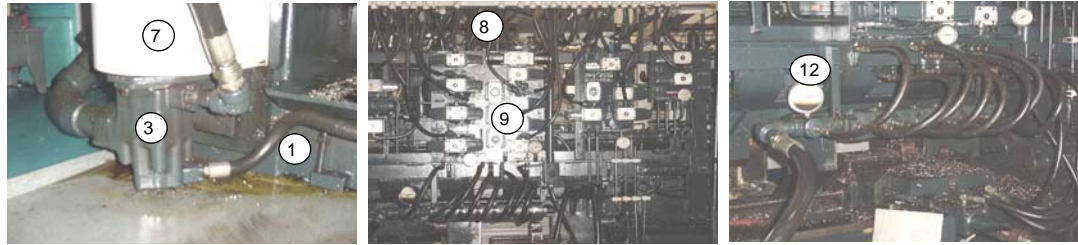




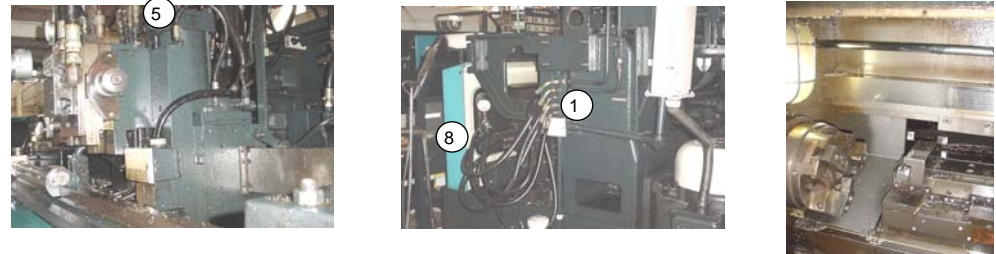
ANEXO K. FICHAS DISEÑADAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL TORNO DETROIT


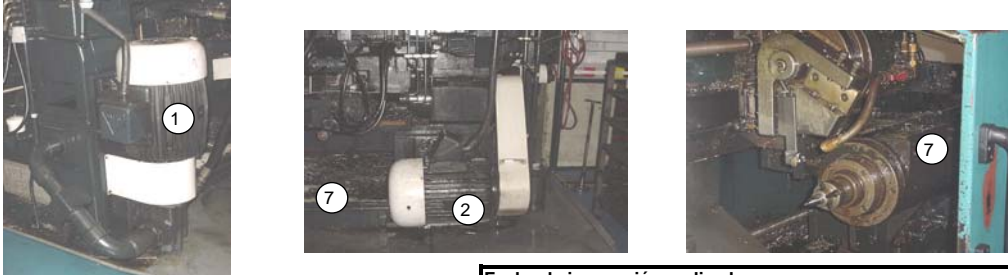

1. CRONOGRAMA DE INSPECCIONES


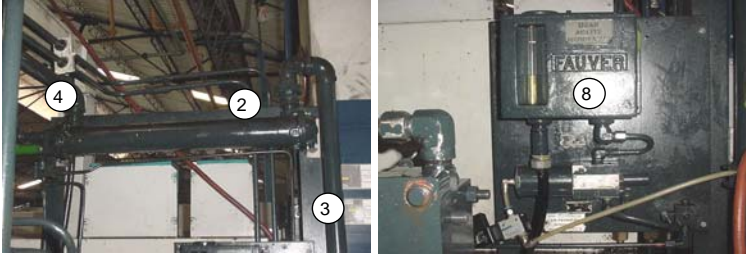

MANTENIMIENTO PLANEADO EN LAS MAQUINAS CUELLOS DE BOTELLA													
													
FRECUENCIAS DE INSPECCION													
Torno Detroit													
T.P.M.													
DETALLES		MESES											
TRABAJO DE MTO.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PARTE DEL EQUIPO	INSPECCION												
Sistema Hidráulico	Fugas												
Tanque	Ruido												
Filtro	Desempeño												
Bomba	Temperatura												
Tuberías	Presión												
Válvulas	Sucio												
Manifold													
Actuadores Hidráulicos	INSPECCION												
Cilindro Contrapunto	Fugas												
Cilindro Copa	Desempeño												
Cilindro Vertical (Copiador)	Presión												
Carro copiador													
Motores	INSPECCION												
Motor copa	Ruido												
Motor sist hidráulico	Desempeño												
Motor sist de refrigeración	Temperatura												
Rodamientos husillo	Sucio												
Monitoreo de aceite	INSPECCION												
Monitoreo de desempeño de la máquina	Temperatura												
Transportador	Sucio												
Unidad de mantenimiento													
Parte electrónica y eléctrica	Estado												
Cableado	Desempeño												
Lamparas tablero de control													
Relieves													





2. FICHAS DE INSPECCION

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION A Torno DETROIT		MS EL EQUIPO EFICIENTE!		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:			
		Victor Campillo	Fecha de revisión:			
Sistema Hidráulico		Preparado por:	No. De revisión:			
		Luis Fernando Echávez	Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Tanque	1	Conexiones	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Tanque	2	Gauge de aceite	Inspección visual	Buen estado y visibilidad	<input type="checkbox"/>	
Tanque	3	Puerto de alimentación de aceite	Inspección visual	Buen estado y filtro interno de aceite limpio	<input type="checkbox"/>	
Bomba	4	Pulsación y sonidos anormales.	*Inspección durante condiciones de trabajo y condiciones normales	Manómetro marcando presión sostenida No existencia de sonidos anormales	<input type="checkbox"/>	
Bomba	5	Sonido anormal en rodamientos	*Contacto directo con la bomba (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.	<input type="checkbox"/>	
Bomba	6	Calor disipado de la bomba	*Contacto directo con la bomba (Tacto)	Temperatura dentro de los rangos normales de funcionamiento.	<input type="checkbox"/>	
Acople del motor	7	Pulsación y sonidos anormales.	Contacto directo (Audición)	No existencia de sonidos anormales	<input type="checkbox"/>	
Mangueras y tuberías	8	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Válvulas direccionales	9	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Válvulas de control de flujo	10	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Válvulas de control de presión	11	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Manómetros	12	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas *Deterioro excesivo	<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
						

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION B Torno DETROIT		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por: Victor Campillo	Fecha de emisión:			
Sistema Hidráulico		Preparado por: Luis Fernando Echávez	Fecha de revisión:			
			No. De revisión: Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Mangueras Hidráulicas	1	Fugas en conexiones	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Mangueras Hidráulicas	2	Estado de las mangueras	Inspección visual	Deterioro excesivo en el exterior de las mangueras	<input type="checkbox"/>	
Cilindro Hidráulico (Horizontal)	3	Fuga	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Cilindro Hidráulico (Horizontal)	4	Ajuste al mecanismo de arrastre	Inspección visual	Ajuste y velocidad adecuada	<input type="checkbox"/>	
Cilindro Hidráulico (Vertical)	5	Fuga	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Cilindro Hidráulico (Vertical)	6	Ajuste a la Torreta	Inspección visual	Ajuste adecuado al montaje de la torreta	<input type="checkbox"/>	
Cilindro Hidráulico (Copa)	7	Fuga	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Cilindro Hidráulico (Contrapunto)	8	Fuga	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Sistema de lubricación de guías	9	Funcionamiento	Inspección visual	Lubricación adecuada	<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
THC						

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION C Torno DETROIT		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:			
Motores y contrapunto		Victor Campillo	Fecha de revisión:			
		Preparado por:	No. De revisión:			
		Luis Fernando Echávez	Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Motor (Bomba)	1	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.	<input type="checkbox"/>	
Motor (Bomba)	2	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Motor (Copa)	3	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.	<input type="checkbox"/>	
Motor (Copa)	4	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general	<input type="checkbox"/>	
Motor (Bomba de refrigeración)	5	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.	<input type="checkbox"/>	
Motor (Bomba de refrigeración)	6	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general	<input type="checkbox"/>	
Tanque de refrigerante	7	Fugas	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Mangueras y tuberías Sist. De refrigeración	8	Fugas	Inspección visual	*Deterioro de mangueras *No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Contrapunto	9	Sonido anormal en rodamientos	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.	<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
						

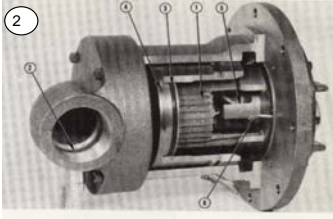
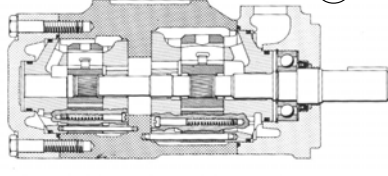
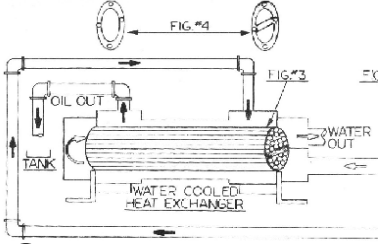
T.P.M.		FICHA DE INSPECCION D Torno DETROIT		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por: Victor Campillo	Fecha de emisión:			
Sistema Hidráulico		Preparado por: Luis Fernando Echávez	Fecha de revisión:			
			No. De revisión: Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
NA	1	Diámetro de prerolado de las piezas	Inspección visual	Evaluar el progreso de las medidas tomadas en el torno		
Tamiz del filtro de agua	2	Limpieza	Inspección visual	Limpieza adecuada para el paso del agua		
Agua de entrada al intercambiador	3	Temperatura	Medición (Termómetro)	Valor aproximado de 20 C		
Aceite	4	Temperatura	Medición (Termómetro)	Valor aproximado de 125 F		
Transportador	5	Atascamiento	Inspección visual	*Detectar chavetas partidas y/o láminas dobladas *Excesivo desgaste en las guías del transportador		
Transportador	6	Motor-Caja de engranajes	Inspección visual	*Ruido anormal en los engranajes del motor *Nivel de aceite de la caja de engranajes *Estado de los Sprockets *Limpieza y lubricación de los rodamientos de las chumaceras		
Clutch-Copa	7	Velocidad de frenado de la copa	Inspección visual	*El frenado no debe demorar un tiempo excesivo superior a 5 segundos en promedio		
Sistema de lubricación	8	Nivel de aceite	Inspección visual	*Nivel de aceite adecuado *Suministro adecuado de aire de la línea neumática		
Unidad de mantenimiento	9	*Estado	Inspección visual	*Correcto funcionamiento *Sistema de drenaje de agua funcionando correctamente		
						

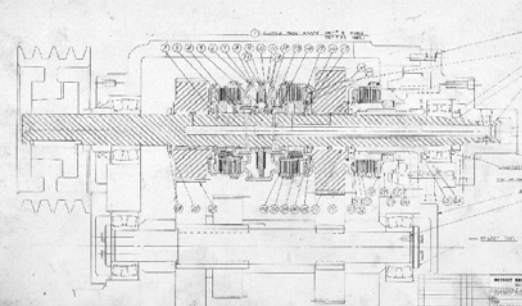
T.P.M.		FICHA DE INSPECCION E Torno DETROIT		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por: Victor Campillo	Fecha de emisión:			
		Preparado por: Luis Fernando Echávez	Fecha de revisión:			
			No. De revisión: Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Microswitch-es	1	Buen contacto (Horizontal y vertical)	Inspección visual	*Buen estado de los microswitch *Detectar posibles rupturas *Garantizar buen contacto	<input type="checkbox"/>	
Estado del cableado	2	Buen estado de los cables	Inspección visual	*Cambio de cables deteriorados	<input type="checkbox"/>	
Lamparas del tablero de control	3	Funcionamiento	Inspección visual	*Funcionamiento de todas las lámparas del tablero	<input type="checkbox"/>	
Microswitches del contrapunto	4	Buen contacto	Inspección visual	*Buen estado de los microswitch *Detectar posibles rupturas *Garantizar buen contacto	<input type="checkbox"/>	
Pulsadores del tablero de control	5	Funcionamiento	Inspección visual y pruebas	*Funcionamiento adecuado de los pulsadores	<input type="checkbox"/>	
Relevos del circuito de potencia	6	Estado y funcionamiento	Inspección visual y pruebas	*Buen estado y adecuado funcionamiento	<input type="checkbox"/>	
Relevos del circuito de control	7	Estado y funcionamiento	Inspección visual y pruebas	*Buen estado y adecuado funcionamiento	<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
						

3. CRONOGRAMA DE SERVICIOS

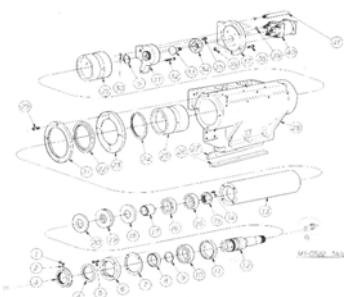
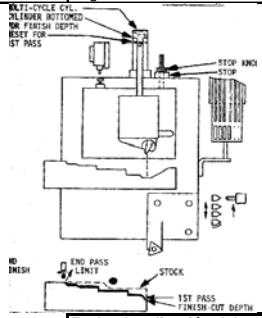
MANTENIMIENTO PLANEADO EN LAS MAQUINAS CUELLOS DE BOTELLA												
T.P.M.												
FRECUENCIAS DE SERVICIO-INSPECCION Torno Detroit												
MESES												
DETALLES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TRABAJO DE MTO.												
SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas												
Sistema Hidráulico Tanque Filtro Bomba hidráulica Tuberías Válvulas (Manifold) Intercambiador				1								
MOTOR BOMBA HIDRAULICA MOTOR BOMBA SISTEMA DE REFRIGERACION Tuberías sistema de refrigeración												
Clutch												
Sistema de anclaje Cilindro del anclaje Mecanismo de anclaje Mordazas de anclaje Sistema de lubricación (Cabezal de anclaje) Cilindro horizontal de avance								2				
SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas												
Torre de copiado Cilindro vertical Guías Palpador Mangueras Racores Contrapunto Cilindro del contrapunto												3
SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas												
Pantec Eléctricas y electrónicas Microswitch(es) Conductores Pulsadores Relieves Cableado Contactos Solenoides				4								4
SERVICIO-INSPECCION Instrucciones contenidas en las fichas												

4. FICHAS DE SERVICIO

T.P.M.		FICHA DE SERVICIO 1			 MS EL EQUIPO EFICIENTE !			
Torno Detroit								
Nombre de las partes		Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:	Fecha de emisión:			
*Sistema Hidráulico				Victor Campillo	Fecha de revisión:			
				Preparado por:	No. De revisión:			
				Luis Fernando Echávez	Página 1			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>4</p> </div> </div>								
Fecha de realización del servicio:								
Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Aceite	0	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Debe ser oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas y de alta Temp.				
Tanque	1	*Limpieza general	*Estado del gauge de nivel de aceite	*Roturas y contaminación				
Filtro	2	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				
Bomba (Doble Vickers)	3	*Cambio de rodamiento *Limpieza interna de la bomba	* Estado de empaquetadura (Inspección visual O rings y sellos)	*Cambio de partes deterioradas *Fugas internas y externas *Identificación de desgaste interno				
Válvulas Vickers * Direccionales * Seguridad * De control de flujo	4	*Cambio de los O'rings en los conductos internos de la válvula y conexiones con racores y/o mangueras	*Estado de spools *Precisión de movimientos	*Defectos en las superficies de los elementos internos que conmutación inadecuada de las válvulas (Falta de aislamiento)				
	5	*Falta de piezas y elementos en la válvula	*Tolerancias	*O rings deteriorados (Cristalizados y desgastados)				
	6	*Ajuste de las válvulas	*Falta de piezas y elementos en la válvula					
Proporcionador de flujo (Manifold)	7		*Estado de los rodamientos de aguja *Estado de los engranajes	*Deterioro de los rodamientos *Restricción en el movimiento de los engranajes				
Intercambiador de calor	8	*Limpieza interna de conductos y tamiz del filtro de agua	*Estado de empaques	* Fugas y/o obstrucciones internas de los conductos				
Tuberías y mangueras asociadas al sistema	9		*Ajuste de racores conexiones *Estado de las mangueras	*Fugas				
 THC								

T.P.M.		FICHA DE SERVICIO 2 Torno Detroit				MS EL EQUIPO EFICIENTE!		
Nombre de las partes		Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:		Fecha de emisión:		
CLUTCH				Victor Campillo		Fecha de revisión:		
Copa de anclaje				Preparado por:		No. De revisión:		
				Luis Fernando Echávez		Página 1		
								
						Fecha de realización del servicio:		
Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Aceite	0	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas y de alta Temp.				
Filtro	1	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				
Clutch	2	*Limpieza de las partes internas y de los conductos internos de lubricación *Cambio sello del plato central y O'rings	*Estado de los anillos metálicos del eje y bujes (Separación de aceite) *Ajuste de racores o conexiones	*Fugas internas que causen despresurización interna *Deterioro de los anillos y bujes de separación				
Cilindro hidráulico copa	3	*Cambio de sellos y O'rings	*Estado del rodamiento	*Fugas				
Mecanismo de anclaje	4	*Ajuste, limpieza y lubricación	*Movimiento sincronizado del mecanismo *Estado de los rodamientos del montaje completo	*Señales de desgaste y movimiento defectuoso *Huelgo en los rodamientos del montaje de la copa				
Mordazas de anclaje	5		*Verificar medidas bajo especificaciones y alineamiento con el contrapunto *Alinear centro de la copa y contrapunto	*Desalineamiento centro de la copa y contrapunto *Desgaste de las muelas				
Sistema de lubricación	6	*Limpieza de conductos de lubricación y manifold		*Obstrucción de los conductos				
Cilindro horizontal de avance	7	*Cambio de sellos y O'rings		*Fugas				
Tuberías y mangueras asociadas al sistema	8		*Ajuste de racores conexiones *Estado de las mangueras	*Fugas				



T.P.M.		FICHA DE SERVICIO 3 Torno Detroit				MS EL EQUIPO EFICIENTE!		
Nombre de las partes		Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:		Fecha de emisión:		
Contrapunto				Victor Campillo		Fecha de revisión:		
				Preparado por:		No. De revisión:		
				Luis Fernando Echávez		Página 1		
 				Fecha de realización del servicio:				
Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Aceite	0	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas y de alta Temp.				
Filtro	1	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				
Contrapunto	1	*Limpieza y ajuste del conjunto *Alinear con el centro de la copa *Cambio de rodamientos	*Estado de los rodamientos (Huelgos) *Medidas de las dimensiones del contrapunto *Conductos de lubricación de los rodamientos	*Desgaste y excesivo movimiento radial en el contrapunto *Desgastes internos del conjunto				
Cilindro del contrapunto	2	*Cambio de sellos y O rings		*Fugas				
Cilindro vertical de aproximación	3	*Cambio de sellos y O rings *Ajuste a la torreta		*Fugas				
Guías	4	*Limpieza de los conductos del sistema de lubricación		*Correcta lubricación de las guías				
Tuberías y mangueras asociadas al sistema	8		*Ajuste de racores conexiones *Estado de las mangueras	*Fugas				
Palpador	9	*Ajuste del palpador		*Copiado correcto				
Carro copiador	10	*Ajuste del carro copiador a las guías						

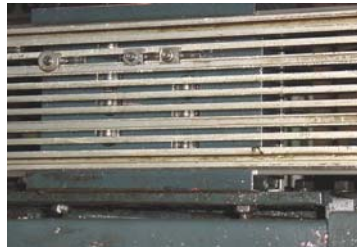


T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 5
Torno Detroit



Nombre de las partes	Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:	Fecha de emisión:
			Victor Campillo	Fecha de revisión:
			Preparado por:	No. De revisión:
			Luis Fernando Echávez	Página 1



Fecha de realización del servicio:

Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Micro-switch(es)	1	*Revisar posición adecuada de los topes	*Estado de deterioro de los finales de carrera	*Buen contacto de los finales de carrera				
Micro-switch(es)	2	*Cambiar finales de carrera con excesivo deterioro		*Evitar potenciales fallas en el ciclo de mecnizado				
Válvulas	3		*Estado de los solenoides y correcta conmutación de las válvulas	*Evitar posibles fallas en la conmutación de las válvulas				
Conductores del circuito de potencia	4		*Estado del cableado y contactos	*Cambio de aquellos cables y contactos demasiado deteriorados				
Conductores del circuito de control	5		*Estado del cableado y contactos	*Cambio de aquellos cables y contactos demasiado deteriorados				
Relevos del circuito de potencia	6		*Estado y funcionamiento de los relevos	*Cambio de aquellos relevos demasiados deteriorados				
Relevos del circuito de control	7		*Estado y funcionamiento de los relevos	*Cambio de aquellos relevos demasiados deteriorados				
Cableado en general	8	*Cambiar los protectores de cable deteriorados		*Cambio de aquellos cables y contactos demasiado deteriorados				
Pulsadores del panel de control	9		*Estado de los pulsadores y debido funcionamiento	*Garantizar el debido funcionamiento y envío de señales *Cambio de los pulsadores deteriorados				






ANEXO L. FICHAS DISEÑADAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL TORNO DUBIED II

1. CRONOGRAMA DE INSPECCIONES




MANTENIMIENTO PLANEADO EN LAS MAQUINAS CUELLOS DE BOTELLA												
T.P.M.	FRECUENCIAS DE INSPECCION Torno Dubied II											
	MESES											
DETALLES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PARTE DEL EQUIPO	TRABAJO DE MTO.											
Sistema Hidráulico	INSPECCION											
Tanque	Fugas											
Bomba	Ruido											
Válvulas	Desempeño											
Mangueras y tuberías	Temperatura											
Acumulador	Presión											
Gauges	Sucio											
Torreta	INSPECCION											
Carro copiador	Fugas											
Contrapunto (Cilindro hidráulico)	Ruido											
Transportador	Desempeño											
Intercambiador	Temperatura											
Copa (Cilindro hidráulico)	Presión											
Guías	Sucio											
Motores	INSPECCION											
Motor-ventilador a motor principal	Fugas											
Motor Principal	Ruido											
Acople Motor principal	Desempeño											
Motor (Refrigeración principal)	Temperatura											
Motor Avances	Presión											
Tanque Sist.	Sucio											
De refrigeración	INSPECCION											
Motor Transportador	Fugas											
Microswitch-	Ruido											
Estado del	Desempeño											
Lamparas	Temperatura											
Microswitch	Presión											
Pulsadores	Sucio											

2. FICHAS DE INSPECCION.

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION A Torno DUBIED II		MS EL EQUIPO EFICIENTE!		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por: Victor Campillo	Fecha de emisión:			
Sistema Hidráulico		Preparado por: Luis Fernando Echávez	Fecha de revisión:			
			No. De revisión: Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Tanque	1	Conexiones	Inspección visual	No existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Tanque	2	Gauge de aceite	Inspección visual	Buen estado y visibilidad	<input type="checkbox"/>	
Tanque	3	Puerto de alimentación de aceite	Inspección visual	Buen estado y filtro interno de aceite limpio	<input type="checkbox"/>	
Bomba	4	Pulsación y sonidos anormales.	*Inspección durante condiciones de trabajo y condiciones normales	Manómetro marcando presión sostenida No existencia de sonidos anormales	<input type="checkbox"/>	
Bomba	5	Sonido anormal en rodamientos	*Contacto directo con la bomba (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.	<input type="checkbox"/>	
Bomba	6	Calor disipado de la bomba	*Contacto directo con la bomba (Tacto)	Temperatura dentro de los rangos normales de funcionamiento.	<input type="checkbox"/>	
Acople del motor	7	Pulsación y sonidos anormales.	Contacto directo (Audición)	No existencia de sonidos anormales	<input type="checkbox"/>	
Motor (Bomba)	1	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.	<input type="checkbox"/>	
Motor (Bomba)	2	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Mangueras y tuberías	8	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Válvulas direccionales	9	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Válvulas de control de flujo	10	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
Válvulas de control de presión	11	Conexiones y cuerpo	Inspección visual	*Existencia de fugas	<input type="checkbox"/>	
						

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION B Torno DUBIED II		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por: Victor Campillo	Fecha de emisión:			
Sistema Hidráulico		Preparado por: Luis Fernando Echávez	Fecha de revisión:			
			No. De revisión: Página 1			
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
NA	1	Variación de diámetros de prerolado	Inspección visual	*Monitorear progreso de los ajustes a los componentes del torno *Pruebas con el operario		
Palpador	2	Corrección de diámetros	Pruebas con el operario	*Monitorear progreso de los ajustes a los componentes del torno *Variación mínima en el diámetro de prerolado		
Torreta	3	Giro y desplazamiento	Inspección visual	*La máquina debe mover los mecanismos apropiadamente		
Carro copiador (Cilindro hidráulico)	4	Fugas	Inspección visual	*Fugas de aceite		
Guías	5	Lubricación	Inspección visual	*Lubricación adecuada de todas las guías		
Contrapunto (Cilindro hidráulico)	6	Fugas	Inspección visual	*Fugas de aceite en racores y parte del anillo adaptado para sellaje		
Copa (Cilindro hidráulico)	7	Fugas	Inspección visual	*Fugas de aceite		
Transportador	8	Giro	Inspección visual	*El giro del transportador debe ser adecuado *Identificar partes deterioradas (Chavetas partidas, láminas dobladas, partes desgastadas)		
Agua de entrada al intercambiador	9	Temperatura	Medición (Termómetro)	Valor aproximado de 20 C		
Aceite	10	Temperatura	Medición (Termómetro)	Valor aproximado de 125 F		
Motor-ventilador a motor principal	11	Funcionamiento	Inspección visual	*Funcionamiento adecuado para la refrigeración del motor principal		

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION C Torno DUBIED II		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:			
Motores		Víctor Campillo	Fecha de revisión:			
		Preparado por:	No. De revisión:			
		Luis Fernando Echávez	Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Motor Principal	1	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.		
Motor Principal	2	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas		
Acople Motor principal	3	Sonido anormal	Contacto directo	No existencia de sonidos anormales, excesivo esfuerzo o señales de rotura		
Motor (Refrigeración principal)	4	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, etc.		
Motor (Refrigeración principal)	5	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas		
Motor Avances	6	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
Motor Avances	7	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
Motor (Bomba de refrigeración)	8	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
Motor (Bomba de refrigeración)	9	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
Tanque Sist. De refrigeración	10	Fugas	Inspección visual	Fugas y roturas en el tanque		
Motor Transportador	10	Sonido anormal en motor o rodamiento	Contacto directo (estetoscopio)	No existencia de sonidos anormales, zumbido, excesivo esfuerzo, olor normal, etc.		
Motor Transportador	11	Temperatura del motor	*Contacto directo con el motor (Tacto)	*Existencia de fugas *Limpieza general		
						

T.P.M.		FICHA DE INSPECCION D Torno DUBIED II		MS EL EQUIPO EFICIENTE !		
Nombre de las partes	Operario asignado:	Aprobado por:	Fecha de emisión:			
Eléctrica-electrónica		Víctor Campillo	Fecha de revisión:			
		Preparado por:	No. De revisión:			
		Luis Fernando Echávez	Página 1			
						
Fecha de inspección realizada:						
Parte de la máquina	No	Item de inspección	Procedimiento durante la inspección	Criterio y/o estado estándar	ESTADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especificación de corrección (ODT)
Microswitch-es	1	Buen contacto (Horizontal y vertical)	Inspección visual	*Buen estado de los microswitch *Detectar posibles rupturas *Garantizar buen contacto	<input type="checkbox"/>	
Estado del cableado	2	Buen estado de los cables	Inspección visual	*Cambio de cables deteriorados	<input type="checkbox"/>	
Lamparas del tablero de control	3	Funcionamiento	Inspección visual	*Funcionamiento de todas las lámparas del tablero	<input type="checkbox"/>	
Microswitches del contrapunto	4	Buen contacto	Inspección visual	*Buen estado de los microswitch *Detectar posibles rupturas *Garantizar buen contacto	<input type="checkbox"/>	
Pulsadores del tablero de control	5	Funcionamiento	Inspección visual y pruebas	*Funcionamiento adecuado de los pulsadores	<input type="checkbox"/>	
Relevos del circuito de potencia	6	Estado y funcionamiento	Inspección visual y pruebas	*Buen estado y adecuado funcionamiento	<input type="checkbox"/>	
Relevos del circuito de control	7	Estado y funcionamiento	Inspección visual y pruebas	*Buen estado y adecuado funcionamiento	<input type="checkbox"/>	
Sensores inductivos	8	Estado y funcionamiento	Inspección visual y pruebas	*Buen estado y adecuado funcionamiento	<input type="checkbox"/>	
Ventilador del motor principal	9	Estado y funcionamiento	Inspección visual	*Buen estado y adecuado funcionamiento	<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>	
						

3. CRONOGRAMA DE FRECUENCIAS PARA SERVICIO

MANTENIMIENTO PLANEADO EN LAS MAQUINAS CUELLOS DE BOTELLA												
T.P.M.												
FRECUENCIAS DE SERVICIO-INSPECCION												
Torno Dubied II												
MESES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DETALLES												
PARTE DEL EQUIPO	TRABAJO DE MTO.											
Motor Principal	SERVICIO-INSPECCION											
Caja de velocidades	Instrucciones contenidas en las fichas											
Cilindro del anclaje												
Torrete de copiado												
Cilindro de copiado												
Guías												
Palpador												
Mangueras												
Cilindro del contrapunto												
Motor de avance												
Sistema de lubricación												
Motor de avance												
Sistema Hidráulico	SERVICIO-INSPECCION											
Tanque	Instrucciones contenidas en las fichas											
Filtro												
Bomba hidráulica												
Tuberías												
Valvulas												
Intercambiador												
MOTOR BOMBA HIDRAULICA												
MOTOR BOMBA SISTEMA DE REFRIGERACION												
Tuberías sistema de refrigeración												
Torrete de copiado	SERVICIO-INSPECCION											
Cilindro de copiado	Instrucciones contenidas en las fichas											
Guías												
Palpador												
Mangueras												
Recorres												
Sistema de lubricación												
Twist tool-portaherramientas												
Transportador de viruta												
Motor transportador												
Tarjetas	SERVICIO-INSPECCION											
Conectores	Instrucciones contenidas en las fichas											
Sensores												
Finales de carrera												
Cableado												
Pulsadores												
Relievs												

4. FICHAS DE SERVICIO.

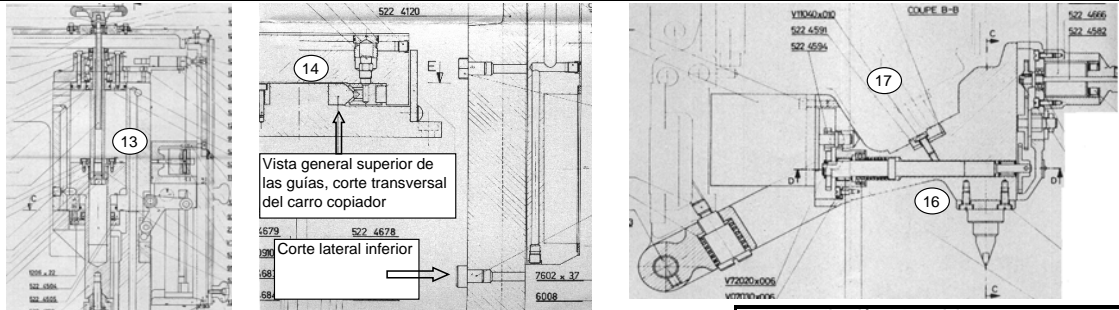
T.P.M.		FICHA DE SERVICIO 1 Torno Dubied II			MS EL EQUIPO EFICIENTE!			
Nombre de las partes		Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:	Fecha de emisión:			
*Montaje husillo-Copa				Victor Campillo	Fecha de revisión:			
*Montaje Contrapunto				Preparado por:	No. De revisión:			
				Luis Fernando Echávez	Página 1			
						Fecha de realización del servicio:		
Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Motor principal	1	*Limpieza exterior e interna *Cambio de rodamientos	*Escobillas internas	*Deterioro y desgaste en los rodamientos *Excesivo deterioro de las escobillas				
Acople motor principal	2		*Estado del acople *Analizar posibilidad de cambio	*Muestras de excesivo deterioro en el acople				
Motor de refrigeración a motor principal	3	*Limpieza exterior *Cambio de rodamientos						
Motor de avances	4	*Limpieza exterior	*Estado de rodamientos					
Caja de engranajes	5		*Estado de los rodamientos del montaje *Estado de los engranajes reductores	*Cambio de los rodamientos en caso de necesidad *Cambio de engranajes en caso de necesidad				
Rodamientos husillo de la copa	6	*Ajuste del juego de los rodamientos	*Estado de los rodamientos	*Utilizar las especificaciones de la carta de comprobación de medidas				
Cilindro de la copa	7	*Cambio de O' rings y sellos defectuosos	*Estado de las superficie internas del cilindro	*Buscar señales de excesivo desgaste				
Rodamientos del contrapunto	8	*Ajuste del juego de los rodamientos	*Estado de los rodamientos	*Utilizar las especificaciones de la carta de comprobación de medidas				
Cilindro del contrapunto	9	*Cambio de O' rings y sellos defectuosos	*Estado de las superficie internas del cilindro	*Buscar señales de excesivo desgaste				
Cilindro del contrapunto (Mecanismo de sellado frontal)	10	*Cambio de sello	*Estado del desgaste del anillo y camisa	*Ajustar el diámetro del anillo adaptado a las medidas adecuadas para el sello				
Montaje general: Copa, Contrapunto	11	*Realizar alineamiento general de todo el montaje		*Utilizar las especificaciones de la carta de comprobación de medidas				
Dispositivos de la copa (Canastillas)	12		*Estado y nivel de desgaste de los dispositivos	*Cambio de dispositivos en caso de necesidad				

T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 1 Torno Dubied II



Nombre de las partes *Carro copiador	Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:	Fecha de emisión:
			Victor Campillo	Fecha de revisión:
			Preparado por:	No. De revisión:
			Luis Fernando Echávez	Página 2



Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Fecha de realización del servicio:		observaciones	Orden de trabajo
					Servicio realizado			
					SI	NO		
Embolo del cilindro del carro copiador	13	*Ajustar la rosca interna del embolo (Parte superior) *Ajustar el tornillo interior del embolo	*Estado del embolo *Estado de los anillos del embolo y cilindro	*Desajuste del embolo con respecto al cilindro *Desgaste excesivo del embolo				
Cuñas del carro copiador	14	*Ajustar las cuñas del carro	*Estado de los rolos	*Eliminar el juego entre el carro copiador y las guías *Verificar el buen estado y lubricación de los rolos del montaje				
Guías del carro copiador	15		*Sistema de lubricación de las guías del carro copiador y longitudinales	*Garantizar buena lubricación de las guías *Garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de lubricación de guías				
Palpador	16	*Ajustar el mecanismo de corrección de medidas *Cambio de piñones desgastados	*Ajuste del pivote del palpador *Rodamientos del mecanismo de corrección	*Garantizar que no exista movimiento lateral del palpador				
Válvula de control de copiado	17	*Ajuste de la válvula de control de presión de copiado *Limpieza interna	*Funcionamiento adecuado de los mecanismos de la válvula *Superficies internas de la válvula	*Buena reguación de presión de la válvula				
Twist tool (Porta-herramientas)	18	*Cambio de O'rings y/o sellos en las cavidades hidráulicas	*Superficies internas	*Detección de fugas *Garantizar el correcto funcionamiento del mecanismo				
Aceite	19	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Debe ser oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas y de alta Temp.				
Filtro	2	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				

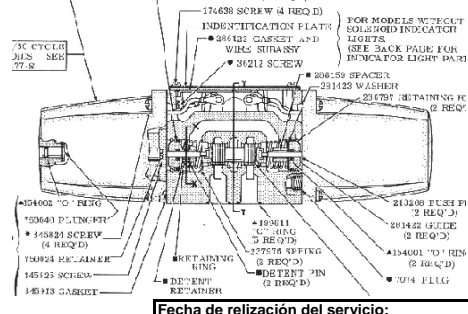
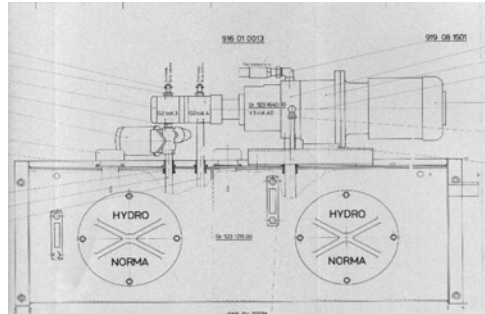


T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 2 Torno Dubied II



Nombre de las partes	Integrantes del equipo de trabajo:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
*Sistema Hidráulico		Victor Campillo	Fecha de revisión:
		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1



Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Fecha de realización del servicio:		observaciones	Orden de trabajo
					Sí	No		
Aceite	0	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Debe ser oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas y de alta Temp.				
Tanque	1	*Limpieza general	*Estado del gauge de nivel de aceite	*Roturas y contaminación				
Filtro	2	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				
Bomba	3	*Cambio de rodamiento *Limpieza interna de la bomba	* Estado de empaquetadura (Inspección visual O' rings y sellos)	*Cambio de partes deterioradas *Fugas internas y externas *Identificación de desgaste interno				
Motor Bomba	4	*Limpieza exterior e interna *Cambio de rodamientos	*Inspeccionar estado del acople motor-bomba					
Válvulas 4-Direccionales 6- Seguridad 7- De control de flujo	5	*Cambio de los O'rings en los conductos internos de la válvula y conexiones con racores y/o mangueras	*Estado de spools *Precisión de movimientos	*Defectos en las superficies de los elementos internos que conmutación inadecuada de las válvulas (Falta de aislamiento) *O' rings deteriorados (Cristalizados y desgastados)				
	6	*Ajuste de las válvulas	*Tolerancias					
	7		*Falta de piezas y elementos en la válvula					
Intercambiador de calor	8	*Limpieza interna de conductos y tamiz del filtro de agua	*Estado de empaques	* Fugas y/o obstrucciones internas de los conductos				
Tuberías y mangueras asociadas al sistema	9	*Cambio de empaques	*Ajuste de racores conexiones *Estado de las mangueras	*Fugas				
Acumulador	10	*Recarga de hidrógeno						
Bomba Sistema de Refrigeración	11	*Cambio de sello (Gasket-empaques) *Limpieza y lubricación de superficies internas *Lubricación del rodamiento *Cambio de sello	*Estado del rodamiento	*Deterioro *Desgaste interno *Partículas extrañas dentro de todo el ensamble				
Tanque sistema de refrigeración y mangueras	12	*Cambio de refrigerante	*Estado del tanque *Estado de las mangueras y tubería asociadas al sistema	*Existencia de fugas a lo largo del sistema				

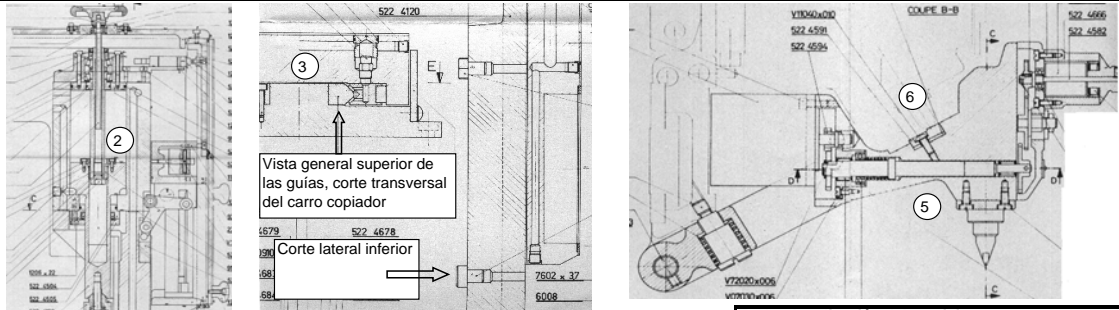


T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 3 Torno Dubied II



Nombre de las partes *Carro copiador	Integrantes del equipo de trabajo:		Aprobado por:	Fecha de emisión:
			Victor Campillo	Fecha de revisión:
			Preparado por:	No. De revisión:
			Luis Fernando Echávez	Página 1



Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Fecha de realización del servicio:		observaciones	Orden de trabajo
					Servicio realizado			
					SI	NO		
Montaje general: Copa, Contrapunto	1	*Realizar alineamiento general de todo el montaje		*Utilizar las especificaciones de la carta de comprobación de medidas				
Embolo del cilindro del carro copiador	2	*Ajustar la rosca interna del embolo (Parte superior) *Ajustar el tornillo interior del embolo	*Estado del embolo *Estado de los anillos del embolo y cilindro	*Desajuste del embolo con respecto al cilindro *Desgaste excesivo del embolo				
Cuñas del carro copiador	3	*Ajustar las cuñas del carro	*Estado de los rolos	*Eliminar el juego entre el carro copiador y las guías *Verificar el buen estado y lubricación de los rolos del montaje				
Guías del carro copiador	4		*Sistema de lubricación de las guías del carro copiador y longitudinales	*Garantizar buena lubricación de las guías *Garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de lubricación de guías				
Palpador	5		*Ajuste del pivote del palpador *Rodamientos del mecanismo de corrección	*Garantizar que no exista movimiento lateral del palpador				
Válvula de control de copiado	6		*Funcionamiento adecuado de los mecanismos de la válvula *Superficies internas de la válvula	*Buena reguación de presión de la válvula				
Motor del transportador	7	*Limpieza exterior *Cambio de rodamientos						
Transportador	8	*Cambiar chavetas partidas y/o láminas dobladas	*Excesivo desgaste en las guías del transportador	*Lubricar transportador				
Rodamientos tipo chumacera en el transportador	9	*Lubricar *Limpiar						
Sprockets	10		*Estado de los sprockets *Cambiar en caso de deterioro					
Aceite	11	*Cambio de aceite	*Pruebas de laboratorio *Detalle del color (Debe ser oscuro)	*Buscar señales de contaminación por desgaste de piezas internas y de alta Temp.				
Filtro	12	*Limpieza del filtro	* Estado del filtro (Inspección visual para criterio de cambio)	*Restricción del flujo y/o acumulación de partículas				



T.P.M.

FICHA DE SERVICIO 1
Torno Dubied II



Nombre de las partes	Integrantes del equipo de trabajo:	Aprobado por:	Fecha de emisión:
*Montaje husillo-Copa		Victor Campillo	Fecha de revisión:
*Montaje Contrapunto		Preparado por:	No. De revisión:
		Luis Fernando Echávez	Página 1





Fecha de realización del servicio:

Parte	No.	Servicio	Inspección	Criterio	Servicio realizado		observaciones	Orden de trabajo
					SI	NO		
Tarjetas de control (Entrada y salida)		*Limpieza (Retirar polvo y humedad)	*Revisar partes sulfatadas y deterioradas					
Conectores			*Estado de los conectores					
Terminales			*Estado de los terminales					
Contactores			*Estado de los contactores					
Pedal de anclaje			*Estado del cableado *Estructura física del pedal					
Pulsadores del tablero de control			*Funcionamiento y estado de los pulsadores					
Sensores de la torreta			*Estado de los sensores *Estado del cableado de los sensores					
Microswitches (finales de carrera/avance torreta)		*Limpieza de la viruta incrustada	*Verificación de buen contacto *Excesivo deterioro	*Cambiar en caso de defectos potenciales y posibles rupturas				
Conductores del circuito de control			*Estado del cableado y contactos	*Cambio de aquellos cables y contactos demasiado deteriorados				
Conductores del circuito de potencia			*Estado del cableado y contactos	*Cambio de aquellos cables y contactos demasiado deteriorados				
Relevos circuito de control			*Estado del cableado y contactos	*Cambio de aquellos cables y contactos demasiado deteriorados				
Relevos circuito de potencia			*Estado del cableado y contactos	*Cambio de aquellos cables y contactos demasiado deteriorados				



ANEXO M. PROPUESTA DE NIVELES DE CAPACITACION

1. PROPUESTA DEL CONTENIDO DEL SEGUNDO NIVEL

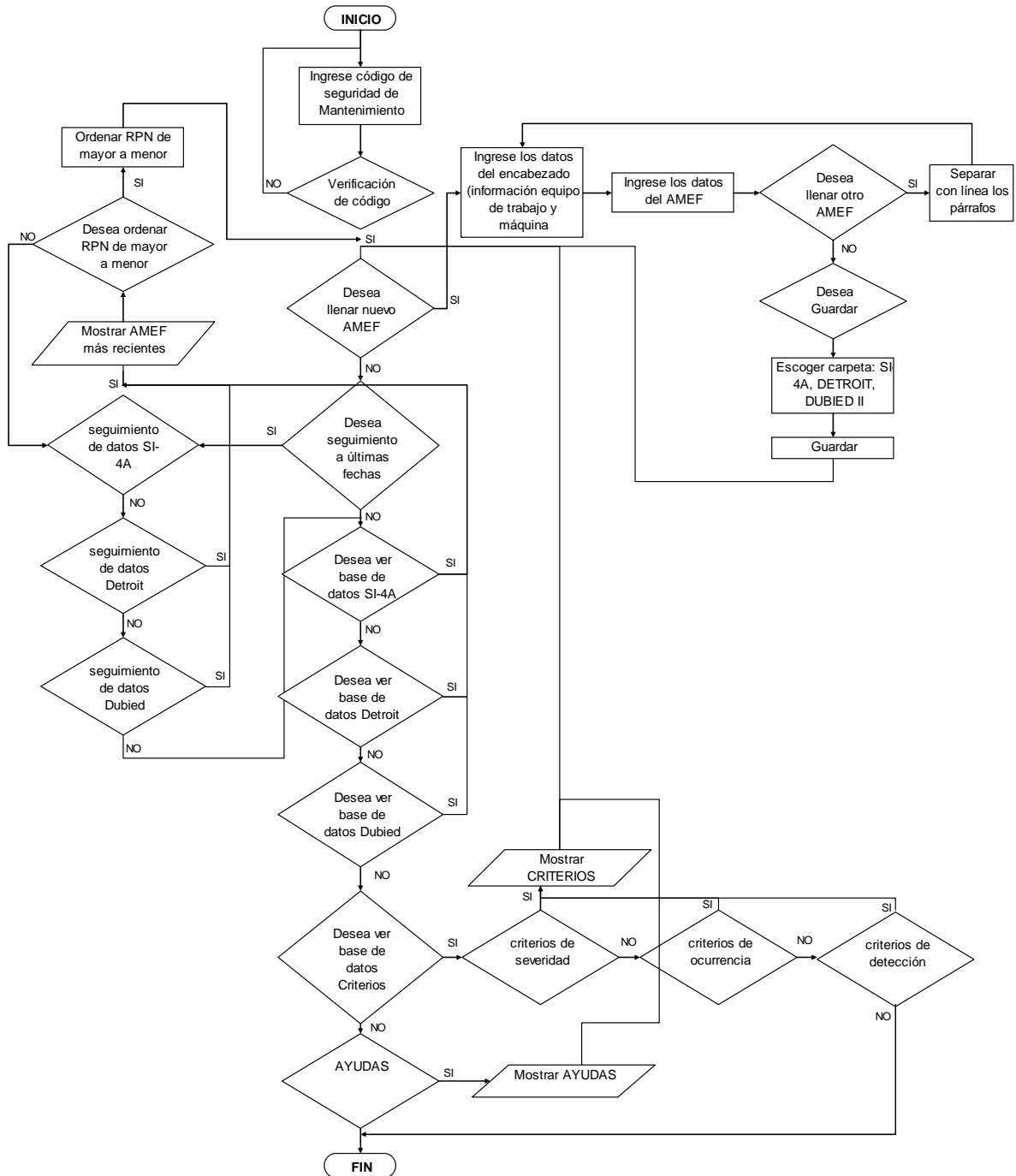
 Propuesta de capacitación			
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN FABRICA	FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION	CONOCIMIENTOS BASICOS SOBRE EL EQUIPO	LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN
T E M A S	<p>1. Mantenimiento en la planta. Dana transejes</p>	<p>1. Puntos a lubricar en la máquina puesto de trabajo</p>	<p>1. HOUSEKEEPING</p>
S U B T E M A S	<p>1.1 Estructura y actividades de TECNAMIND dentro de la planta. 1.2 Sistema de información y formatos, registros e informes de mantenimiento. 1.3 Conceptos de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.</p>	<p>1.1 Identificación de puntos y superficies a lubricar en la máquina. Determinación del modo y frecuencia en que deben llevarse a cabo las rutinas. 1.2 Uso y operación de los puntos avanzados de lubricación. 1.3 Conocer e identificar las pérdidas ocasionadas por el sistema de lubricación. 1.4 Conocer los niveles permisibles y consumos de lubricantes en la máquina.</p>	<p>1.1 Conceptos sobre los estándares de limpieza 1.2 Identificar los componentes que deben permanecer limpios en el puesto de trabajo</p>
O B J E T I V O S	<p>*El operador estará en capacidad de identificar los tipos de mantenimiento que se llevan a cabo dentro de la planta y de gestionar todo tipo de formatos para los registros de anomalías y fallas para el equipo de mantenimiento.</p>	<p>*El operario de lubricar toda la máquina con destreza y habilidad.</p>	<p>*EL operario estará en capacidad de identificar las partes y el funcionamiento de las unidades de mantenimiento y demás circuitos neumáticos en el equipo puesto de trabajo. *El operario estará en capacidad de ejecutar mantenimiento en la unidad de lubricación existente en su equipo, detectar fugas y corregirlas. Además, utilizar apropiadamente el aire comprimido.</p>
M E T O D O L O G I A	<p>1. Practica en el puesto de trabajo. Simulacro de reporte de fallas diligenciando totalmente la orden de trabajo (ODT) 2. Evaluación sobre los puntos de monitoreo de máquina y reporte de defectos con tarjetas rojas</p>	<p>1. Practica en el puesto de trabajo. Lubricación de todos los puntos de la máquina en base a las cartas de lubricación 2. Detección de fugas lubricante en la máquina</p>	<p>1. Practica en el puesto de trabajo. Limpieza profunda en base a los estándares de limpieza de cada uno de los equipos 2. Detectar defectos en los equipos a través de una jornada de limpieza</p>

1. PROPUESTA DEL CONTENIDO DEL TERCER NIVEL

	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN FABRICA	FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION	CONOCIMIENTOS BASICOS SOBRE EL EQUIPO	LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN
T E M A S	1. Analisis y solución de problemas	1. Lubricación productiva	1. Hidráulica básica 2. Electricidad básica	1. Organización y selección productiva de herramientas
S U B T E M A S	1.1 Metodologías para solución de problemas 1.2 Uso de los cinco sentidos para detección de fallas 1.3 Tipos de fallas 1.4 Tratamiento de fallas	1.1 Elaborar propuestas para la mejora en cuanto al número, tipo y clasificación de los lubricantes en la planta. 1.2 Estudio de las actuales normas y estándares de inspección y limpieza para mejoras que tiendan a un sistema preventivo.	1.1 Conceptos de presión, fuerza, area, velocidad y caudal 1.2 Componentes básicos de un sistema hidráulico 1.3 Averías frecuentes en los sistemas hidráulicos 1.4 Mantenimiento rutinario en los sistemas hidráulicos 1.5 Normas de seguridad 2.1 Conceptos básicos de electricidad (corriente, tensión, resistencia) 2.2 Componentes de un circuito eléctrico sencillo 3.1 Cuidados especiales con los tableros de control y mando	1.1 Conceptos de las 5 S aplicados a la organización en el puesto de trabajo 1.2 Mejoras de operatividad y movilidad en el puesto de trabajo 1.3 Organización de las herramientas en el puesto de trabajo 1.4 Concepto de mejoras a la gestión en el puesto de trabajo
O B J E T I V O S	* El operario deberá detectar e intervenir anomalías y problemas en el equipo del puesto de trabajo con mayor habilidad y destreza.	* El operario deberá detectar e intervenir anomalías y problemas en todos los lugares donde se requiera lubricación y exista necesidad de trabajar con aceite	*El operario estará en la capacidad de de identificar todos los componentes del sistema hidráulico en la máquina puesto de trabajo y de detectar fallas frecuentes en el mismo para su debido reporte. * El operario estará en capacidad de identificar los diferentes componentes de un circuito eléctrico y de ejecutar mantenimiento de rutina (cambio de fusibles, lamparas y cables flojos) de los componentes de la máquina puesto de trabajo teniendo en cuenta los procedimientos para tal fin	*El operario estará en la capacidad de de identificar todos los lugares donde se ubican las herramientas y acceder a ellas de una manera eficiente y organizada. * El operario estará en capacidad de operar con más facilidad en el puesto de trabajo y reducir los tiempos de pérdidas por razones humanas
M E T O D O L O G I A	1. Practica en el puesto de trabajo: Análisis de los últimos problemas más frecuentes presentados en el equipo, en base a diagramas causa y efecto. 2. Practica en el puesto de trabajo: Análisis de los últimos problemas más frecuentes presentados en el equipo, en base a análisis PM	1. Practica en el puesto de trabajo: Análisis de los últimos problemas más frecuentes presentados en el equipo en el sistema hidráulico, en base a diagramas causa y efecto. 2. Practica en el puesto de trabajo: Análisis de los últimos problemas más frecuentes presentados en el equipo en el sistema hidráulico, en base a análisis PM	1. Practica en el puesto de trabajo: Cambio de LEDs y lámparas en los paneles de control de las máquinas 2. Practica en el puesto de trabajo: Descripción de las conexiones eléctricas y electrónicas por parte de los operarios de TECMAIND 3. Limpieza a los filtros del sistema hidráulico con parada programada	1. Practica en el puesto de trabajo: Reorganización de herramientas a sitios de más fácil acceso y mejor organización. 2. Practica en el puesto de trabajo: Descripción de las mejoras en la operatividad y seguimiento en el puesto de trabajo a los movimientos durante un turno de trabajo

ANEXO N

1. DIAGRAMA DE FLUJO, PROGRAMA AMEF.



BIBLIOGRAFIA

- **NAKAJIMA, Seiichi et. al.** Programa de desarrollo del TPM. Madrid: Tecnologías de gerencia y Producción S.A., 1991. 423p.

- **NAKAJIMA, Seiichi et. al.** TPM New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries. Atlanta: JIPM U.S.A. Office, 1996. 560p.

- **YOSHIDA Katsuhide et. al.** Training for TPM "A Manufacturing Success Story". Portland: Productivity Press, 1990. 258p.