

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LA
METODOLOGÍA MCC PARA LOS TORNOS DE CONTROL NUMÉRICO
(CNC) PERTENECIENTES A LA EMPRESA TUBOS SERVICIOS DE
ORIENTE S.A. ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Realizado por:

Toro R., Andreina J.

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:**

INGENIERO INDUSTRIAL

Anaco, Julio de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROPUESTA DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LA
METODOLOGÍA MCC PARA LOS TORNOS DE CONTROL NUMÉRICO
(CNC) PERTENECIENTES A LA EMPRESA TUBOS SERVICIOS DE
ORIENTE S.A. ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI

Revisado por:

Esp. Alcántara, José
Asesor Académico

Ing. Peña, Ysabel
Asesor Industrial

Anaco, Julio de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LA
METODOLOGÍA MCC PARA LOS TORNOS DE CONTROL NUMÉRICO
(CNC) PERTENECIENTES A LA EMPRESA TUBOS SERVICIOS DE
ORIENTE S.A. ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Jurado Calificador:

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

APROBADO

Esp. Alcántara, José
Asesor Académico

Ing. Ledezma, Melchor
Jurado Principal

MSc. Bousquet, Juan C.
Jurado Principal

Anaco, Julio de 2018

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009 según comunicación CU-034-209)

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi Dios Todopoderoso, Eterno y lleno de amor, por haberme dado la vida, sabiduría y fortaleza para alcanzar este logro. Como dice su Hermosa y maravillosa palabra: “Dad gracias a Dios en todo tiempo, porque esta es la voluntad de Dios para con nosotros en Cristo Jesús”.1 Tesalonicenses 5:18

A mis padres, por enseñarme todo lo que necesitaba saber en tan poco tiempo, por haberme hecho quien soy, por brindarme siempre el amor más puro que ha existido y por seguir presente a pesar de todas las dificultades. Los amo.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones. A todas estas personas gracias de todo corazón.

Andreina Toro

AGRADECIMIENTOS

En el presente trabajo primeramente agradecida de mi Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hacer realidad este sueño anhelado, por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. Te amo mi eterno y maravilloso Creador.

A mis padres Suleidy y Armando, a mis hermanos Andrea, Adrián, Armandito y Andrixis que son mi familia, gracias por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han ayudado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. Les amo con todo el corazón.

A la Universidad de Oriente, mi casa de estudio, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional digno de esta bella nación.

A mi tutor académico Ing. José Alcántara muchas gracias por su esfuerzo y dedicación, por sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación, lo cual ha logrado en mí que pueda terminar este trabajo de grado con éxito. Dios le bendiga siempre por su gran corazón.

A mi tutora industrial Ing. Ysabel Peña por brindarme su apoyo durante todo el proceso de elaboración de este trabajo de grado, por su tiempo, su experiencia, su paciencia y sus ganas de ayudarme en todo momento, muchas gracias Dios le bendiga siempre por su gran corazón.

Gracias a Tubos Servicios de Oriente S. A. y a todas las personas que allí laboran, que me brindaron un gran apoyo y la oportunidad de realizar el trabajo de grado en esta empresa.

A mis profesores quienes participaron en el desarrollo de mi carrera profesional porque todos han aportado su granito de arena a mi formación académica

A mis compañeros de estudio por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad. Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron al darme el apoyo y la motivación que necesitaba para seguir luchando por mis sueños. Les estaré eternamente agradecida.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LA
METODOLOGÍA MCC PARA LOS TORNOS DE CONTROL NUMÉRICO
(CNC) PERTENECIENTES A LA EMPRESA TUBOS SERVICIOS DE
ORIENTE S.A. ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Autor: Toro R., Andreina J.

Tutor: Esp. Alcántara, José

Fecha: Julio, 2018

RESUMEN

En virtud de mejorar el desempeño de la empresa Tubos Servicios de Oriente S.A, se realizó este trabajo de grado, el cual consistió en la elaboración de planes de mantenimiento para los tornos de control numérico (CNC) aplicando la metodología MCC. La investigación corresponde a un nivel de tipo descriptivo, bajo un diseño de campo. Para lograr lo planteado en primer lugar, se describió el contexto operacional de los tornos de control numérico (CNC), luego se estableció una jerarquización de los equipos tomando en cuenta la norma ISO 14224, seguidamente se realizó el respectivo AMEF a los equipos en estudio evaluando el modo de fallo, efecto o consecuencia de la falla; se aplicó el ALD para la determinación de las tareas de mantenimiento a ejecutar y para culminar se crearon planes de mantenimiento para los tornos de control numérico (CNC). El aporte principal de la investigación es proporcionar a la empresa una herramienta que le permita mantener la operatividad de los equipos de forma eficiente, por lo que se recomienda tomar en cuenta esta propuesta para minimizar la situación presente.

Descriptores: Mantenimiento, Metodología MCC, AMEF, ALD, tornos de control numérico

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I.....	19
EL PROBLEMA	19
1.1. Planteamiento del Problema.....	19
1.2. Objetivos de la Investigación.....	22
1.2.1. Objetivo General	22
1.2.2. Objetivos Específicos.....	22
1.3. Justificación de la Investigación	23
1.4. Delimitación de la Investigación.....	24
1.5. Generalidades de la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.	24
1.5.1. Reseña Histórica	24
1.5.2. Razón Social	25
1.5.3. Misión	25
1.5.4. Visión.....	26
1.5.5. Objetivos Generales de la Calidad	26
1.5.6. Política de Calidad	26
1.5.7. Política de Seguridad, Higiene y Ambiente	27
1.5.8. Política de Área Industrial.....	27
1.5.9. Ubicación Geográfica	28
1.5.10. Estructura Organizacional.....	29
CAPITULO II	30
MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. Antecedentes de la Investigación	30
2.2. Bases teóricas	33
2.2.1. Mantenimiento	33
2.2.2. Gestión de Mantenimiento	33
2.2.3. Finalidad del mantenimiento.....	34
2.2.4. Tipos de Mantenimiento	34
2.2.5. Planes de Mantenimiento	37
2.2.6. Sistema Productivo (S.P.)	39
2.2.7. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)	39
2.2.8. Características del MCC	40

2.2.9. Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	40
2.2.10. Estructura del MCC	42
2.2.11. Preguntas Básicas para el Análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	42
2.2.12. Pasos para la Aplicación del MCC	43
2.2.13. Equipo Natural de Trabajo	44
2.2.14. Contexto Operacional	44
2.2.15. Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF).....	45
2.2.16. Pasos para la Aplicación del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF).....	46
2.2.17. Funciones (¿Cuáles son las Funciones y Especificaciones de Operación del Equipo?)	47
2.2.18. Falla.....	48
2.2.19. Tipos de Fallas	49
2.2.20. Fallas Funcionales (¿De qué Manera Deja de Cumplir sus Funciones?)	50
2.2.21. Modos de Fallas (¿Cuál es la Causa de Cada Falla Funcional?)	51
2.2.22. Efectos de Fallas (¿Qué Sucede Cuando Cada Falla Ocurre?)	51
2.2.23. Árbol Lógico de Decisión (ALD)	51
2.2.24. Consecuencias de las Fallas (¿Importa si Falla?).....	54
2.2.25. Estrategias del Árbol Lógico de Decisión (ALD).....	55
2.2.26. Tareas Preventivas Programadas (¿Se Puede Hacer Algo para Prevenir la Falla?)	55
2.2.27. Tareas Correctivas (¿Qué Pasa si no Podemos Prevenir la Falla?).....	58
2.2.28. Norma ISO 14224	59
2.2.29. Proceso de Mecanizado.....	59
2.2.30. Operaciones de Torneado.....	59
2.2.31. Máquina-Herramienta	63
2.2.32. Control Numérico Computarizado (CNC).....	64
2.2.33. Ventajas del Control Numérico Computarizado.....	64
2.2.34. Máquinas con Control Numérico (CNC)	65
2.2.35. Torno de Control Numérico (CNC)	66
CAPITULO III	67
MARCO METODOLÓGICO	67
3.1. Nivel de la Investigación.....	67
3.2. Diseño de la Investigación	67
3.3. Unidades de Estudio.....	68
3.4. Población y Muestra.....	69
3.5. Técnicas de Recolección de Datos	70
3.5.1. Revisión Documental	70
3.5.2. Observación Directa.....	71
3.5.3. Entrevistas no Estructuradas	71
3.6. Técnicas de Análisis de Datos.....	71

3.6.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)	72
3.6.2. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)	72
3.6.3. Árbol Lógico de Decisiones (ALD).....	72
3.6.4. Hoja de Información	73
3.6.5. Hoja de Decisión.....	73
3.6.6. Gráfico Circular	74
3.7. Descripción de las Etapas del Proyecto	74
3.7.1. Descripción del Contexto Operacional de los Tornos de Control Numérico (CNC) Pertencientes a la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.....	74
3.7.2. Establecimiento de una Jerarquía de los Tornos de Control Numérico (CNC) que Posee la Empresa de Acuerdo a la Norma ISO 14224.....	75
3.7.3. Elaboración del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los Tornos de Control Numérico (CNC) de la Empresa	75
3.7.4. Determinación de las Actividades de Mantenimiento para los Tornos de Control Numérico (CNC) Mediante la Aplicación del Árbol Lógico de Decisión	77
3.7.5. Creación de Planes de Mantenimiento Preventivo para los Tornos de Control Numérico (CNC) de la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.	80
CAPÍTULO IV	81
ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
4.1 Descripción del Contexto Operacional de los Tornos de Control Numérico (CNC) Pertencientes a La empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.....	81
4.1.1. Equipo Natural de Trabajo	81
4.1.2. Descripción del Sistema de Tornos de Control Numérico (CNC).....	82
4.1.3. Descripción de Componentes de los Tornos de Control Numérico (CNC).....	88
4.1.4. Diagrama Funcional de Operación de los Tornos de Control Numérico (CNC).....	101
4.1.5. Flujograma del Procedimiento de Gestión para la Reparación de los Equipos.....	101
4.2. Establecimiento de una Jerarquía de los Tornos de Control Numérico (CNC) que Posee la Empresa de Acuerdo a la Norma ISO 14224.	104
4.2.1. Fronteras de los Equipos	104
4.2.2. Jerarquía de los Equipos	105
4.3. Elaboración de un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los Tornos de Control Numérico (CNC) de la Empresa.....	113
4.3.1. Resultados Obtenidos del Análisis de Modo y Efectos de Fallas a los Tornos de Control Numérico	139

4.4. Determinación de las Actividades de Mantenimiento para los Tornos de Control Numérico (CNC) Mediante la Aplicación del Árbol Lógico de Decisión.....	139
4.5. Creación de Planes de Mantenimiento Preventivo para los Tornos de Control Numérico (CNC) pertenecientes a la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.....	171
CAPÍTULO V	181
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	181
5.1. Conclusiones	181
5.2. Recomendaciones.....	182
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	184
ANEXOS	188
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO	200

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Unidades de estudio.....	69
Tabla 4.1 Número de estaciones de las torretas de los tornos de control numérico.....	92
Tabla 4.2 Especificaciones de los Tornos de Control Numérico.....	99
Tabla 4.3 Tipos de tuberías y clases de conexiones asignadas a los tornos de control numérico.....	100
Tabla 4.5 Datos de equipo del torno DAINICHI.....	110
Tabla 4.6 Datos de equipo del torno MORI-SEIKI.....	111
Tabla 4.7 Datos de equipo del torno OKUMA.....	112
Tabla 4.8 Hoja de información del AMEF de los tornos de control numérico.....	114
Tabla 4.8 Continuación.....	137
Tabla 4.9 Resumen AMEF de tornos de control numérico.....	139
Tabla 4.10 Hoja de decisión del ALD de los tornos de control numérico.....	140
Tabla 4.11 Resultados del ALD.....	167
Tabla 4.12 Tareas de mantenimiento a efectuar.....	168
Tabla 4.13 Plan de mantenimiento de los Tornos de Control Numérico.....	172
Tabla 4.14 Cronograma de Actividades del Plan de Mantenimiento de los Tornos de Control Numérico.....	179

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1Ubicación geográfica de la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.	28
Figura 1.2Estructura organizacional de la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.....	29
Figura 2.1Pasos para aplicar el M.C.C.....	44
Figura 2.2Flujograma de implantación del AMEF.	47
Figura 2.3Diagrama de decisiones	53
Figura 2.4Esquema funcional de cilindrado.....	60
Figura 2.5Esquema funcional de mandrinado.....	60
Figura 2.6Esquema funcional de refrentado.	61
Figura 2.7Esquema funcional de roscado.	61
Figura 2.8Esquema funcional de ranurado.....	62
Figura 2.9Esquema funcional de moleteado.	62
Figura 2.10Esquema funcional de tronzado.....	63
Figura 2.11Esquema funcional de torneado cónico.	63
Figura 3.1Hoja de información	73
Figura 3.2Hoja de decisión	73
Figura 3.3 Encabezado de la hoja de información	75
Figura 3.4Sección de las partes mantenibles de la hoja de información.....	76
Figura 3.5Sección de responsables de la hoja de información.....	76
Figura 3.6Aplicación del AMEF en la hoja de información.....	76
Figura 3.7Encabezado de la hoja de decisión	77
Figura 3.8Sección de las partes mantenibles de la hoja de decisión.....	78
Figura 3.9Sección de responsables de la hoja de decisión.....	78
Figura 3.10Aplicación del Árbol Lógico de Decisión	78
Figura 4.1Equipo natural de trabajo.....	82
Figura 4.2Esquema de mecanizado del extremo Pin (punta/rosca macho).....	84
Figura 4.3Esquema de mecanizado del extremo Box(caja/rosca hembra)	84
Figura 4.4Diagrama EPS del sistema de tornos de control numérico.....	86
Figura 4.5Torno de control numérico DAINICHI	87
Figura 4.6Torno de control numérico MORI-SEIKI	87
Figura 4.7Torno de control numérico OKUMA	88
Figura 4.8Cabezal del husillo.....	89
Figura 4.9Sistema de referencia en un torno de control numérico	90
Figura 4.10Bancada.....	91
Figura 4.11Torreta.....	91
Figura 4.12Transportador de viruta.....	92
Figura 4.13Contrapunto	93
Figura 4.14Bomba de lubricación de guías.....	94

Figura 4.15	Unidad hidráulica o sistema hidráulico	94
Figura 4.16	Plato neumático	95
Figura 4.17	Servomotor	96
Figura 4.18	Cabina eléctrica	97
Figura 4.19	Panel de Operación	97
Figura 4.20	PLC (Control Lógico Programable)	98
Figura 4.21	Diagrama funcional de operación de los tornos de control numérico	101
Figura 4.22	Flujograma del procedimiento de gestión para la reparación de los equipos	103
Figura 4.23	Frontera de los equipos. Diagrama (a).....	104
Figura 4.24	Frontera de los equipos. Diagrama (b)	105
Figura 4.25	Distribución porcentual de las fallas evidentes y no evidentes	169
Figura 4.26	Distribución porcentual de consecuencias de las fallas	169
Figura 4.27	Distribución porcentual de las tareas de mantenimiento	170

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el factor mantenimiento ha alcanzado un nivel de importancia tal que, son muchas las aplicaciones y ventajas que ofrece dentro de un contexto industrial. Este constituye la manera de garantizar la respuesta ante determinadas exigencias del entorno, al igual que garantiza el máximo aprovechamiento de los sistemas de equipos empleados para lograr cualquier producto o prestar un servicio. Aunado a esto, son numerosos los beneficios que se obtienen desde el punto de vista organizacional, ya que el mantenimiento no sólo está dirigido a la aplicación de acciones sobre un equipo particular, sino que abarca muchas áreas.

Por lo antes expuesto, se podría señalar que actualmente una de las herramientas que se está empleando con mayor tendencia, y los numerosos estudios realizados en este campo así lo demuestran, es la incorporación de planes de mantenimiento preventivo basado en el MCC, dentro de las diferentes empresas que disponen de diversas maquinarias para el cumplimiento de las actividades, estableciendo la relación e interacción óptima de los recursos destinados para tal fin. Esto, con el objetivo de que las actividades de mantenimiento puedan realizarse en la vida práctica, es imprescindible contar con una correcta definición y planificación de las verdaderas necesidades de mantenimiento que interrelacione a los recursos, materiales, al personal técnico, a su administración y a sus objetivos.

En la siguiente investigación se proponen planes de mantenimiento basados en la metodología MCC para los Tornos de Control Numérico (CNC) pertenecientes a la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A. Anaco, Estado Anzoátegui, con el fin de optimizar la disponibilidad y reducir el nivel de ocurrencia de fallas de dichos tornos, los cuales pueden afectar los equipos operacionales y a su vez minimizar los daños al medio ambiente, generando así un aumento de la confiabilidad y un mejor

aprovechamiento de los recursos, el mismo está estructurado en cinco (5) capítulos, descritos a continuación:

Capítulo I: Corresponde al Planteamiento del Problema, el cual contiene la descripción general de la empresa objeto de estudio, así mismo, una panorámica del problema presentado por la empresa, donde se ven reflejadas las debilidades presentes, igualmente se mencionan los objetivos planteados, tanto el objetivo general como los objetivos específicos para el desarrollo de esta investigación, la descripción general de la empresa, el alcance y la importancia de la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico, donde se presentan los antecedentes de la investigación, además, se muestra un resumen teórico de los conocimientos previos requeridos para la realización de la investigación, con respecto a todo lo referente a la teoría que sirve de fundamento, tales como: mantenimiento, torno, entre otros.

Capítulo III: Marco Metodológico, se define y describe el nivel y diseño de investigación bajo el cual se realizó el presente trabajo, además se muestran los aspectos generales de la población, las técnicas de recolección de información utilizadas fueron: Observación directa y la entrevista no estructurada. Por otra parte, las técnicas de análisis de datos fueron: Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y Árbol Lógico de Decisión (ALD), así como también los formatos de hojas de información y hojas de decisión.

Capítulo IV: Presentación y análisis de resultados, contiene el análisis de los resultados obtenidos del diagnóstico realizado a los tornos de control numérico de la empresa, donde se muestra la situación actual en la que se encuentra, posteriormente se definen las estrategias a considerar de acuerdo al estado actual del objeto de estudio y al desarrollo de los objetivos específicos propuestos.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones, se refiere a la parte final de la investigación, donde se presenta las conclusiones de las manifestaciones descritas en el desarrollo de los objetivos y recomendaciones a las cuales se llegó una vez finalizada la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Hoy en día los planes de mantenimiento preventivo representan gran importancia en el entorno industrial, debido a que se ha hecho mayor énfasis en cuanto a su correcta elaboración y aplicación para garantizar la preservación de los equipos productivos. El objetivo primordial de esta herramienta de planificación es asegurar que todo activo físico continúe desempeñando sus funciones con el mínimo de interrupciones no programadas; por ende la efectividad de las acciones tomadas estará determinada por las estrategias y la gestión de mantenimiento empleada.

Está comprobado que algunas averías mecánicas pueden evitarse con acciones de mantenimiento preventivas. Por tal motivo, a medida que la industria aumenta en complejidad y tecnificación, se hace necesaria la aplicación de metodologías o técnicas que permitan obtener mejores resultados en cuanto a la disponibilidad operacional del activo físico; siendo la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) una de las más resaltantes. Ésta fue desarrollada en primera instancia por la aviación comercial norteamericana y sirvió de guía para la planeación de programas de mantenimiento dirigida a todo tipo de aeronaves; sin embargo a partir de 1987 fue adoptada por la industria minera y manufacturera. En Venezuela llegó a ser implantada en el año 1994 por MARAVÉN (Refinería Cardón), y hasta ahora empresas líderes justifican su éxito debido a la aplicación de MCC.

Según Moubray, J. (1999) señala que: “es un proceso de análisis sistemático que se realiza para determinar qué se debe hacer para asegurar que un equipo o un sistema continúe ejecutando su función, útil para el desarrollo de un plan eficiente de mantenimiento” (p.276). Esta metodología se basa en dar respuesta a una cantidad de interrogantes establecidas mediante la elaboración de un Análisis de los Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y la aplicación del Árbol Lógico de Decisión, el cual determina las actividades de mantenimiento que se deberían ejecutar en un sistema productivo.

Actualmente en Venezuela existen numerosas organizaciones cuyas actividades van dirigidas al sector industrial; una de ellas es Tubos Servicios de Oriente, S.A. ubicada en la Avenida José Anzoátegui, Campo Lukiven, Anaco Estado Anzoátegui; la cual fue fundada el 22 de julio de 1982, con el propósito fundamental de mantener una alta estabilidad en cuanto a los servicios que ofrece a la industria petrolera en el área de fabricación, inspección, limpieza y reacondicionamiento de tuberías de producción y perforación; alcanzando una posición destacada en tecnología, calidad y protección integral, satisfaciendo las exigencias del cliente a través del trabajo en equipo.

Tubos Servicios de Oriente, S.A, posee una creciente demanda de producción en cuanto a la fabricación de conexiones API y conexiones PREMIUM, aplicadas en tuberías de perforación y producción como: Drill Pipe, Heavy Weight, CASING 8rd, HT-55, Cross-Overs, STL, NJO, ANJO, Subs, y Pup-Joints, para ello cuenta con la ayuda de equipos de avanzada tecnología como los Tornos de Control Numérico (CNC) o Tornos CNC, los cuales se encargan de realizar operaciones de cilindrado, mandrinado, refrentado, roscado, ranurado, moleteado, tronzado y torneado cónico.

La empresa posee tres tornos CNC los cuales son de diferentes marcas y dimensiones del husillo: DAINICHI 6” Ø, MORISEIKI 14” Ø y OKUMA 8” Ø,

éstos representan para la misma el eje principal de sus operaciones, ya que generan mayor producción de piezas en comparación con los tornos convencionales, debido a que el mecanizado en CNC se realiza automáticamente, mientras que en los otros se realiza manualmente, siendo evidente que el tiempo de fabricación de la pieza es mucho menor en los tornos de control numérico.

Sin embargo, los tornos CNC no han estado exentos de producir fallas o averías ya sean mecánicas, eléctricas, en el mecanizado, entre otras. Estos percances se han generado debido a causas como, inexistencia de registros de los tiempos entre fallas, no se lleva un control estadístico de fallas y tampoco cuentan con planes de mantenimiento preventivo, que permitan reducir estos inconvenientes.

Hasta los momentos en la empresa sólo realizan mantenimientos correctivos a los equipos luego de surgir algún tipo de falla que no puedan controlar. Esta situación ha traído como consecuencia que los productos obtenidos no cumplan con los parámetros de calidad deseados, tales como el acabado superficial de la pieza y la precisión en las dimensiones estándares establecidas, aunado a la ocurrencia de paradas inesperadas de los tornos CNC, lo cual ocasiona tanto pérdida de tiempo como un incremento en los costos por mantenimientos correctivos; del mismo modo mientras estos se encuentran inactivos por reparaciones, para la organización representa grandes pérdidas económicas debido a que los equipos no están produciendo.

En tal sentido, es evidente la necesidad de diseñar planes de mantenimiento a los tornos de control numérico (CNC), utilizando la metodología Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), y de esta manera lograr reducir los efectos negativos antes mencionados, resultando beneficioso para la organización, ya que se establecerían acciones de mantenimiento preventivo enfocadas a las causas y consecuencias de las posibles fallas, se aumentaría la confiabilidad de los equipos

minimizando las paradas imprevistas, se reducirían los elevados costos por mantenimientos correctivos, y por lo tanto se ayudaría a preservar la vida de los equipos manteniéndolos en condiciones aptas para desarrollar su correcta función, garantizando así mayor seguridad y protección tanto del personal como del área de trabajo.

La originalidad que posee el proyecto en la empresa se evidencia en que es el primero en ser propuesto a los tornos de control numérico (CNC). Además, puede servir como base para la aplicación de planes de mantenimiento fundamentados en la metodología MCC a los demás activos físicos que posee la organización, permitiendo que sea considerado como una herramienta indispensable para el logro de sus objetivos.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Proponer planes de mantenimiento basados en la metodología MCC para los Tornos de Control Numérico (CNC) pertenecientes a la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A. Anaco, Estado Anzoátegui.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir el contexto operacional de los tornos de control numérico (CNC) pertenecientes a la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.
- Establecer una jerarquía de los tornos de control numérico (CNC) que posee la empresa de acuerdo a la norma ISO 14224.

- Elaborar un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los tornos de control numérico (CNC) de la empresa.
- Determinar las actividades de mantenimiento para los tornos de control numérico (CNC) mediante la aplicación del Árbol Lógico de Decisión.
- Crear planes de mantenimiento preventivo para los tornos de control numérico (CNC) pertenecientes a la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.

1.3. Justificación de la Investigación

La operatividad del sistema conformado por los tornos de control numérico representa un factor de suma importancia para el desarrollo de las actividades de mecanizado de piezas, por lo cual, es necesario que la empresa cuente con equipos confiables que permitan cumplir con las exigencias de las actividades y con la satisfacción de las necesidades de los clientes.

Debido a que Tubos Servicios de Oriente S. A. no posee planes de mantenimiento preventivos, los equipos que posee han presentado recurrente fallas y paradas no programadas, que inevitablemente han interrumpido las operaciones ocasionando el retardo en cuanto a la entrega de los pedidos exigidos por la clientela.

Es por ello que resulta favorable la realización de la presente investigación con el objetivo de mejorar las condiciones operativas de estas máquinas-herramientas a través de la implementación de tareas de mantenimiento que permitan disminuir las fallas, y del mismo modo aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los tornos de control numérico; garantizando los altos niveles de calidad requeridos por la empresa.

1.4. Delimitación de la Investigación

El presente trabajo de grado está dirigido a proponer planes de mantenimiento preventivo basados en la metodología MCC para los Tornos de Control Numérico (CNC) pertenecientes a la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A. Anaco, Estado Anzoátegui. Éste abarcará el contexto operacional y la jerarquización de los equipos, el análisis de modos y efectos de fallas, la aplicación del árbol lógico de decisiones, así como también la elaboración del programa de mantenimiento a realizar.

1.5. Generalidades de la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.

1.5.1. Reseña Histórica

Esta empresa lleva por nombre Tubos Servicios de Oriente, S.A. Inicialmente se estableció en Maracaibo Edo Zulia, funcionando en ella las oficinas principales donde se encuentran las autoridades directivas y administrador de la sociedad.

El 12 de julio de 1.982, se funda en la ciudad de Anaco, Estado Anzoátegui la empresa Tubos Servicios de Oriente, S.A., con un capital de 134 millones de bolívares, la cual se encuentra ubicada en la avenida José Antonio Anzoátegui kilómetro 100, Campo Lukiven. En la actualidad la empresa Tubos Servicios de Oriente, S.A., cuenta con un capital de 1.234 millones de bolívares.

La empresa Tubos Servicios presta los servicios de inspección y reparación de tuberías de producción, revestimiento y perforación para la industria petrolera, así como los servicios de llaves hidráulicas.

Dentro de las instalaciones de Tubos Servicios de Oriente, S.A., se encuentra un Taller Industrial, el cual se dedica a la reparación de roscas y tapones, soldadura, hard-banding y servicios generales.

Su objetivo es proporcionar un servicio eficiente y confiable a sus clientes, desarrollando un sistema organizacional que incluye en las estrategias y políticas que deben ser acatadas y cumplidas por todo el personal de la Empresa.

1.5.2. Razón Social

Tubos Servicios de Oriente, S.A., es una empresa que se rige como una sociedad anónima y sus obligaciones sociales están garantizadas por un capital establecido y los socios sólo están obligados por el monto de sus acciones.

Es una empresa dedicada a brindar servicios de inspección y reparación de tuberías de producción, perforación y revestimiento, ya sea por el método convencional o por equipos 4 estaciones, así como también servicios de llaves hidráulicas.

1.5.3. Misión

Somos una organización que ofrece servicios en las áreas petrolera e industrial, los cuales se cimientan sobre su valioso y capacitado recurso humano que se identifica con los objetivos y políticas para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, crear valor patrimonial e instituir valor social a través de la responsabilidad empresarial.

1.5.4. Visión

Distinguirse como la empresa líder en los servicios de manufactura, reparación e inspección con ensayos no destructivos de conexiones en tuberías y equipos de izamiento, verificación y calibración de equipos de medición relacionadas al área petrolera e industrial; todos ellos ofrecidos a nuestros clientes a través de un sistema de la calidad acorde con los requisitos exigidos.

1.5.5. Objetivos Generales de la Calidad

- Implementar y mantener actualizado un programa de calidad acorde con las normas ISO 9001:2008.
- Establecer y mantener una política de mejoramiento continuo en todas las actividades de la organización.
- Optimizar nuestros procesos y productos a fin de ser más competitivos.

1.5.6. Política de Calidad

Buscamos la Calidad y el mejoramiento continuo en todos los procesos de nuestra empresa. Fijamos nuestros objetivos para lograr la satisfacción total de nuestros clientes, bajo las más rigurosas normas de CALIDAD.

Asumimos el compromiso de suministrar productos y servicios de excelente calidad. Nuestra calidad está basada en nuestros clientes, nuestros proveedores y nuestra valiosa gente.

1.5.7. Política de Seguridad, Higiene y Ambiente

Tubos Servicios de Oriente, S.A., es una empresa dedicada a brindar servicios de inspección y reparación de tuberías de producción, perforación y revestimiento, así como también servicios de llaves hidráulicas.

Nuestra empresa, con el apoyo de la Gerencia General, tiene como meta principal promover el desarrollo de normas, planes, programas y procedimientos de trabajo seguro, para que todo trabajador realice su respectiva labor de manera segura, en un ambiente adecuado previniendo así enfermedades ocupacionales y eventos no deseados.

Además de la conservación de los recursos naturales, mediante la aplicación de estrictos controles y programas, teniendo en cuenta la implicación individual proactiva, la responsabilidad y el mejoramiento continuo de nuestro personal.

1.5.8. Política de Área Industrial

La Gerencia General de Tubos Servicios de Oriente, S.A., comprometida con la protección del espacio físico, bienes materiales, trabajadores y con el medio ambiente designará como ZONA INDUSTRIAL RESTRINGIDA toda instalación y/o área de trabajo donde se realice o ejecute cualquier actividad, tarea y/u operación. De la misma manera se le dará el nombre de ZONA RESTRINGIDA a todas aquellas áreas de oficinas, tales como Administración, Almacén, Gerencia General, donde se cumplirá con la Política de Seguridad, Higiene y Ambiente, en todos sus ámbitos. Las mismas serán aplicadas a todos los trabajadores propios, subcontractados, así como a todas las personas que no pertenezcan a la organización de la empresa.

1.5.9. Ubicación Geográfica

Tubos Servicios de Oriente S. A., tiene su sede en la ciudad de Anaco, estado Anzoátegui; se encuentra ubicada en la avenida José Antonio Anzoátegui, Campo Lukiven. (Ver figura 1.1.)



Figura 1.1 Ubicación geográfica de la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.
Fuente: Google Maps con adaptación del autor (2017), Anaco.

1.5.10. Estructura Organizacional

A continuación, se muestra de forma gráfica la estructura organizativa de la empresa. (Ver figura 1.2.)

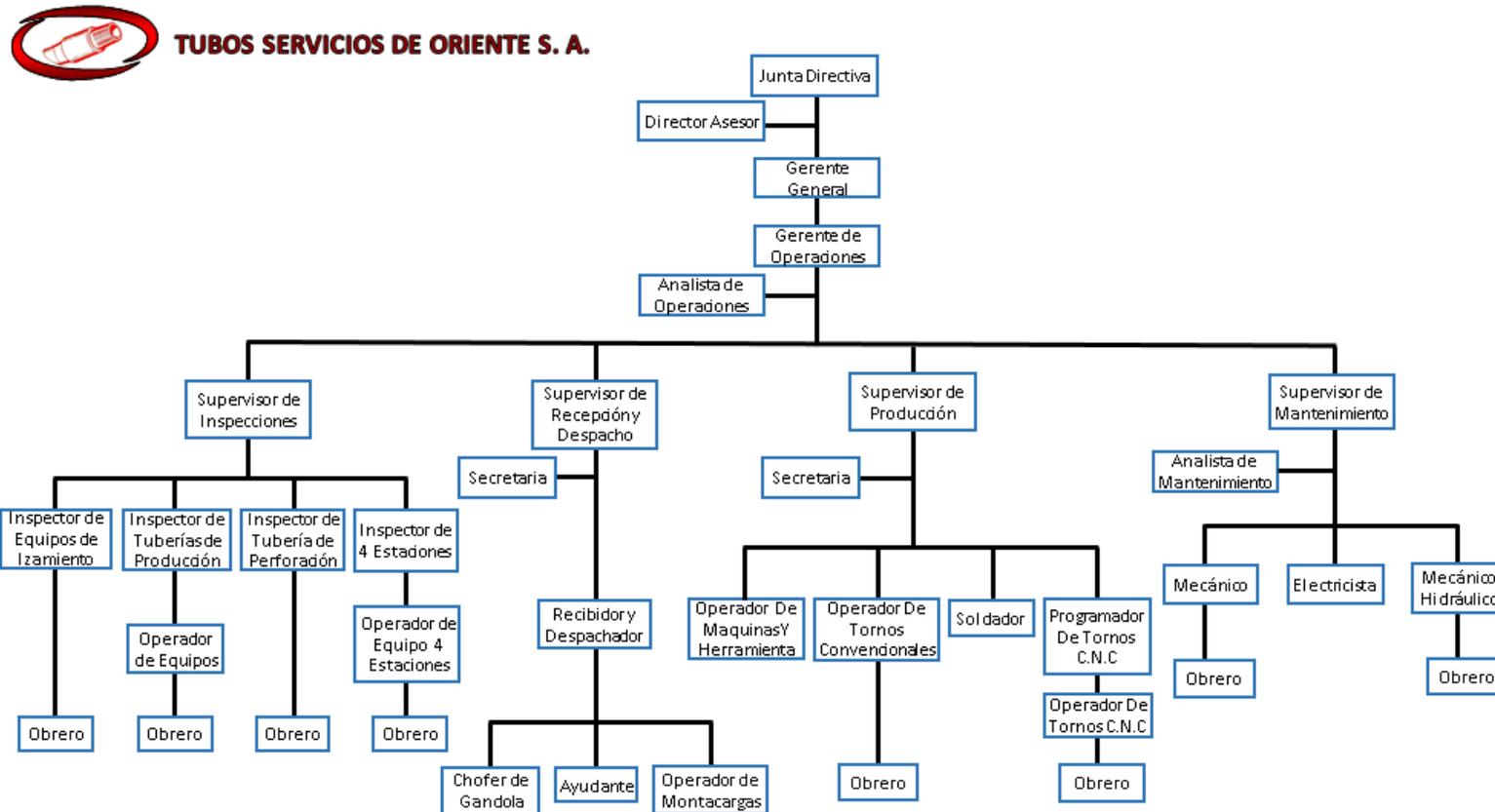


Figura 1.2 Estructura organizacional de la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.

Fuente: Tubos Servicios de Oriente S. A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Seguidamente se muestran las investigaciones seleccionadas en cuanto a la relación que poseen al presente tema en estudio, las cuales sirvieron de guía y apoyo para el desarrollo del proyecto.

Marín, O. (2014). *“Diseño de Planes de Mantenimiento aplicando la Metodología MCC para el Sistema de Tornos Paralelos de la Empresa Servicios en Herramientas y Suplidora, C.A. (S.H.S, C.A.), Anaco, Estado Anzoátegui”*. Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui. Esta tesis consistió en el diseño de planes de mantenimiento para el sistema de tornos paralelos aplicando la metodología MCC. En primer lugar, se realizó la descripción del contexto operacional de los tornos utilizando sus fichas técnicas y manuales del fabricante. Luego, basándose en los registros de fallas de años anteriores llevó a cabo el Análisis de Modos y Efectos de Fallas donde se evaluaron los subsistemas que conforman a los tornos, arrojando como resultados modos de fallas inaceptables, de reducción deseable y aceptables, lo que condujo a la implementación del Árbol Lógico de Decisiones y establecer las tareas de mantenimiento para finalmente diseñar los planes de mantenimiento que deben aplicarse al sistema de tornos.

El trabajo citado anteriormente fue considerado como una herramienta útil para la autora, ya que sirvió de apoyo para la definición del contexto operacional, para identificar las causas de las fallas y los posibles riesgos existentes en los tornos CNC y para el desarrollo del plan de mantenimiento.

Díaz, A. (2013). *“Diseño de Planes de Mantenimiento basados en la Filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el Sistema de Mecanizado de la empresa Venezolana de Flujos C.A. Anaco, Estado Anzoátegui”*. Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui. El presente trabajo tuvo como objetivo mejorar la confiabilidad de los equipos y evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas en los equipos. En vista de no contar con un plan de mantenimiento eficaz, fue conveniente utilizar la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Luego de determinar el contexto operacional del sistema, realizó un análisis de criticidad y procedió a elaborar el AMEF a los componentes críticos del sistema de mecanizado, asentándolos en la hoja de información, para luego determinar las acciones de mantenimiento mediante el ALD y registrarlas en la hoja de decisión.

Este proyecto sirvió de guía para la creación de los formatos de las técnicas de análisis de datos, también fue usado como apoyo para el desarrollo del plan de mantenimiento basado en MCC a los tornos de control numérico (CNC).

Velásquez, E. (2013). *“Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) adecuado a los equipos que componen el Sistema de Control de Presión para Cables de Registro (Marca ELMAR) de la empresa ADVANCED LOGGING & EXPLOSIVES (ALEX, C.A.)”* Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título

de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui. En la presente investigación se propuso un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología MCC adecuado a los equipos que componen el Sistema de Control de Presión para Cables de Registro, se estableció una jerarquía en dichos equipos de acuerdo a la norma ISO 14224, se realizó un análisis de modos y efectos de fallas, se diseñó el plan de mantenimiento preventivo acorde a las actividades de mantenimiento y finalmente se efectuó un estudio técnico-económico al plan de mantenimiento propuesto; comprobando que ejecutar el mismo representa un 23,23% del costo del sistema.

El trabajo de grado descrito anteriormente sirvió de guía en cuanto a la realización de la jerarquía de los equipos de acuerdo a la norma ISO 14224, y a la elaboración de los formatos relacionados con las técnicas de análisis de datos: Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) y Árbol Lógico de Decisión (ALD).

Brazón, A. (2014). *“Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos Dinámicos y Estáticos de la Planta de Agua, PDVSA GAS ANACO”*. Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui. En esta investigación se realizó un diseño de plan de mantenimiento preventivo para los equipos dinámicos y estáticos, debido a que la empresa no contaba con planes de mantenimiento preventivo. Una vez recopilada la información necesaria con respecto a las técnicas de análisis de datos, se procedió a la elaboración de los manuales de cada equipo; los cuales contienen de manera detallada las actividades a realizar, los equipos de protección personal y las herramientas necesarias. Seguidamente se realizaron programas de mantenimiento preventivo, los cuales presentan de manera ordenada los periodos de tiempo en que deben ejecutarse cada una de las actividades para cada equipo.

El trabajo de grado expuesto anteriormente fue de gran utilidad ya que en su contenido posee información importante para el desarrollo del proyecto en cuanto a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento

La norma COVENIN 3049-93 (1993) define mantenimiento de la siguiente manera: “Conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado” (p.1). Existen autores que definen mantenimiento. Según Duffuaa, Raouf y Dixon (2000) definen mantenimiento “como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas” (p.29). En este sentido el mantenimiento comprende todas aquellas actividades necesarias, para que un equipo o sistema continúe desempeñando las funciones deseadas.

En definitiva, el mantenimiento se basa en reparar, mantener o conservar en buen estado los activos y las instalaciones; es realizado por el personal del departamento de mantenimiento de la empresa y de ser necesario por empresas especializadas en el acondicionamiento de equipos en específico.

2.2.2. Gestión de Mantenimiento

De acuerdo a la norma COVENIN 3049-93 (op. cit.) la gestión de mantenimiento se define como “la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento” (p.1).

Para la autora y para efecto de la presente investigación, la gestión de mantenimiento debe estar orientada en la necesidad de mejorar la productividad, la toma de decisiones acertadas y la evaluación eficaz del desempeño de los equipos industriales, permitiendo que se adecuen sus determinados recursos. En definitiva, una eficiente gestión de mantenimiento es esencial para garantizar la continuidad de la actividad operativa evitando rupturas en el proceso por máquinas averiadas.

2.2.3. Finalidad del mantenimiento

La norma COVENIN 3049-93 (op. cit.) expresa que “es mantener un sistema productivo en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicio, a un costo global óptimo” (p. 1).

En referencia, se deduce que el fin primordial del mantenimiento es conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción.

2.2.4. Tipos de Mantenimiento

En el proceso de planificación de mantenimiento, existen diversos tipos de mantenimiento que pueden ser empleados de acuerdo a las necesidades de la empresa. La norma COVENIN 3049-93 (op.cit.) expone que dentro del área de mantenimiento se pueden encontrar los siguientes:

- Mantenimiento rutinario

Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los sistemas y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos sistemas operativos evitando su desgaste. Este tipo de mantenimiento tiene una duración promedio de ejecución de entre 25 y 30 minutos diarios o entre 5% y 10% de la jornada de trabajo diario, en algunas ocasiones se ha presentado que esta duración puede ser menor dado el tipo de maquinaria.

- Mantenimiento programado

Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un sistema a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporadas en un calendario anual.

- Mantenimiento por avería o reparación

Se define como la atención a un sistema de producción cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por la organización de mantenimiento (mano de obra especializada) para lograr funcionamiento a corto plazo de los sistemas, se subsanan las fallas que se producen al azar siempre

buscando el registro de la información para futuros análisis que ayudarán en la toma de decisiones y auditorías de proceso. Su condición se da debido que no es posible detener los sistemas y entonces se atacan las fallas, luego del análisis estas fallas se corrigen o se eliminan de forma integral. Este tipo de mantenimiento no se programa en el tiempo debido a que afecta negativamente el proceso productivo ya que paraliza la producción.

- Mantenimiento correctivo

Se basa fundamentalmente en los datos recabados a lo largo del proceso de la gestión de mantenimiento y sobretodo en los que se registran debido a fallas ya que luego de analizada la información sobre las averías, busca eliminar la falla y la ejecución de trabajos o de actividades de mantenimiento a mediano plazo. En este término, se debe tener en cuenta que corregir es eliminar a profundidad, entonces, los trabajos de mantenimiento correctivo deben ser planificados y programados en el tiempo para que no afecte el proceso productivo. Este tipo de ejecución de mantenimiento también es conocido como parada de planta. Aquí se cubren actividades tales como ampliaciones, modificaciones, cambio de especificaciones, construcciones, reconstrucciones, reparaciones generales y deben ser ejecutadas por personal calificado bien sea o no de la empresa, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros.

- Mantenimiento circunstancial

Mantenimiento aplicado a los sistemas que sirven de apoyo al proceso y cuyas actividades se encuentran programadas y la decisión de ejecutarlas no depende de la organización de mantenimiento sino de otros entes o factores de la organización, tal es el caso de incorporación o no de líneas de producción al proceso, trabajar de

acuerdo a determinados horarios o ciertas condiciones climáticas o del ambiente, etc. En este tipo de mantenimiento se tiene la planificación y programación de las actividades, ya sea rutinarias o programadas, para cuando se dé el inicio o el arranque del equipo, si durante su funcionamiento, se presentan fallas, se atacan, se analizan y se corrigen es decir se hace mantenimiento por avería donde a través del análisis de datos se aplica mantenimiento correctivo.

- **Mantenimiento preventivo**

Es una actividad planificada y programada en cuanto a inspección, detección y prevención de fallas, cuyo objetivo es mantener los equipos bajo condiciones específicas de operación para que cumplan su función. Se ejecuta a frecuencias dinámicas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, experiencia del personal, condiciones operacionales y la historia de fallas de los equipos.

2.2.5. Planes de Mantenimiento

Duffuaa, S. (2000) expresa que los planes de mantenimiento “Son documentos que proporcionan detalles en la forma en que se ejecutan los procesos, además quien realiza las tareas, cuando se hacen y donde se hacen” (p.154).

Por lo tanto, los planes de mantenimiento representan una guía fundamental, para el desarrollo eficiente de la gestión de las actividades de mantenimiento.

La información necesaria para elaborar estos planes se obtiene a través de:

- Recopilación de las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.

- Experiencia de los técnicos y responsables de las operaciones del equipo o sistema en estudio y de otras parecidas.
- Realizar análisis de fallo de la instalación. Esto último en caso de que se tenga información del equipo o sistema en estudio.

Entre las múltiples ventajas de un plan de mantenimiento preventivo, las más importantes son las siguientes:

- Reducción de las paradas imprevistas de los equipos.
- Mayor seguridad para operarios y maquinaria.
- Menor necesidad de reparación en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo.
- Cambio de mantenimiento deficiente de paros imprevistos a mantenimiento programado, con lo que se logra mejor control de personal, materiales y equipo.
- Disminuyen los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento originados por las reparaciones imprevistas.
- Es fuente valiosa de datos estadísticos de mantenimiento.

Existen diferentes tipos de planes. Según el nivel, pueden mencionarse los siguientes:

- Planes a largo plazo: tienen una frecuencia de un año en adelante.
- Planes a mediano plazo: aquellos que abarcan un período de tres meses hasta un año.
- Planes a corto plazo: corresponden a planes semanales y diarios.

2.2.6. Sistema Productivo (S.P.)

La norma COVENIN 3049-93 (1993) indica: “son aquellas siglas que identifican a los sistemas productivos dentro de las cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento” (p.1).

En relación a la definición anterior, se puede entender a los sistemas productivos como un conjunto de elementos que se encuentran interrelacionados entre sí, y que en estos se pueden ejecutar actividades de mantenimiento para lograr los objetivos propuestos.

2.2.7. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

Según la norma COVENIN 3049-93 (op. cit.) define confiabilidad como “la probabilidad de que un Sistema Productivo no falle en un momento dado bajo condiciones establecidas” (p.5).

El MCC puede definirse como un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente. Esta filosofía trata de determinar las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables minimizando tiempos de parada y maximizando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, trabajando de manera funcional, organizada, lógica y documentada. A continuación se describe al detalle dicha filosofía:

Moubray, J. (1999) define que el MCC “es un proceso de análisis sistemático que se realiza para determinar que se debe hacer para asegurar que un equipo o

sistema continúe ejecutando su función, útil para el desarrollo de un plan eficiente de mantenimiento” (p.276).

En definitiva, el MCC es un proceso analítico y sistemático basado en el entendimiento de la función de los sistemas y las fallas funcionales. El corazón de este proceso es una metodología de análisis sistemático de los Modos y Efectos de Falla (AMEF), que pudieran ocurrir en un equipo específico, evaluados en su contexto operacional. Tomando en cuenta lo anterior, es necesario mencionar que el proceso de mejora y aplicación de este tipo de herramienta, inicia con un proceso de capacitación de las personas que deben efectuar los análisis y de aquellos que deben tomar decisiones apoyándose en sus resultados.

2.2.8. Características del MCC

Valderrama, R. (2010) indica que algunas de las características del MCC son las siguientes:

- Permite ajustar las acciones de control de fallas (estrategias de mantenimiento) al entorno operacional.
- Se basa en un procedimiento sistemático que permite generar planes óptimos de mantenimiento.
- Su proceso de maduración es de mediano plazo a largo plazo.

2.2.9. Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Ramos, A. (2014) expresa que el MCC ha sido utilizado por una amplia variedad de industrias durante los últimos años y que cuando es aplicado correctamente produce los siguientes beneficios:

- a) Mayor seguridad y protección del entorno.
 - Revisión sistemática de las consecuencias de cada falla, antes de considerar la cuestión operacional.
 - Claras estrategias para prevenir los modos de fallas que pueden afectar la seguridad.
 - Menos fallas causadas por un mantenimiento innecesario.

- b) Mejores rendimientos operativos.
 - Mayor énfasis en los requisitos de mantenimiento de elementos y componentes críticos.
 - Un diagnóstico más rápido de las fallas, mediante las referencias a los modos de fallas relacionados con la función y al análisis de sus efectos.
 - Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fácil de solucionar y menos costosas.
 - Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta.

- c) Mayor motivación de las personas.
 - Mejor conocimiento operacional de la planta.
 - Reparto más amplio de los problemas de mantenimiento.
 - Soluciones con mayores probabilidades de éxito.

- d) Mejor trabajo de equipo.
 - Mejor comunicación y coordinación entre:
 - Los departamentos.

- Personal de diferentes niveles.
 - Especialistas internos y externos.
- e) Mayor control de los costos del mantenimiento.
- f) Mayor aprovechamiento de la vida útil de los equipos.
- g) Una amplia base de datos de mantenimiento.

2.2.10. Estructura del MCC

Según Valderrama, R. (2010) la estructura del MCC consta de dos partes:

La primera es el inventario de información relacionada con cada una de las fallas probables y significativas, a esto se le conoce como un análisis de modos y efectos de fallas.

La segunda parte consiste en la selección de la política y estrategias de mantenimiento, de acuerdo a las causas y consecuencias de cada modo de falla identificado como probable.

2.2.11. Preguntas Básicas para el Análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Moreno, G. (2009) cita en su estudio que “el desarrollo del MCC se basa en las siete preguntas básicas, las cuales sirven para guiar a los participantes a determinar las causas de falla de los sistemas y desarrollar actividades que busquen prevenirlas” (p.39).

Se puede decir que de igual manera permiten consolidar los objetivos de esta filosofía MCC (aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos por medio del empleo adecuado de recursos). Las siete preguntas son:

- 1) ¿Cuáles son las funciones y especificaciones de operación del equipo?
(Funciones)
- 2) ¿De qué manera deja de cumplir sus funciones? (Fallas funcionales)
- 3) ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (Modos de fallas)
- 4) ¿Qué sucede cuando cada falla ocurre? (Efectos de fallas)
- 5) ¿Importa si falla? (Consecuencias de la falla)
- 6) ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla? (Tareas preventivas)
- 7) ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla? (Tareas correctivas)

Para la solución a estas interrogantes existen técnicas de confiabilidad claves en la aplicación del MCC como el AMEF (Análisis de los modos y Efectos de las Fallas) que ayuda a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional, y el ALD (Árbol Lógico de Decisión), que permite determinar cuáles son las actividades de mantenimiento adecuadas para cada modo de falla. Mediante el AMEF se responden las cuatro primeras preguntas, mientras que el ALD permite dar respuesta a las tres últimas.

2.2.12. Pasos para la Aplicación del MCC

Para llevar a cabo el MCC es necesario dar respuesta a las siete preguntas básicas mostradas anteriormente siguiendo el procedimiento reflejado en el flujograma de trabajo expuesto en la figura 2.1.

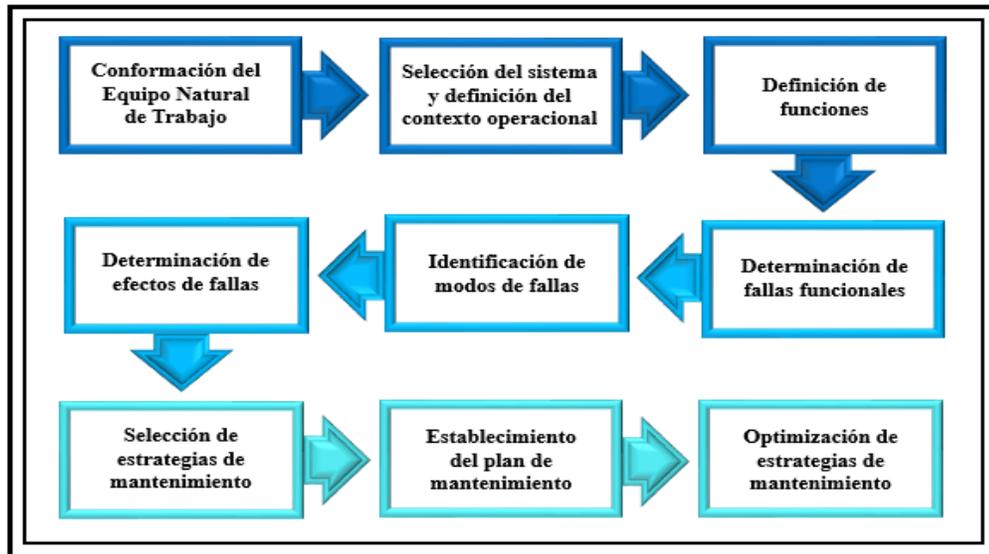


Figura 2.1 Pasos para aplicar el M.C.C.

Fuente: Seminario de Mantenimiento Valderrama, R. (2010), 2018, Anaco.

2.2.13. Equipo Natural de Trabajo

Según Salazar, C. (2009) el Equipo Natural de Trabajo es el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar los problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo en común. Los equipos naturales de trabajo son vistos como los mayores contribuyentes al valor de la empresa, y trabajan consistentemente a largo plazo.

En la práctica, el personal de mantenimiento no puede contestar todas las preguntas por sí mismos. Por esta razón, una revisión de los requisitos de mantenimiento de cualquier equipo debería hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan una persona por lo menos de mantenimiento y otra de producción.

2.2.14. Contexto Operacional

Marín, O. (2014) expresa que el primer documento que se realiza para un análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad, es el contexto operacional, este representa las circunstancias en las cuales se espera que opere un activo físico o sistema. Es necesario que el contexto operacional se realice cuidadosamente ya que de él dependerá la ejecución del análisis, debe reflejar el propósito del equipo o sistema, descripción de equipos y procesos, volumen de producción, calidad, servicio, planes a futuro, personal, turnos de trabajo, operaciones, mantenimiento y un listado de componentes de cada sistema en caso de que haya división del sistema en varios subsistemas.

Cualquiera que comience a aplicar MCC a algún proceso o activo físico debe asegurarse de tener un claro entendimiento del contexto operacional antes de comenzar, ya que se puede afectar todo el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones, la naturaleza de los patrones de fallas que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias, la periodicidad con la que puede ocurrir y qué debe hacerse para manejarlos.

2.2.15. Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

STRATEGIG TECHNOLOGIES INC (1999), señala que:

El análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF), es una herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallas de cada equipo en su contexto operacional, equivale a buscar fallas potenciales, identificar las posibles causas, evaluar sus efectos, encontrar las acciones correctivas y de puesta en marcha, describir un listado de puntos críticos, aprovechando experiencias de expertos y utilizando para ello un método simple y sistemático de análisis detallado de los posibles fallos (p.204).

Por lo mencionado anteriormente, se puede decir que el análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF), se considera de gran importancia para la optimización de la

gestión de mantenimiento en una organización determinada, y constituye la parte más importante del proceso de implantación del MCC, pues a partir del análisis realizado por los grupos de trabajo a los distintos activos en su contexto operacional, se obtendrán todas las formas o modos de fallas en los cuales puede fallar un activo físico dentro de un proceso.

Objetivos:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- 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.

2.2.16. Pasos para la Aplicación del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Según Velásquez, E. (2013) para la realización del análisis de modos y efectos de fallas se debe seguir la siguiente secuencia:

- Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución.
- Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo.
- Definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional.
- Establecer los efectos asociados a cada modo de falla.

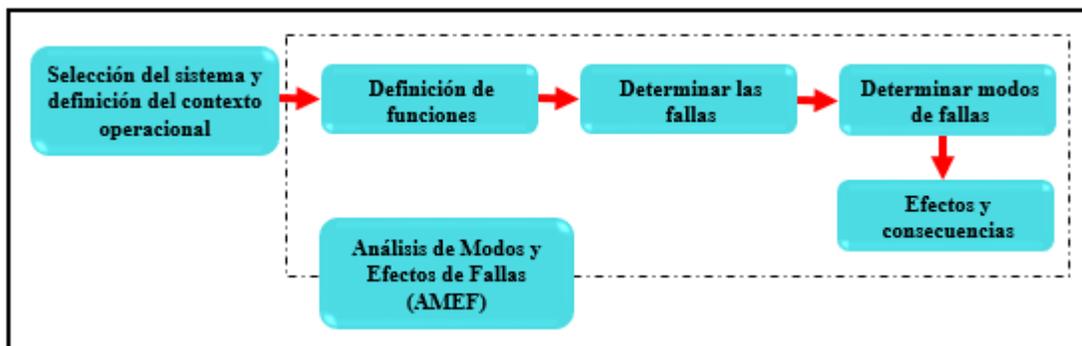


Figura 2.2Flujograma de implantación del AMEF.

Fuente: Mundarain C, (2009).

2.2.17. Funciones (¿Cuáles son las funciones y especificaciones de operación del equipo?)

Villamizar, L. (2004) indica: “Cada elemento o componente de un equipo en el registro de una planta debe haberse adquirido para un propósito determinado” (p.213).

El MCC comienza definiendo las funciones y estándares de comportamiento funcional de cada activo físico en su contexto operativo, esto permite responder a la primera pregunta del análisis MCC.

Las funciones se dividen en dos tipos:

- **Funciones primarias:** Es el propósito fundamental del activo, para lo que fue concebido, es decir, para lo que se necesita y de lo que es capaz.
- **Funciones secundarias:** Comprenden las funciones que un activo físico ha de cumplir a parte de las funciones primarias, es decir, son las que soportan el cumplimiento de las funciones primarias, entre ellas, seguridad, control, confort, apariencia y dispositivos de protección.

Según la filosofía del MCC, el mantenimiento debe asegurar que los activos cumplan eficientemente las funciones para las cuales fueron diseñados dentro de un contexto operacional específico, a partir de actividades de prevención (actuar antes que ocurra la falla). Por otra parte, cuando las actividades de mantenimiento se realizan por consecuencia de una falla no prevista, se les denomina actividades correctivas de mantenimiento, en estos casos, los activos no podrán cumplir con sus funciones.

2.2.18. Falla

Según Velásquez, E. (2013) es un evento no previsible, inherente al elemento de un equipo que impide que este cumpla la misión para lo cual fue diseñado. Una condición de falla es simplemente un estado de operación insatisfactorio. Debido a su naturaleza aleatoria, las fallas ofrecen características muy específicas como las siguientes:

- No se puede garantizar que las fallas van a ocurrir, pero si se puede esperar que ocurran.
- Por las mismas razones se deben controlar las fallas, más no se puede garantizar que no ocurrirán.
- Las fallas pueden estudiarse por métodos estadísticos.
- Los impactos y efectos de las fallas son determinables.
- El evento “falla” es siempre el último eslabón de una cadena de eventos, muchos de los cuales son también probabilísticos.

2.2.19. Tipos de Fallas

La norma COVENIN 3049-93 (1993) cita que dentro del área de mantenimiento se pueden encontrar diferentes tipos de fallas entre los cuales se menciona la siguiente clasificación:

a) Por su alcance

- Parcial: Es aquella que origina desviaciones en las características de funcionamiento de un sistema productivo, fuera de límites especificados, pero no la incapacidad total para cumplir su función.
- Total: Es aquella que origina desviaciones o pérdidas de las características de funcionamiento de un sistema productivo, tal que produce incapacidad para cumplir su función.

b) Por su velocidad de aparición

- Progresiva: Es aquella en la que se observa la degradación de funcionamiento de un sistema productivo y puede ser determinada por un examen anterior de las características del mismo.
- Intermitente: Es aquella que se presenta alternativamente por lapsos limitados.
- Súbita: Es la que ocurre instantáneamente y no puede ser prevista por un examen anterior de las características de un sistema productivo.

c) Por su impacto

- Menor: Es aquella que no afecta los objetivos de producción o de servicio.
- Mayor: Es aquella que afecta parcialmente los objetivos de producción o de servicio.
- Crítica: Es aquella que afecta totalmente los objetivos de producción o de servicio.

d) Por su dependencia

- Independiente: Son fallas del sistema productivo cuyas causas son inherentes al mismo.
- Dependiente: Son fallas del sistema productivo cuyo origen es atribuible a una causa externa.

2.2.20. Fallas Funcionales (¿De qué Manera Deja de Cumplir sus Funciones?)

Según Villamizar, L. (2004) se define como “el estado de falla de un equipo determinado el cual no está capacitado para cumplir con cierto estándar de funcionamiento o con la función para lo cual fue diseñado” (p.223). También se puede decir que la falla funcional es la parcial o total incapacidad de un elemento o componente de un equipo para cumplir con cierto estándar de funcionamiento y trae como consecuencia que el activo físico no pueda cumplir su función o la cumpla de forma ineficiente. La falla funcional total es aquella en la que evidencia una imposibilidad absoluta de cumplir la función principal del activo, mientras que en la falla funcional parcial la función se cumple pero no de forma total. Para definir una falla funcional sólo se requiere escribir la función en sentido negativo, es decir, negar la función.

2.2.21. Modos de Fallas (¿Cuál es la Causa de Cada Falla Funcional?)

Ramos, A. (2014) los define como la causa de cada falla funcional. Es decir, el modo de falla es quien origina la pérdida de la función total o parcial de un activo dentro de su contexto operacional (cada falla funcional puede tener más de un modo de falla). Cabe destacar que el MCC está orientado a cada modo de falla.

Las fuentes de información para definir los modos de fallas son:

- Fabricante o vendedor del equipo.
- Registros e historiales técnicos.
- El personal que opera y mantiene el equipo.

2.2.22. Efectos de Fallas (¿Qué Sucede Cuando Cada Falla Ocurre?)

Marín, O. (2014) indica que el cuarto paso en el proceso MCC consiste en describir lo que sucede cuando se produce cada modo de falla. Concretamente, al describir los efectos de una falla, puede hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia (si la hubiere) que se ha producido una falla.
- Las maneras (si las hubiese) en que afecta la producción o las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

2.2.23. Árbol Lógico de Decisión (ALD)

Es una herramienta del MCC, que permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo y efecto de falla. Da respuesta a las tres últimas preguntas básicas del MCC, basándose en un

flujograma de preguntas. La selección de estrategias de mantenimiento está ligada a la utilización de la lógica de decisión establecida en la norma SAE JA1012, en la cual se consideran implicaciones de las consecuencias de fallas y la posibilidad de asociar alguna estrategia de mantenimiento que permita establecer una serie de tareas técnicamente factible y que efectivamente mitiguen los riesgos asociados al activo físico en su contexto operacional.

El árbol lógico de decisión es un diagrama de decisión, mediante el cual se analizan los modos de fallas en base a las consecuencias de estos sobre los procesos, seguridad y ambiente. El análisis permite seleccionar las actividades de mantenimiento más adecuadas para manejar cada modo de falla. En este sentido existen tres pasos básicos a seguir en la aplicación del diagrama de decisión:

- Determinación de las categorías de consecuencias que aplican al modo de falla en consideración.
- Evaluación de la factibilidad técnica de las posibles políticas de manejo de falla en cada categoría.
- Selección de la política de manejo de falla o estrategia que satisfaga el criterio de factibilidad técnica y que ataque de manera efectiva las consecuencias asociadas al modo de falla considerado.

En la figura 2.3. mostrada a continuación se presenta un diagrama de decisión propuesto por la norma SAE JA1012 (2002).

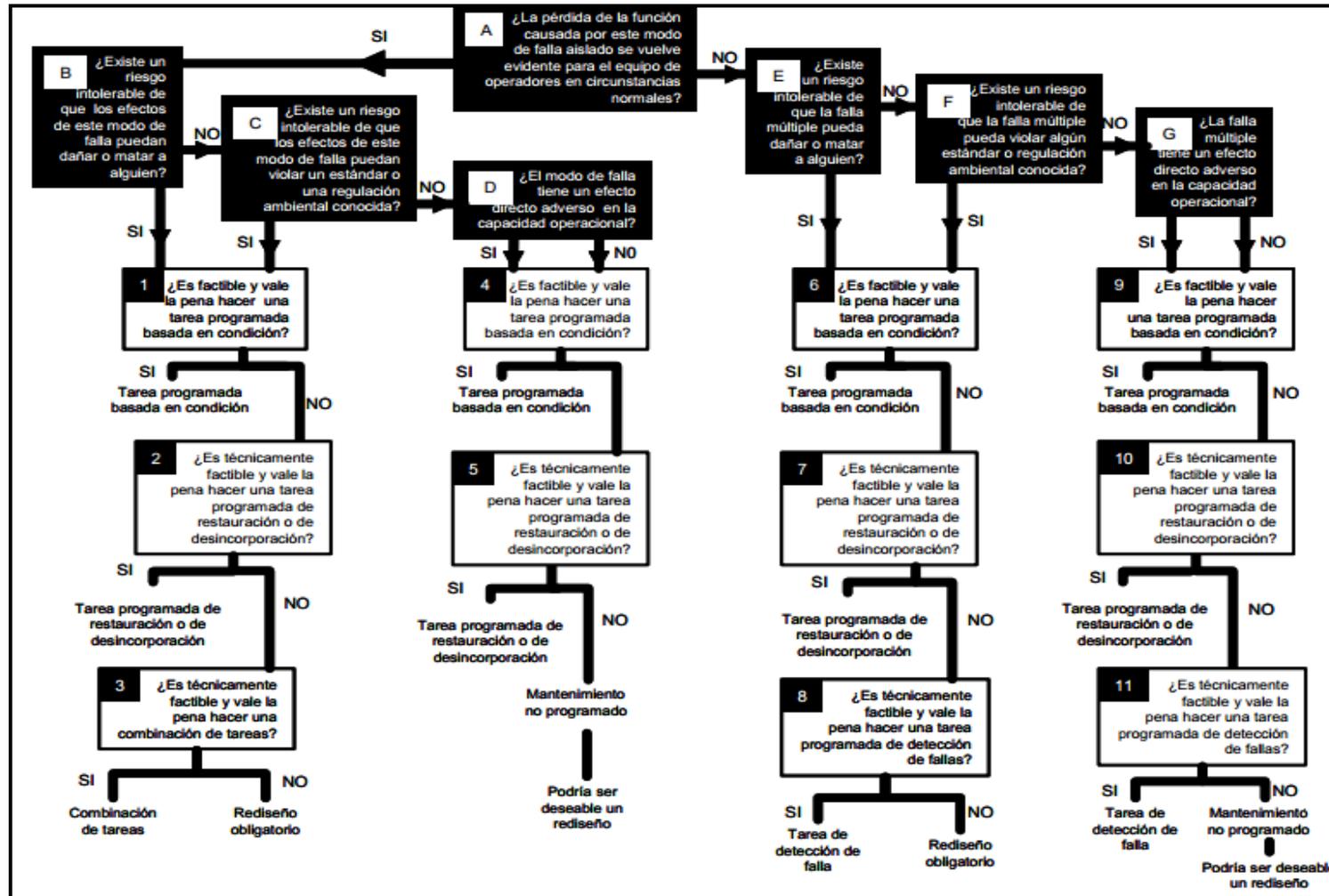


Figura 2.3 Diagrama de decisiones
Fuente: Norma SAE JA1012 (2002)

2.2.24. Consecuencias de las Fallas (¿Importa si Falla?)

STRATEGIG TECHNOLOGIES INC (1999). Expresa que: “Es cómo y cuánto importa cada falla, son los impactos que produce cada modo de falla en el negocio, estas indican si se necesita prevenirlas y con qué esfuerzo” (p.89).

En otras palabras, las consecuencias de las fallas son las maneras en que un modo de falla de un activo puede afectar al sistema en donde opera, incluyendo a la organización y su entorno.

Las categorías de consecuencias de fallas son las siguientes:

- Consecuencias en la seguridad: son el resultado de los daños sufridos por algún ser humano a causa de un modo de falla o falla múltiple. En otras palabras, un modo de falla tiene consecuencias sobre la seguridad personal si causa una pérdida de función u otros daños que pudieran lesionar o matar a alguna persona.
- Consecuencias ambientales: un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias ambientales si puede romper cualquier norma corporativa, municipal, regional, nacional o ambiental internacional, o la regulación que aplica para el activo físico o sistema en consideración.
- Consecuencias operacionales: es una categoría de consecuencias de falla que afecta adversamente la capacidad operacional de un activo físico o sistema. En general las fallas afectan a las operaciones de cuatro maneras: el rendimiento o la producción total, la calidad del producto, el servicio al cliente, y se incrementan los costos operacionales en adición a los costos de reparación. Estas consecuencias tienden a ser económicas por naturaleza.

- Consecuencias no operacionales: es una categoría de consecuencias de falla que no tienen efectos adversos directos en la seguridad, el ambiente, o la capacidad operacional (operaciones). Las únicas consecuencias asociadas con estas fallas son los costos directos de reparación de las mismas y de cualquier daño secundario; estas consecuencias también son económicas.

Las consecuencias de fallas poseen las siguientes características:

- Proporcionan una base para decidir si es factible realizar el mantenimiento preventivo.
- Cuando la naturaleza del activo no permita prevenir las fallas, las consecuencias indicarán cual es la acción correctiva a ejecutarse.

2.2.25. Estrategias del Árbol Lógico de Decisión (ALD)

Ramos, A. (2014) indica que las tareas o estrategias abarcadas por el proceso de análisis del ALD se clasifican en dos grupos: el primero en las tareas programadas o preventivas, las cuales se llevan a cabo antes de que se presente la falla. El segundo grupo corresponde a las tareas correctivas que deben llevarse a cabo, si no se pueden tomar tareas preventivas apropiadas.

2.2.26. Tareas Preventivas Programadas (¿Se Puede Hacer Algo para Prevenir la Falla?)

STRATEGIG TECHNOLOGIES INC (1999). Expresa que “Son aquellas que ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla” (p.97).

Es decir, este tipo de acciones son realizadas antes de que se presente la falla y cuando las consecuencias de éstas, son muy importantes para un equipo y así prevenir que el mismo falle. El MCC, clasifica este tipo de tareas en los siguientes grupos:

- Tareas basadas en condición:

Son tareas programadas usadas para detectar fallas potenciales en los equipos. Una falla potencial se define como una condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está en un proceso de ocurrencia, si esta condición puede ser detectada, podría ser posible tomar una acción para prevenir que el elemento falle completamente y/o evitar las consecuencias del modo de falla.

Las tareas basadas en condición se llaman así porque los elementos se inspeccionan y se dejan en servicio bajo la condición de que continúen obteniéndose los estándares de operación especificados, en otras palabras, bajo la condición que el modo de falla en consideración improbablemente ocurra antes de la próxima revisión. Esto también se conoce como mantenimiento predictivo (porque se está tratando de predecir si, y posiblemente cuando, el elemento va a fallar en base a su comportamiento actual) o mantenimiento basado en condición (porque la necesidad de una acción correctiva o para evitar consecuencias está basada en una evaluación de la condición del elemento).

- Tareas de restauración programada (reacondicionamiento cíclico) y de desincorporación programada (sustitución cíclica):

Las tareas de restauración programada o reacondicionamiento cíclico, son tareas programadas que procuran restaurar la capacidad de un elemento a (o antes de) un intervalo especificado (límite de longevidad), sin tener en cuenta su condición en el momento, a un nivel que proporciona una probabilidad tolerable de supervivencia hasta el final o hasta otro intervalo especificado (el cual no tiene que ser necesariamente igual al intervalo inicial). Esta acción usualmente trae consigo tanto la refabricación de un solo componente como la verificación del ensamblaje

completo. Básicamente el reacondicionamiento consta de la reparación anticipada de una máquina antes de un límite establecido sin tomar en cuenta la condición actual en la que ésta se encuentre.

Las tareas de desincorporación programada o sustitución cíclica, son tareas programadas que traen consigo la desincorporación de un elemento o componente a (o antes de) un límite de longevidad especificado, sin tener en cuenta su condición en el momento. Esto se hace en el supuesto de que al reemplazar un viejo componente con uno nuevo se restaurará la resistencia original a fallar.

La frecuencia de la tarea de restauración programada o de desincorporación programada es determinada por la longevidad a la cual el elemento o componente muestra un incremento rápido en la probabilidad condicional de falla.

- Tareas de detección de fallas o búsqueda de fallas

Son tareas programadas utilizadas para determinar si ha ocurrido una falla oculta determinada, las cuales no se evidencian hasta que ocurra un evento. Las tareas de detección de fallas también se conocen como revisiones funcionales.

Estas tareas aplican para detectar fallas ocultas (sin afectar el proceso), cuando no se puede encontrar la tarea preventiva adecuada para prevenir una falla y para revisar una función oculta a intervalos regulares para ver si ha fallado.

- Combinación de tareas

Esta estrategia es aplicable cuando un modo de falla o falla múltiple puede afectar la seguridad o el ambiente (al sistema o su entorno) y no se puede encontrar

ninguna tarea programada que por sí misma reduzca el riesgo de falla a un nivel tolerable, a veces es posible que la combinación de tareas (normalmente desde dos categorías de tareas diferentes, tales como una tarea basada en condición y una tarea de desincorporación programada), pueda reducir el riesgo del modo de falla a un nivel tolerable.

2.2.27. Tareas Correctivas (¿Qué Pasa si no Podemos Prevenir la Falla?)

Según Ramos, A. (2014) este tipo de tareas sólo son ejecutadas cuando no es posible hallar tareas preventivas adecuadas. Éstas incluyen: el rediseño y mantenimiento no programado.

- Rediseño o cambio de especificaciones

El rediseño se refiere a cualquier cambio sobre las especificaciones del sistema en estudio, aplica si no se encuentra una tarea de búsqueda de fallas o mantenimiento preventivo que reduzca: los riesgos de falla múltiple y los niveles de alto riesgo (ambiental y/o impacto en la seguridad). Es decir, el rediseño es viable sólo cuando las tareas preventivas no son factibles y los modos de fallas pueden generar daños sobre la seguridad y la producción.

- Operar hasta fallar o mantenimiento no programado

Es una estrategia de manejo de fallas que permite que un modo de falla específico ocurra sin ningún esfuerzo para anticiparla o prevenirla. Se utiliza cuando la falla no provoca consecuencias sobre la producción, la seguridad o el ambiente y no se puede encontrar una tarea preventiva adecuada, por lo que se deja que ocurra la falla y de allí la intervención para la reparación.

2.2.28. Norma ISO 14224

Esta norma internacional permite la orientación para jerarquizar los componentes de un determinado equipo y desglosarlos de tal manera hasta llevarlos a su mínima parte mantenible. La norma también brinda una tabla de datos de equipo, en la cual se especifican aspectos relacionados con la localización del equipo, la instalación, datos del fabricante, características del diseño y operación.

2.2.29. Proceso de Mecanizado

Según Sidorovas, L. (s.f.) es un proceso de manufactura que tiene como objetivo generar la forma de la pieza de trabajo partiendo de un cuerpo sólido, o mejorar las tolerancias y el acabado superficial de una pieza de trabajo previamente formada, al retirar el material en exceso en forma de viruta. El mecanizado es capaz de crear configuraciones geométricas, tolerancias y acabados superficiales a menudo no obtenibles por cualquier otra técnica.

2.2.30. Operaciones de Torneado

Según la guía teórica “Torno Protocolo-Procesos de Manufactura” (s.f.) las operaciones en un torno consisten en mecanizar una pieza a través de diversas técnicas. Entre las principales operaciones a realizar en un torno se tienen las siguientes:

- Cilindrado:

Consiste en mecanizar un cilindro recto de longitud y diámetro determinado. Una vez iniciado el corte con la profundidad y el avance deseado, la herramienta se

desplaza automáticamente y realiza el trabajo. Generalmente se da una pasada de desbaste para dejar la pieza en la cota deseada y una pasada de acabado para alisar la superficie. (Ver figura 2.4).

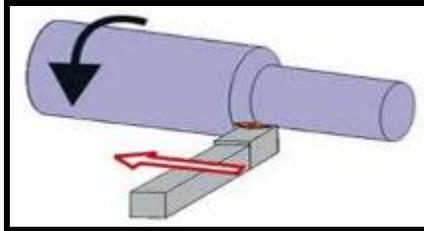


Figura 2.4Esquema funcional de cilindrado.

Fuente: <http://pyrosisproyect.wordpress.com>

- Mandrinado:

Consiste en agrandar un agujero.(Ver figura 2.5).



Figura 2.5Esquema funcional de mandrinado.

Fuente: <http://pyrosisproyect.wordpress.com>

- Refrentado:

Consiste en mecanizar una superficie plana perpendicular al eje de giro, para esto la herramienta no tiene avance sino únicamente profundidad de pasada.(Ver figura 2.6).

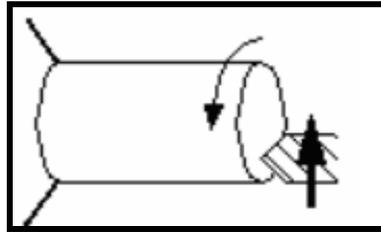


Figura 2.6Esquema funcional de refrentado.

Fuente: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3474_torno.pdf

- Roscado:

La herramienta de corte es movida longitudinalmente en forma coordinada con la velocidad de giro de la pieza, dicha herramienta marca una hélice para conformar una rosca.(Ver figura 2.7).

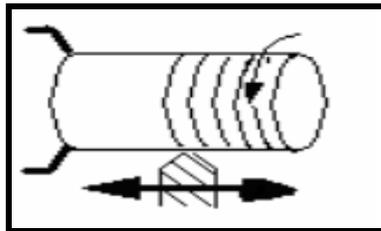


Figura 2.7Esquema funcional de roscado.

Fuente: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3474_torno.pdf

- Ranurado:

Consiste en abrir ranuras en las piezas, si éstas son estrechas, se realizan con una herramienta de la misma anchura de la ranura, pero si son anchas habrá que darle a la herramienta un movimiento de avance.(Ver figura 2.8).

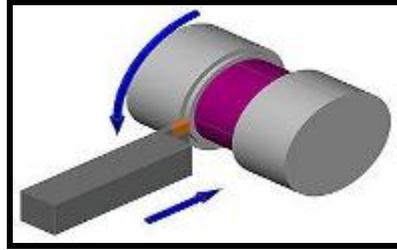


Figura 2.8Esquema funcional de ranurado.

Fuente: <http://pyrosisproyect.wordpress.com>

- Moleteado:

Consiste en imprimir en la superficie de la pieza un grabado por medio de una herramienta especial denominada “moleta” provista de una rueda que lleva en su superficie el grabado deseado y que se aplica fuertemente sobre la pieza a moletear. (Ver figura 2.9).



Figura 2.9Esquema funcional de moleteado.

Fuente: <http://pyrosisproyect.wordpress.com>

- Tronzado:

Es el seccionamiento de la pieza una vez terminada, utilizando una herramienta especialmente afilada denominada tronzadora. (Ver figura 2.10).

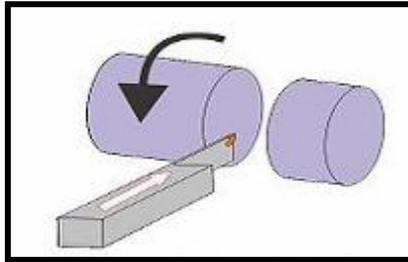


Figura 2.10Esquema funcional de tronzado.

Fuente: <http://pyrosisproyect.wordpress.com>

- Torneado cónico:

En este caso la herramienta de corte es movida diagonalmente.(Ver figura 2.11).

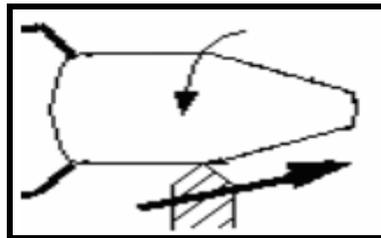


Figura 2.11Esquema funcional de torneado cónico.

Fuente: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3474_torno.pdf

2.2.31. Máquina-Herramienta

Son aquellas máquinas que desarrollan su labor mediante un utensilio o herramienta de corte competentemente perfilada y afilada, que maquina y se pone en contacto con el material a trabajar produciendo en éste un cambio de forma y dimensiones deseadas mediante el arranque de partículas o bien por simple deformación.

2.2.32. Control Numérico Computarizado (CNC)

El control numérico computarizado es una red interconectada con un computador, con el empleo intenso de estaciones externas de programación mediante la entrada de programas interactivos, con el fin de guiar de manera automática los movimientos de las máquinas-herramienta, el CNC ha aportado cambios significativos a la industria metalmecánica, permitiendo producir de manera consistente componentes y piezas con precisión.

Se puede decir entonces, que el control numérico es un sistema de fabricación mediante el cual la máquina es controlada por informaciones alfanuméricas introducidas mediante un programa que puede ser comprobado y evaluado en el ordenador para su posterior mecanizado.

Con un CNC se pueden comandar:

- Movimientos de cabezal y ejes (carros).
- Los cambios de herramientas y piezas.
- Los valores de avances y revoluciones.
- Salida de Lubricante-refrigerante.

2.2.33. Ventajas del Control Numérico Computarizado

Según Bolagay y Robayo (2011) los sistemas CNC han crecido con una velocidad cada vez más rápida y su uso seguirá creciendo dadas las muchas ventajas que le ofrece a la industria. Algunas de las ventajas de mayor importancia son:

- Mayor seguridad del operador.
- Reducción del error humano.
- Mayor eficiencia del operador.

- Tiempos de entregas más cortos para la producción.
- Elevado grado de precisión.
- Operaciones complejas de maquinado.
- Necesidad de una menor inspección del mecanizado.

2.2.34. Máquinas con Control Numérico (CNC)

De acuerdo al “Manual Técnico de Mecánica y Seguridad Industrial” (s.f.) éstas son similares a las máquinas-herramientas convencionales. No obstante, existen algunas diferencias constructivas entre unas y otras. Una de ellas es que para mecanizar una pieza en máquina convencional el trabajador debe mover los carros con ayuda de los volantes de tal modo que consiga el perfil deseado, todo ello de forma manual. El operario tiene que controlar la velocidad de corte, giro de la herramienta, el avance de los carros, entre otros.

En las máquinas-herramientas con control numérico no se puede girar ningún volante manualmente; para ello todos los carros de los ejes van provistos de motores de avances propios. El movimiento de giro del motor de avance se traduce en un movimiento rectilíneo del carro de la máquina, por medio de un husillo y una tuerca, todo siendo de forma automática.

Desde su aparición, el control numérico CNC se aplicó preferentemente en máquinas-herramientas que mecanizan por arranque de viruta. No obstante, su utilización se ha ido generalizando a todo tipo de máquinas. El CNC se puede aplicar a máquinas como: tornos, taladradoras, punzonadoras, dobladoras, fresadoras, mandrinadoras, entre otras.

2.2.35. Torno de Control Numérico (CNC)

Según la guía teórica “Torno Protocolo-Procesos de Manufactura”(s.f.)es un tipo de torno operado mediante el control numérico por computadora. Se caracteriza por ser una máquina-herramienta muy eficaz para mecanizar piezas de revolución. Es una máquina ideal para el trabajo en serie y mecanizado de piezas complejas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

A continuación se presentan los métodos y técnicas que se llevaron a cabo para el desarrollo del proyecto. Este capítulo abarca el nivel y diseño de la investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de información, las técnicas de análisis de datos que se emplearon para lograr el objetivo de la investigación y la descripción de cada una de las etapas del proyecto.

3.1. Nivel de la Investigación

Según Arias (2006) “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.24).

Con base en la definición anterior, se consideró que el nivel de investigación fue de tipo descriptivo, ya que se detalla el estado actual en el cual se encuentran los tornos de control numérico (CNC), asimismo se describen aspectos relacionados con los modos de fallas presentados por cada unidad de equipo y se realizó de manera minuciosa el procedimiento para la selección de las actividades de mantenimiento requeridas; con la finalidad de que puedan presentarse las recomendaciones para la empresa.

3.2. Diseño de la Investigación

Según Arias (op. cit.) “la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde

ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna” (p.31).

Con respecto a la cita el autor señala:

En una investigación de campo también se emplean datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, los esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado (p.31).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente el diseño de este proyecto está dado por una investigación de campo, debido a que la recolección de información se obtuvo directamente de la realidad donde se presenta la problemática, a través de técnicas como la observación directa y entrevistas no estructuradas. Además, se llevó a cabo la revisión bibliográfica proveniente de datos secundarios; con el fin de obtener una visión amplia del tema en estudio y establecer las posibles soluciones.

3.3. Unidades de Estudio

La unidad de estudio o unidad de análisis está referida al contexto, característica o variable que se desea investigar. Es así como la unidad puede estar dada por una persona, un grupo, un objeto u otro que contengan claramente los eventos a investigar.

Hurtado de Barrera (2000) resalta que “las unidades de estudio se deben definir de tal modo que a través de ellas se puedan dar una respuesta completa y no parcial a la interrogante de la investigación” (p. 151).

Tomando en cuenta lo antes mencionado, se puede decir que este estudio se ejecuta específicamente al sistema de tornos de control numérico, el cual se encuentra

conformado por tres tornos de diferentes dimensiones del husillo mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Unidades de estudio.

EQUIPO	MARCA	MODELO	DIMENSIÓN DEL HUSILLO	AÑO
TORNO CNC 1	DAINICHI	F-50	6" Ø	1998
TORNO CNC 2	MORISEIKI	SL-80	14" Ø	1996
TORNO CNC 3	OKUMA	LC-40	8" Ø	1988

Fuente: El autor (2018)

Siendo los mismos y sus componentes considerados como las unidades de estudio, ya que los tornos CNC representan los equipos con mayor cantidad de fallas funcionales, poseen mayor impacto sobre la producción y los costos de reparación son mayores en comparación a los tornos convencionales.

3.4. Población y Muestra

Según Arias (op. cit.) expresa sobre la población lo siguiente:

La población, o en términos de población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio (p. 81).

Por lo antes mencionado se puede decir que la población es un conjunto de individuos los cuales están limitados por el estudio. En la realización del siguiente trabajo de grado, se tomó una población conformada por ocho(08) personas pertenecientes al área de mantenimiento y de producción las cuales están integradas por: (01) Supervisor de Mantenimiento, (01) Supervisor de producción,

(01) Analista de Producción, (03) Operadores de tornos CNC, (01) Mecánico, y(01) Electricista.

Con respecto a la muestra el autor Castro, M. (2003) expresa que “si la población es menor a cincuenta (50) individuos, la población es igual a la muestra” (p.69). Entonces cabe destacar que por tratarse de una población muy finita y manejable la muestra fue considerada como la misma población.

3.5. Técnicas de Recolección de Datos

Hurtado de Barrera (op. cit.) establece que “la selección de técnicas e instrumentos de recolección de datos implica determinar por cuáles medios o procedimientos el investigador obtendrá la información necesaria para alcanzar los objetivos de la investigación” (p.164).

3.5.1. Revisión Documental

Latorre, Rincón y Arnal(2003) definen la revisión documental como “el proceso dinámico que consiste eventualmente en la recogida, clasificación recuperación y distribución de la información” (p.58).

Esta técnica se llevó a cabo a través de consultas sobre las fuentes relacionadas con la investigación; dichas fuentes sirvieron de apoyo ya que permitieron adquirir los conocimientos necesarios para la comprensión del tema en estudio. Se efectuó mediante libros, tesis, manuales y páginas web.

3.5.2. Observación Directa

Según Arias (2006) “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.69).

Mediante esta técnica se visualizó y examinó de forma clara la situación actual sobre los tornos de control numérico (CNC) de la empresa, permitiendo recopilar la información requerida personalmente. Cabe destacar que la observación se aplicó durante el período de estudio y se realizó con la ayuda de instrumentos como cámara fotográfica y libreta de notas.

3.5.3. Entrevistas no Estructuradas

La autora realizó preguntas abiertas directamente al personal de la empresa; esta técnica permitió la recolección de la información requerida para el estudio, relacionada con el funcionamiento de los equipos, los modos y efectos de fallas, además del contexto operacional de los tornos. Este tipo de entrevistas se empleó a través de los siguientes instrumentos: cuaderno de notas y grabador de audio.

3.6. Técnicas de Análisis de Datos

Son de gran utilidad debido a que permiten organizar, describir y realizar análisis de los datos recogidos con el propósito de cumplir los objetivos establecidos.

3.6.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

Esta metodología es la base fundamental de esta investigación, ya que facilitó la determinación de las necesidades de mantenimiento de los equipos en su contexto operativo; la misma establece un enfoque de preguntas que tratan de reflejar lo que debe hacerse para que un activo físico continúe llevando a cabo su función. El resultado principal de la utilización de esta metodología de trabajo es un plan de mantenimiento óptimo.

El MCC se divide en dos técnicas: el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) y el ALD (Árbol Lógico de Decisión). La primera permite estudiar el problema mediante la información relacionada con la función, las fallas, los modos y efectos de fallas de los equipos, mientras que la segunda busca detectar las acciones necesarias para resolver los inconvenientes.

3.6.2. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

Es una técnica que consiste en la elaboración de un análisis de forma detallada sobre las posibles fallas que se pueden originar. Permite reconocer los efectos producidos por los modos de fallas que pudieran presentarse en cada componente de los tornos de control numérico (CNC).

3.6.3. Árbol Lógico de Decisiones (ALD)

El ALD consiste en la realización de una serie de preguntas secuenciales dirigidas a cada modo de falla, con el fin de facilitar la interpretación de la decisión adoptada con respecto a cada acción de mantenimiento que deberá aplicarse.

3.6.4. Hoja de Información

Permitió registrar la información recopilada con respecto al AMEF; es decir, las funciones, las fallas funcionales, modos de fallas y los efectos de fallas; de manera que puedan apreciarse ordenadamente. (Ver Figura 3.1)

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla

Figura 3.1 Hoja de información

Fuente: El autor (2018).

3.6.5. Hoja de Decisión

Es un formato cuyo contenido viene dado por el ALD, utilizando como referencia la hoja de información; en el mismo se puede apreciar el tipo de consecuencia que poseen las fallas, así como la tarea preventiva que debe emplearse. (Ver Figura 3.2)

Parte Mantenible	Referencia de Falla		Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por	
	F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF				OT

Figura 3.2 Hoja de decisión

Fuente: El autor (2018)

3.6.6. Gráfico Circular

Walpole, (1999) explica que “Los gráficos de círculos representa la división de cada categoría, cuyo ángulo son proporcionales a la frecuencia de cada categoría” (p.24).

Este tipo de gráfico fue utilizado con la finalidad de representar el resultado porcentual en cuanto a los tipos de fallas, tipos de consecuencias de las fallas y tipos de tareas de mantenimiento arrojadas con la aplicación del árbol lógico de decisión.

3.7. Descripción de las Etapas del Proyecto

3.7.1. Descripción del Contexto Operacional de los Tornos de Control Numérico (CNC) Pertenecientes a la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.

Para el desarrollo de esta etapa primeramente se conformó el equipo natural de trabajo, ya que sus conocimientos y experiencia fueron de gran ayuda, se utilizaron las fichas técnicas de los tornos, manuales de los equipos, reportes de avería existentes; se llevó a cabo la observación directa y entrevistas no estructuradas; de esta manera se pudo conocer el funcionamiento de los tres tornos de control numérico (CNC) existentes, los cuales son de diferentes dimensiones del husillo: DAINICHI 6” Ø, MORISEIKI 14” Ø y OKUMA 8” Ø , los componentes que poseen, las horas trabajadas por los equipos y las variables operacionales. La información necesaria se reflejó a través de flujograma, diagrama Entrada/Proceso/Salida (EPS) y diagrama funcional de bloques.

3.7.2. Establecimiento de una Jerarquía de los Tornos de Control Numérico (CNC) que Posee la Empresa de Acuerdo a la Norma ISO 14224

En esta etapa se clasificó la máquina según lo estipulado en la norma ISO 14224, es decir se especificó la unidad de equipo, sub-unidades y partes mantenibles que poseen los tornos de control numérico (CNC) de la empresa. Asimismo, se muestran las tablas de datos de equipo que establece la norma ISO14224 en la cual se especifican aspectos relacionados con la localización del equipo, la instalación, datos del fabricante, características del diseño y operación. Cabe destacar que se colocó la información mínima requerida por la norma, pero se obviaron aquellos campos que no pudieron ser llenados debido a falta de información por parte de la organización.

3.7.3. Elaboración del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los Tornos de Control Numérico (CNC) de la Empresa

En esta etapa la aplicación de esta herramienta de análisis permitió identificar las causas y consecuencias de las fallas arrojadas por los tornos de control numérico, todo esto con el propósito de evaluarlas y buscar minimizar su ocurrencia. La información obtenida se reflejó en un formato de hoja de información para que de esta manera sea visualizada de forma clara y precisa, el mismo está conformado de la siguiente manera:

- Primera sección: Incluye el encabezado característico de la empresa, identificando que el documento es un formato de registro del AMEF.

	TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE INFORMACIÓN ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)	Código Formato: Revisión: Fecha efectiva: / /
---	--	---

Figura 3.3 Encabezado de la hoja de información

Fuente: El autor (2018)

- Segunda sección: Se coloca la información relacionada con las partes mantenibles en cuanto al área del equipo que pertenecen y se refleja el número de hojas que hay de acuerdo a la unidad de equipo correspondiente.

Clase de equipo:	Unidad de equipo:	Sub-unidad:	Hoja: /
------------------	-------------------	-------------	---------

Figura 3.4 Sección de las partes mantenibles de la hoja de información

Fuente: El autor (2018)

- Tercera sección: Se muestran los responsables de la realización, revisión y aprobación del análisis elaborado, así como también el número de hojas de referencia, es decir, la cantidad de hojas utilizadas.

Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Hoja de referencia: Nº
----------------	---------------	---------------	---------------------------

Figura 3.5 Sección de responsables de la hoja de información

Fuente: El autor (2018)

- Cuarta sección: Corresponde a las bases de la aplicación del AMEF con respecto a las partes mantenibles, las cuales son: funciones, fallas funcionales, modos de fallas y efectos de las fallas que se producen.

Parte Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla

Número de función Letra de falla funcional Número de modo de falla

Figura 3.6 Aplicación del AMEF en la hoja de información

Fuente: El autor (2018)

3.7.4. Determinación de las Actividades de Mantenimiento para los Tornos de Control Numérico (CNC) Mediante la Aplicación del Árbol Lógico de Decisión

En esta fase, luego de la elaboración del análisis de los modos y efectos de fallas, se procedió a la aplicación del árbol lógico de decisión (ALD) a los resultados obtenidos anteriormente, para determinar las acciones de mantenimiento que deben emplearse por cada modo de falla. El ALD permitió conocer las estrategias necesarias para mejorar el funcionamiento de los equipos y preservar la vida de cada uno de ellos. Cabe destacar que se utilizó como referencia la norma SAE JA1012.

Para la metodología de aplicación del ALD primeramente se analizaron cada uno de los modos de fallas registrados en la Hoja de Información de los equipos, luego se hicieron las preguntas correspondientes del ALD usando el flujograma de preguntas mostrado en la figura 2.3, seguidamente se llenaron las Hojas de Decisión, con los resultados de la evaluación de consecuencias de cada modo de falla analizado, según corresponde con la nomenclatura del ALD, después de hecho esto y con la colaboración de los integrantes del Equipo Natural de Trabajo (ENT), se determinaron los tipos de tareas o estrategias de mantenimiento.

Con el propósito de asentar los datos generados de la aplicación del ALD, se diseñó un formato de hoja de decisión, que se desglosa de la siguiente manera:

- Primera sección: Incluye el encabezado característico de la empresa, y el nombre del formato, el cual es Hoja de Decisión.

	TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE DECISIÓN	Código Formulario: Revisión: Fecha efectiva: / /
---	--	--

Figura 3.7 Encabezado de la hoja de decisión

Fuente: El autor (2018)

- Segunda sección: Se coloca la información relacionada con las partes mantenibles en cuanto al área del equipo que pertenecen y se refleja el número de la hoja actual en relación con el número total de hojas utilizadas.

Clase de equipo:	Unidad de equipo:	Sub-unidad:	Hoja: /
------------------	-------------------	-------------	---------

Figura 3.8 Sección de las partes mantenibles de la hoja de decisión

Fuente: El autor (2018)

- Tercera sección: Se muestra la referencia de hoja de AMEF correspondiente y los responsables de la realización, revisión y aprobación del estudio realizado.

Referencia de hoja de AMEF:	Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:
-----------------------------	----------------	---------------	---------------

Figura 3.9 Sección de responsables de la hoja de decisión

Fuente: El autor (2018)

- Cuarta sección: Se coloca la parte mantenible requerida, los resultados obtenidos en el amef, y de acuerdo a la información que ofrece el Árbol Lógico de Decisión se especifica el tipo de consecuencia y la estrategia de mantenimiento más adecuada, además se coloca la tarea de mantenimiento propuesta, su frecuencia y el personal que se requiere.

Parte Mantenible	Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
	F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			

Figura 3.10 Aplicación del Árbol Lógico de Decisión

Fuente: El autor (2018)

A continuación se definen los criterios referentes al Árbol Lógico de Decisión que aparecen en la Hoja de Decisión:

- Referencia de Falla: en esta sección se indica la información del AMEF para la identificación de la función (F) del equipo a estudiar, la falla funcional (FF) y el modo de falla (MF) que se analiza. Las casillas están identificadas tal como se realizó en el AMEF.
- Tipo de Falla: en esta sección se indica el tipo de modo de fallo. Si el modo de fallo es evidente se identifica en la columna de letras “ABCD”, las cuales indican el ramal de consecuencias evidentes del Diagrama de Decisión. Si el modo de fallo es no evidente u oculto se señala en la columna de letras “AEFG” que indica el ramal de las consecuencias ocultas.
- Evaluación de las Consecuencias: en esta sección se registran las respuestas a las interrogantes que propone el ALD, sobre las consecuencias que pueda tener el modo de fallo analizado, sobre la seguridad del personal (S), el medio ambiente (A), operación (O) y las no operacionales (NO).
- Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento: en esta sección se indican las actividades de mantenimiento a realizar para atacar el modo de falla estudiado, siguiendo la lógica del Diagrama de Decisión. Las actividades de mantenimiento se identifican con las iniciales BC (Basada en Condición), BT (Basada en Tiempo), DT (Detección de Fallas), OT (Otras). Las tareas basadas en tiempo (BT) comprenden las actividades de restauración o desincorporación programada, mientras que las tareas identificadas como otras (OT) abarca aquellas actividades como rediseño, combinación de tareas y mantenimiento no programado.

Para reflejar las respuestas obtenidas del Diagrama de Decisión en la hoja de decisión, se procedió a marcar la columna correspondiente con la letra “S” (Si), para la respuesta afirmativa y con la letra “N” (No), para la respuesta negativa.

En la hoja de decisión se indica además una descripción de la tarea de mantenimiento a implementar, la frecuencia de realización de la tarea y los encargados de la ejecución de dicha tarea.

3.7.5. Creación de Planes de Mantenimiento Preventivo para los Tornos de Control Numérico (CNC) de la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.

Esta etapa consistió en la elaboración del plan de mantenimiento aplicado a los tornos de control numérico (CNC), en el mismo se especifica las actividades que deben realizarse al equipo tomando en cuenta una determinada frecuencia o periodicidad, se especifica el personal encargado y las herramientas y/o materiales a utilizar, para así garantizar que los equipos en estudio cumplan su correcta función.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos de la investigación, los cuales se llevaron a cabo mediante la aplicación de las técnicas de recolección de datos tales como observación directa, y entrevistas no estructuradas al respectivo personal. Se describe el contexto operacional de los tornos de control numérico (CNC), la jerarquización de los equipos, la elaboración del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), las respectivas tareas de mantenimiento asignadas mediante la utilización del árbol lógico de decisión (ALD) y finalmente los planes de mantenimiento preventivo propuestos.

4.1 Descripción del Contexto Operacional de los Tornos de Control Numérico (CNC) Pertenecientes a La empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.

4.1.1. Equipo Natural de Trabajo

Para alcanzar con éxito el desarrollo de esta etapa y de los demás objetivos, fue indispensable constituir un equipo natural de trabajo (ENT) con la finalidad de analizar cada una de las situaciones presentadas y proponer las soluciones más adecuadas. Por medio de la colaboración de los integrantes se recopiló, ordenó y validó la información necesaria para el estudio. Cabe destacar que los miembros de este equipo pertenecen al departamento de producción y al departamento de mantenimiento, y el mismo está conformado como se indica en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

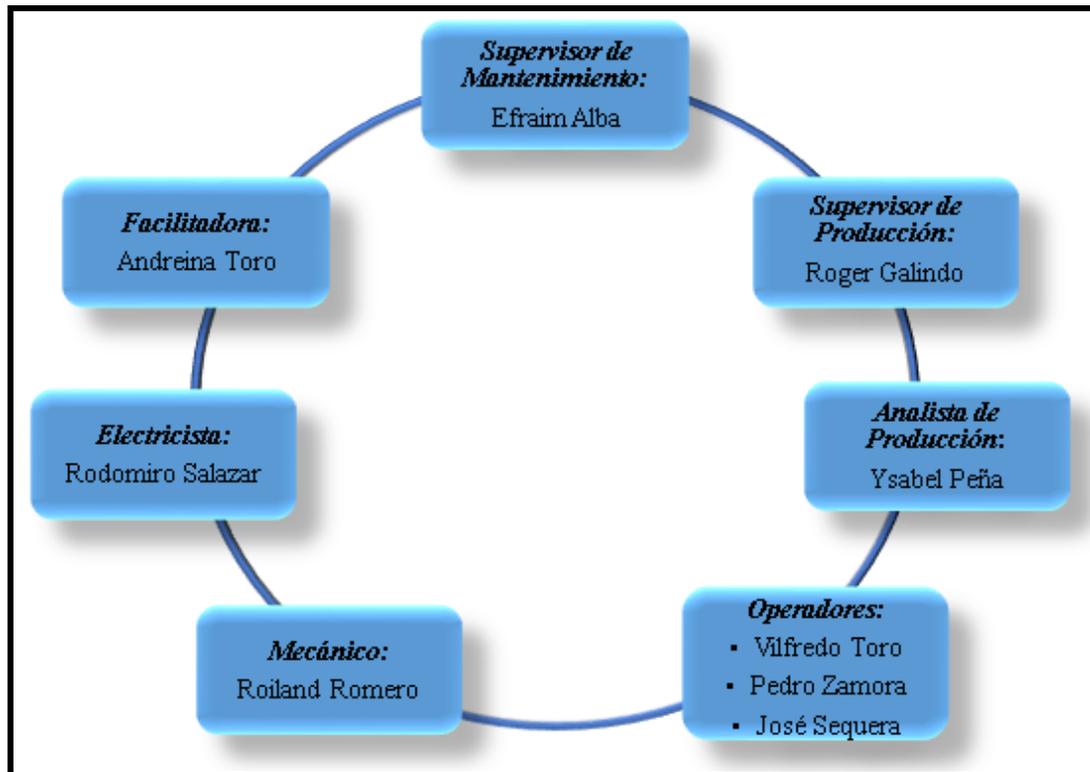


Figura 4.1Equipo natural de trabajo
Fuente: El autor (2018)

4.1.2. Descripción del Sistema de Tornos de Control Numérico (CNC)

El departamento de mantenimiento de la organización Tubos Servicios de Oriente S. A. cuenta con un sistema de tornos de control numérico integrado por tres equipos. El objetivo o propósito de estas máquinas industriales es contribuir directamente al desarrollo de las actividades de mecanizado de piezas de revolución, mediante un software de computadora que utiliza datos alfanuméricos que permiten la fabricación de conexiones aplicadas en tuberías de perforación y producción como: Drill Pipe, Heavy Weight, CASING 8rd, HT-55, Cross-Overs, STL, NJO, ANJO, Subs, y Pup-Joints

Cabe destacar que mediante las entrevistas realizadas al personal se determinó que estos equipos son usados en promedio (6) seis horas diarias y cuando lo requieren trabajan un sobretiempo alrededor de (5) horas; por esta razón no han estado exentos de la aparición de diversas fallas como por ejemplo en el avance longitudinal y transversal de los carros, así como también en el cierre y apertura de los platos neumáticos, engranajes dañados, entre otros.

En cada uno de estos equipos el proceso inicia cuando el operador recibe la asignación de trabajo, en la misma se especifica el tipo de tubería a usar y la clase de conexión requerida en ambos extremos de la tubería (pin/box), así como también la cantidad que se va a fabricar. Luego se introduce el material o la pieza a través del husillo y es sujeta en el plato neumático con la ayuda de las mordazas. Tomando como referencia la información en la orden de trabajo el operador selecciona los tipos de herramientas de mecanizado, las ubica en los portaherramientas de la torreta con sus respectivos insertos y elige mediante el panel de operación el programa de mecanizado adecuado para luego dar inicio a la fabricación de la conexión o rosca. A continuación, se describe el proceso de elaboración de la misma con su respectiva imagen:

Para mecanizado del extremo (pin/punta/macho) de la conexión: (Ver figura 4.2)

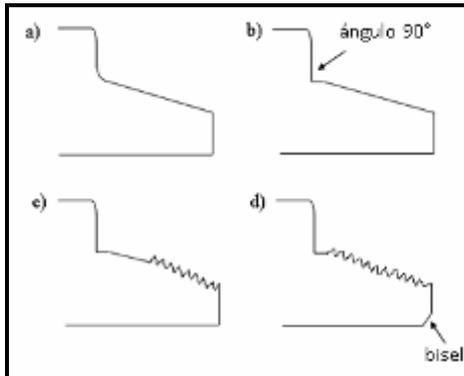


Figura 4.2Esquema de mecanizado del extremo Pin (punta/rosca macho)

Fuente: El autor (2018)

- En primer lugar, se desbasta la superficie de la pieza hasta lograr la forma exterior de la rosca, esto se realiza con la herramienta de desbaste externo.
- Seguidamente, con la ayuda de la herramienta de sello se elimina el exceso de material entre la unión de la tubería y la rosca formando un ángulo de 90°.
- En el próximo paso, la herramienta de roscado externo se encarga de realizar los hilos de la conexión.
- Por último, se realiza un bisel al extremo de la rosca usando la herramienta de desbaste externo.

Para mecanizado del extremo (box/caja/hembra) de la conexión:(Ver figura 4.3)

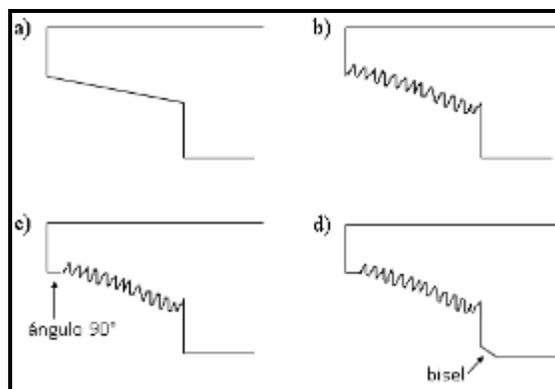


Figura 4.3Esquema de mecanizado del extremo Box (caja/rosca hembra)

Fuente: El autor (2018)

- a) En primer lugar, la herramienta de desbaste interno quita el exceso de material en la parte interior de la conexión.
- b) Seguidamente, la herramienta de roscado interno se encarga de realizar los hilos de la conexión.
- c) En el próximo paso, con la ayuda de la herramienta de sello se elimina el exceso de material entre el extremo de la tubería y la rosca formando un ángulo de 90°.
- d) Por último, se realiza un bisel en el interior de la rosca usando la herramienta de desbaste interno.

Durante el mecanizado se pueden ejecutar operaciones de cilindrado, mandrinado, refrentado, roscado, ranurado, moleteado, tronzado y torneado cónico.

Al culminar el proceso anterior, un inspector de calidad examina el trabajo basándose en los siguientes parámetros de calidad: acabado superficial de la pieza, longitud de la rosca, cono de la rosca, altura del hilo de la rosca y distancia entre cada hilo de la rosca. Esto se efectúa con el objeto de verificar la precisión en cuanto a las dimensiones estándares establecidas para así asegurar su calidad y buen desempeño. Finalmente se retira la tubería del torno y a la rosca se le realiza una limpieza con presión de aire garantizando que quede libre de residuos, se le aplicabaño químico para evitar la corrosión atmosférica, se engrasa con un compuesto lubricante lo que permite un efecto sellante que impida fugas durante su uso, se le coloca un protector y se traslada la tubería al patio de almacenamiento.

De acuerdo a lo antes descrito se elaboró un diagrama de entrada/proceso/salida (EPS), para visualizar de forma gráfica el funcionamiento del sistema de tornos de control numérico de la empresa. (Ver figura 4.4)

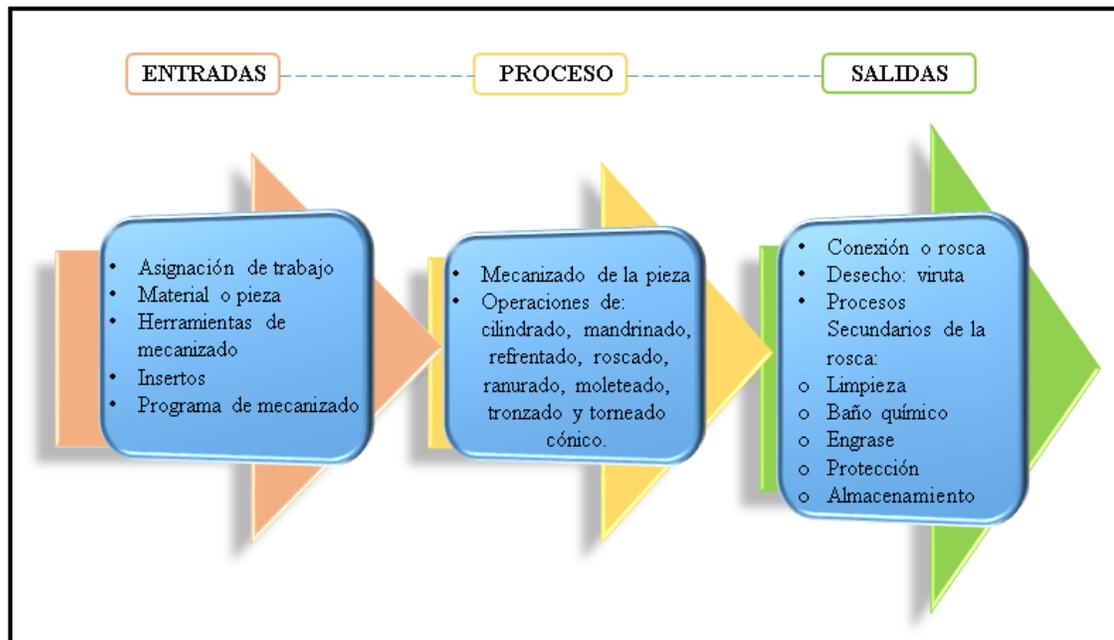


Figura 4.4 Diagrama EPS del sistema de tornos de control numérico
Fuente: El autor (2018)

En las imágenes mostradas a continuación se pueden apreciar los tornos de control numérico que posee la empresa Tubos Servicios de oriente S.A. (Ver figura 4.5, figura 4.6 y figura 4.7)



Figura 4.5Torno de control numérico DAINICHI
Fuente: El autor (2018)



Figura 4.6Torno de control numérico MORI-SEIKI
Fuente: El autor (2018)



Figura 4.7 Torno de control numérico OKUMA

Fuente: El autor (2018)

4.1.3. Descripción de Componentes de los Tornos de Control Numérico (CNC)

A continuación, se describirán los componentes principales que conforman los tornos de control numérico. Es importante mencionar que las imágenes mostradas fueron tomadas bajo el consentimiento y supervisión del personal de la empresa.

- Cabezal del husillo

Es una caja de fundición ubicada en el extremo izquierdo del torno. Contiene los engranajes, correas y poleas que impulsan la pieza de trabajo. Incluye el motor principal y el husillo. Sirve de soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo. El eje del torno o husillo es una pieza de acero templado cuya función es sostener el dispositivo de amarre de la pieza y en su parte media tiene montadas las poleas que reciben el movimiento de rotación del motor. Es hueco, para permitir el torneado de piezas largas. (Ver figura 4.8)



Figura 4.8Cabezal del husillo.

Fuente: El autor (2018)

- Bancada

Constituye la superficie de apoyo y la columna vertebral de la máquina-herramienta, es decir sirve de soporte para las otras unidades del equipo. Los tornos de control numérico están integrados por bancadas construidas de fundición de hierro gris y poseen guías de perfil especial para evitar vibraciones. En la bancada reposa el carro de avance transversal y la torreta, también es por la que se desplaza el contrapunto y el carro de avance longitudinal.

Las fallas que se generan en las bancadas repercuten directamente en el movimiento de los carros de avance longitudinal y transversal. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- Carro transversal (eje X): Se desliza transversalmente, es decir se mueve perpendicularmente al eje del torno de manera automática, determinando la profundidad de pasada. Éste se encuentra colocado sobre el carro longitudinal y su función es desplazar la torreta en la dirección del eje X.

- Carro longitudinal (eje Z): Produce el movimiento de avance y profundidad de pasada, desplazándose en forma automática paralelamente al eje del torno. Se mueve a lo largo de la bancada horizontal, sobre la cual se apoya. Su función es trasladar el conjunto de torreta en la dirección del eje Z.

El sistema de referencia del movimiento de los carros de avance longitudinal y transversal se puede observar en la figura 4.9. Ambos ejes forman un sistema de coordenadas en dos dimensiones, al punto de intersección se le denomina punto cero y la flecha indica el sentido de movimiento positivo (+X o +Z).

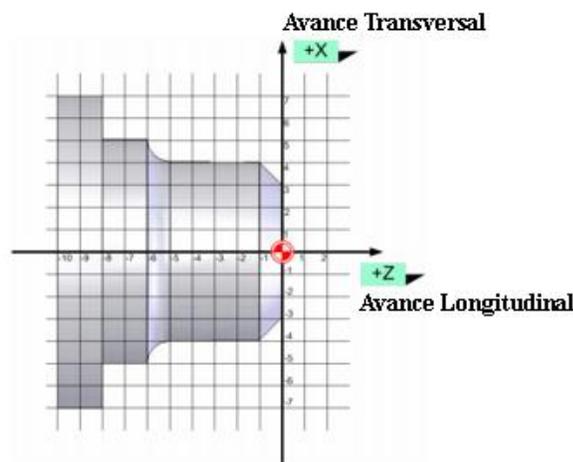


Figura 4.9 Sistema de referencia en un torno de control numérico
Fuente: El autor (2018)

Estos carros se ajustan sobre las guías prismáticas por medio de una regleta-cuña y se unen con las guías de la bancada por medio de tornillos.

La conservación de la precisión continua de las guías de la bancada representa la condición básica de la precisión de la máquina entera, por esta razón no deben colocarse en las guías objetos que pueden ocasionar daño en su superficie. (Ver figura 4.10)



Figura 4.10Bancada
Fuente: El autor (2018)

- Torreta

Se encuentra ubicada en el carro transversal, mediante la ayuda de portaherramientas permite la montura de varias herramientas en la misma operación de torneado y a su vez girarlas para determinar el ángulo de incidencia en el material. (Ver figura 4.11)



Figura 4.11Torreta
Fuente: El autor (2018)

La torreta de cada torno posee un número específico de posiciones de portaherramientas, a esto se le denomina número de estaciones de la torreta y se pueden observar en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Número de estaciones de las torretas de los tornos de control numérico.

Torno de Control Numérico	Nº de estaciones de la torreta
DAINICHI	12
MORI-SEIKI	6
OKUMA	8

Fuente: El autor (2018)

- Transportador de virutas

Es una cinta arrastradora que se encuentra ubicada en la parte inferior del torno de control numérico y mediante el accionamiento de un motor de 110 V se encarga del transporte de virutas largas y rizadas hacia el contenedor de las mismas. (Ver figura 4.12)



Figura 4.12 Transportador de viruta

Fuente: El autor (2018)

- Contrapunto

Se usa para soportar el otro extremo de la pieza de trabajo durante el mecanizado, es decir, es el elemento que sirve de apoyo para sujetar los extremos libres de las piezas de longitud considerable. Puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo de la bancada. El contrapunto cuenta en el interior de su cabeza con un juego de dos rulemanes que le permiten clavar y mantener fija su cola,

mientras su punta gira a la misma velocidad de la pieza con la que está en contacto.
(Ver figura 4.13)

Es necesario mencionar que el torno de control numérico MORI-SEIKI no posee contrapunto ya que el plato neumático delantero es el único punto de sujeción. Esto se debe a que en esta máquina-herramienta se pueden introducir tuberías de grandes diámetros y por lo tanto las dimensiones de otros elementos como la torreta y plato neumático son de mayor tamaño en comparación con los otros tornos de control numérico que se encuentran en la empresa.



Figura 4.13 Contrapunto
Fuente: El autor (2018)

- Bomba de lubricación de guías

Este dispositivo se encarga de impulsar el fluido hidráulico a través de un conjunto de tuberías o mangueras hacia las guías de las bancadas, proporcionando energía para que el sistema realice su trabajo.



Figura 4.14Bomba de lubricación de guías
Fuente: El autor (2018)

- Unidad hidráulica o sistema hidráulico

Es un contenedor que conserva el fluido hidráulico y mediante un conjunto de electroválvulas, tuberías, conectores y motor-bomba se encarga de abastecer al resto del sistema o los componentes que necesitan presión de aceite para su funcionamiento, como: la torreta y el contrapunto.



Figura 4.15Unidad hidráulica o sistema hidráulico
Fuente: El autor (2018)

- Plato neumático

Se encarga de sujetar la pieza a mecanizar mediante la presión ejercida por las mordazas y funciona con presión de aire. Los tornos de control numérico poseen un plato neumático delantero y trasero, los cuales permanecen conectados a un pedal,

que es accionado por el operador para abrir o cerrar las mordazas; este pedal se encuentra ubicado en la parte delantera de la máquina.

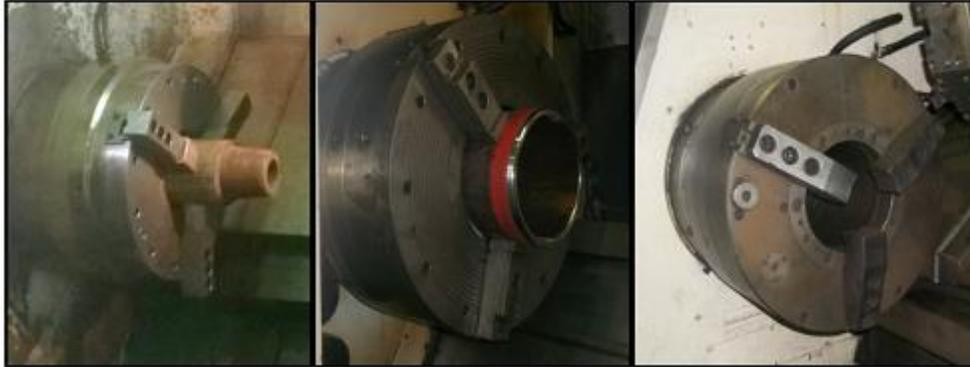


Figura 4.16Plato neumático

Fuente: El autor (2018)

- Servomotor del eje X / Servomotor del eje Z

Un servomotor (también llamado servo) es un motor independiente controlado con mecanismos electrónicos que funcionan por una fuente eléctrica, además se caracteriza porque tiene movimientos o desplazamientos tan pequeños como una micra (milésima de milímetro), que en algunas ocasiones no se perciben. En otras palabras, es un dispositivo que se caracteriza por dar alta potencia y alto par a baja revoluciones, funciona como un motor de corriente alterna, pero con un enconder conectado al mismo, tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición, es decir, el enconder controla las revoluciones exactas y frena en el punto exacto que marque la posición programada de la herramienta.

El desplazamiento de cada carro es controlado por un servomotor independiente. El servomotor ubicado en la dirección del eje X permite el

movimiento de avance del carro transversal, mientras que el servomotor ubicado en la dirección del eje Z permite el movimiento de avance del carro longitudinal.



Figura 4.17Servomotor

Fuente: El autor (2018)

- Cabina eléctrica

Se encuentra ubicada en la parte trasera de la máquina y permite la activación de todas las operaciones del equipo, mediante la señal recibida por el Controlador Lógico Programable (PLC). Está conformada por elementos electrónicos como: contactores de mando, fusibles de protección, baterías internas de 6 Voltios, breacker principal, térmicos varios, relés, transformadores y cableado en general.



Figura 4.18 Cabina eléctrica

Fuente: El autor (2018)

- Panel de operación

Está conformado por un monitor de operaciones, teclado de edición de programas y teclado de operación con distintos botones de acción, a través de los cuales el operador introduce datos de programación y de esta manera se ejecutan las operaciones en la máquina.



Figura 4.19 Panel de Operación

Fuente: El autor (2018)

- PLC (Controlador Lógico Programable)

Es un dispositivo electrónico el cual permite que la máquina-herramienta funcione de forma automática. Es decir, es el cerebro que gestiona y controla automáticamente las operaciones a realizar por los distintos componentes de los tornos CNC. Una vez procesados los datos por el CPU, se transmite la información a los diferentes órganos de la máquina, para que se proceda a la ejecución. Estos datos no los envía directamente a la máquina (motores, giro cabezal, etc.) sino que los ejecuta por medio del PLC.



Figura 4.20 PLC (Control Lógico Programable)

Fuente: El autor (2018)

Los tres tornos CNC son de fabricación japonesa y sus especificaciones se aprecian en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Especificaciones de los Tornos de Control Numérico

TORNOS DE CONTROL NUMÉRICO			
Marca	DAINICHI	MORI SEIKI	OKUMA
Código	TCN-01	TCN-02	TCN-03
Modelo	F-50	SL-80	LC-40
Serial	E8501981	358-2806	0304-2256
Color	Beige	Beige	Verde
Dimensión del husillo	6" Ø	14" Ø	8" Ø
Máx de husillo externo	27,6 in	33,5 in	21,65 in
Máx de husillo interno	48 in	14,5 in	41 in
Tipo de lubricante	Hidráulico 68	Hidráulico 68	Hidráulico 68
Ubicación	Taller de electromecanizado	Taller de electromecanizado	Taller de electromecanizado
Longitud máx de torneado	1298 mm	1000 mm	1250 mm
Máx diámetro de giro	275 mm	460 mm	700 mm
Máx diámetro admitido sobre bancada	923,8 mm	600 mm	700 mm
Diámetro admitido sobre carro	755 mm	400 mm	500 mm
Recorrido del eje X	260 mm	200,2 mm	380 mm
Recorrido del eje Z	1345 mm	1309 mm	1320 mm

Fuente: El autor (2018)

En los tornos de control numérico de la empresa se introducen distintos tipos de tuberías y según su diámetro se toman en cuenta las dimensiones de husillo para ser asignadas al equipo correspondiente. Del mismo modo ocurre con la clase de conexión o rosca. En la tabla 4.3 se especifica el tipo de tubería y clase de conexión o rosca que realiza cada torno CNC.

Tabla 4.3 Tipos de tuberías y clases de conexiones asignadas a los tornos de control numérico.

Torno de Control Numérico	Tipo de Tubería	Clase de Conexión o Rosca
DAINICHI	<ul style="list-style-type: none"> • Drill Pipe • Heavy Weight • Crossover 3-1/2" hasta NC-50 	<ul style="list-style-type: none"> • 2-3/8" API Box/Pin • 2-7/8" API Box/Pin • 3-1/2" API Box/Pin • 4-1/2" API Box/Pin • 2-3/8" Box/Pin NC-26 • 2-7/8" Box/Pin NC-31 • 3-1/2" Box/Pin NC-38 • 4" Box/Pin NC-46 • 4-1/2" Box/Pin NC-50 • Tubing Box/Pin 8 RD
MORISEIKI	<ul style="list-style-type: none"> • Drill Pipe • Heavy Weight • Crossover B-1/2 hasta 7-5/8" reg • STL Pin-Box • NJO Pin-Box • ANJO Pin-Box • Casing 8 RD 	<ul style="list-style-type: none"> • Roscas PREMIUM 9-5/8" • Tenaris Blue 13-3/8" , 5-1/2" • BC Pin, 5-1/2 LTC, 7-5/8" • 4-1/2" Pin NC-50, 4-1/2" Box • NC-50
OKUMA	<ul style="list-style-type: none"> • Drill Pipe • Heavy Weight • Crossover • HT-55 	<ul style="list-style-type: none"> • 4" Box/Pin NC-46 • 4-1/2" Box/Pin NC-50 • 3-1/2" API Box/Pin • 3-1/2" NC-38 Box/Pin

Fuente: El autor (2018)

4.1.4. Diagrama Funcional de Operación de los Tornos de Control Numérico (CNC)

El siguiente esquema descriptivo permite visualizar a través de bloques o cajas las funciones del proceso de elaboración de roscas de tuberías de producción o perforación. En el mismo se evidencia la entrada y salida del sistema, también en la función de cada componente se señalan sus partes principales para la ejecución del trabajo.

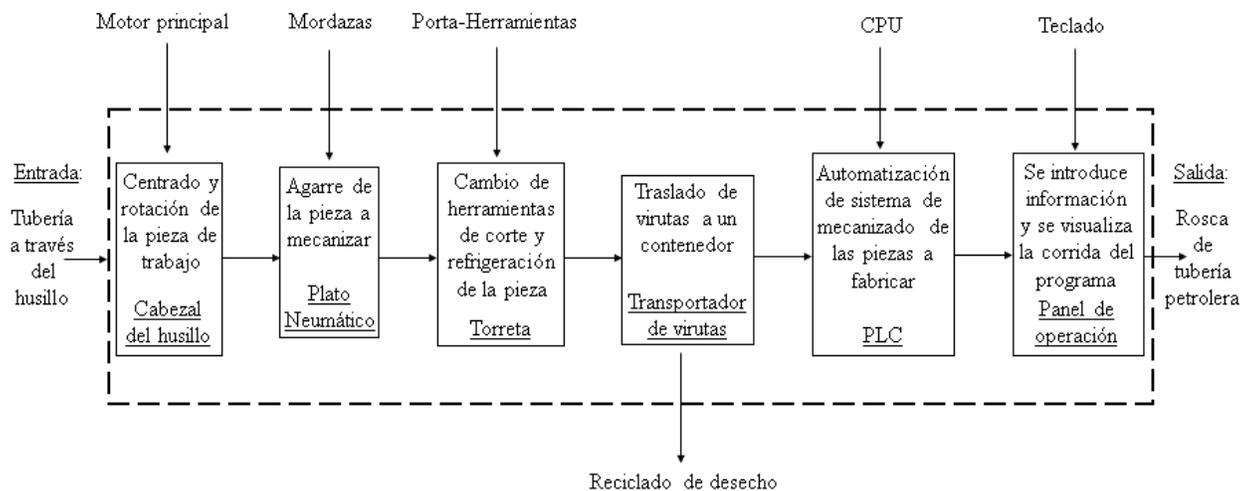


Figura 4.21 Diagrama funcional de operación de los tornos de control numérico
Fuente: El autor (2018)

4.1.5. Flujograma del Procedimiento de Gestión para la Reparación de los Equipos

A continuación, mediante un diagrama de flujo se muestra el procedimiento de gestión desde que el operador de los tornos CNC detecta la falla hasta que la misma es solventada por el departamento de mantenimiento de la empresa Tubos Servicios

de Oriente S.A. con el fin de que este sirva de guía de información al personal involucrado que labora en esta área de dicha empresa (ver figura 4.22)

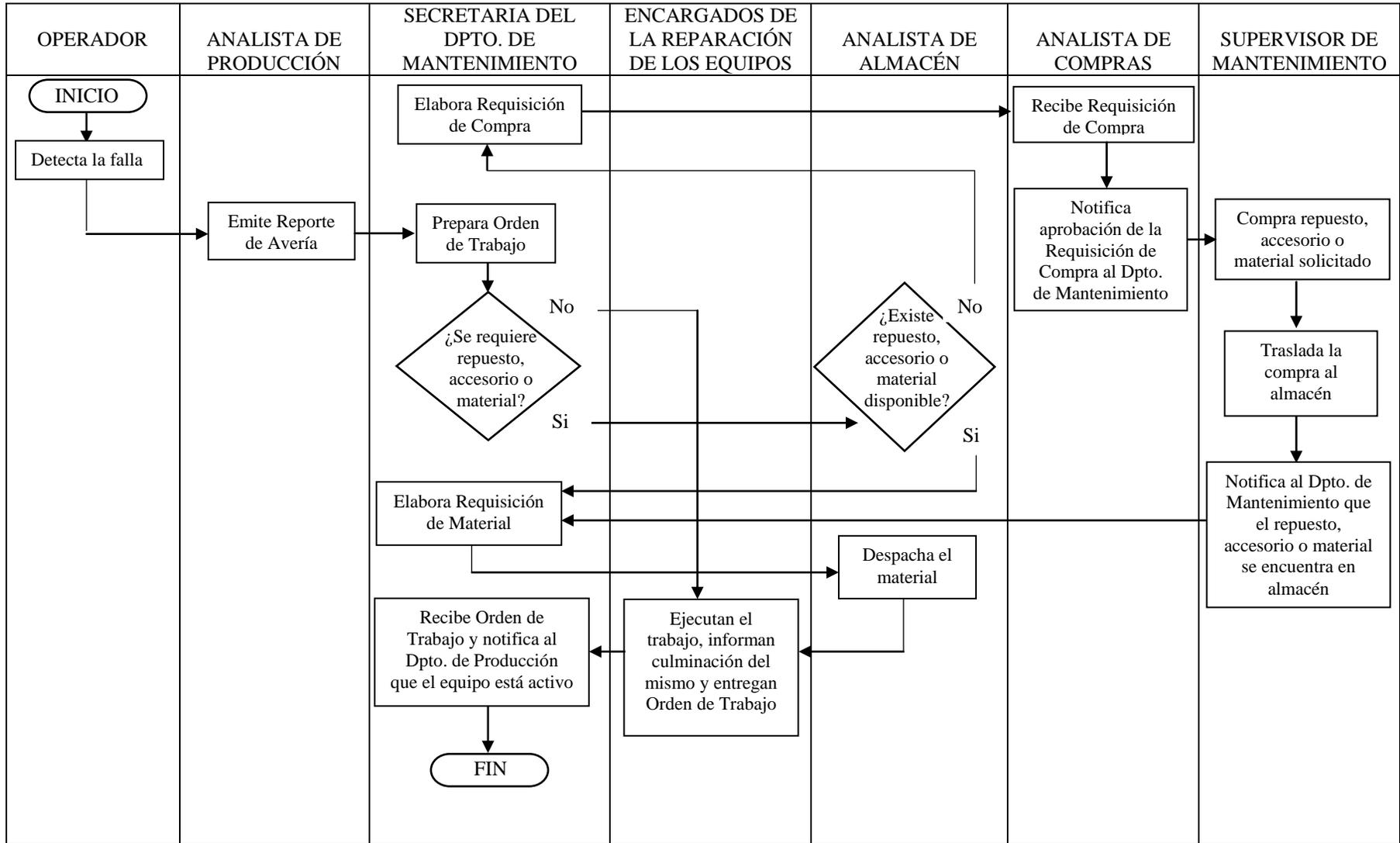


Figura 4.22Flujograma del procedimiento de gestión para la reparación de los equipos

Fuente: El autor (2018)

4.2. Establecimiento de una Jerarquía de los Tornos de Control Numérico (CNC) que Posee la Empresa de Acuerdo a la Norma ISO 14224.

4.2.1. Fronteras de los Equipos

La norma ISO 14224 establece que principalmente se deben especificar las fronteras que posee el sistema a estudiar. En los siguientes diagramas se muestra la delimitación del sistema de tornos de control numérico. (Ver figura 4.23 y 4.24)

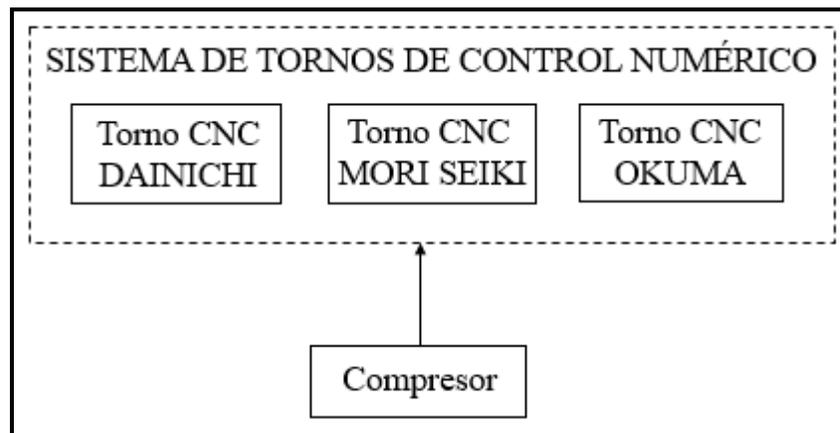


Figura 4.23 Frontera de los equipos. Diagrama (a)
Fuente: El autor (2018)

En el diagrama anterior se observa que el sistema de tornos de control numérico de la empresa Tubos Servicios de Oriente S. A. está conformado por los tornos CNC de marcas DAINICHI, MORI SEIKI y OKUMA. El compresor que se evidencia, conectado a unidades de mantenimiento (filtro-regulador-lubricador), amortiguador de pulsaciones (pulmón) y válvulas solenoides, es utilizado para accionar los componentes de los equipos que necesitan presión de aire para funcionar, como los platos neumáticos.

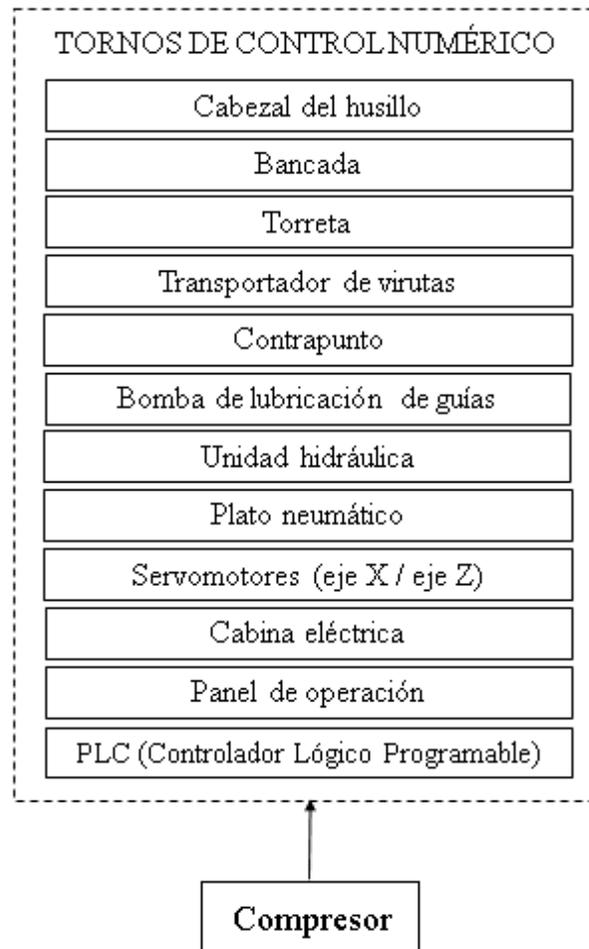


Figura 4.24 Frontera de los equipos. Diagrama (b)
Fuente: El autor (2018)

En la imagen anterior se pueden observar las unidades de equipo por las que está constituido el sistema conformado por los tornos de control numérico.

4.2.2 Jerarquía de los Equipos

Según lo estipulado en la norma ISO 14224, se realizó la jerarquización de los equipos de la siguiente manera: clase de equipo, unidad de equipo, sub-unidad y parte mantenible.

Donde:

- *Clase de equipo*: Representa el tipo o categoría de equipo.
- *Unidad de equipo*: Unidad del equipo específica dentro de una clase de equipo.
- *Sub-unidad*: Ensamblaje de componentes que realizan una función específica requerida para una unidad de equipo.
- *Parte mantenible*: Constituye una parte o un ensamblaje de partes, que normalmente tiene el nivel jerárquico más bajo durante el mantenimiento.

En el siguiente recuadro se muestra la jerarquización realizada a los tornos de control numérico de la empresa (Ver Tabla 4.4)

Tabla 4.4 Jerarquía de los equipos

Clase de equipo	Unidad de equipo	Sub-unidad	Parte Mantenible
Torno de control numérico	Cabezal del husillo	Motor Principal	Correas
			Poleas
		Sistema de ejes y engranajes de traslación de fuerzas	Cuñas
			Retenes
			Prisioneros
		(N/A)	Sellos O-ring
		(N/A)	Tuercas de regulación
		(N/A)	Rodamientos (axiales de bola y rígidos de aguja de doble hilera)
	Bancada	Carro transversal y carro longitudinal (eje X /ejeZ)	Cuñas de ajuste
			Dosificadores de aceite
			Tornillo sin fin y tuerca
			Limpiabancada (wipper)

Fuente: El autor (2018)

Continuación de la Tabla 4.4 Jerarquía de los equipos

Clase de Equipo	Unidad de Equipo	Sub-unidad	Parte Mantenible
	Torreta	(N/A)	Porta-herramienta
		(N/A)	Herramienta
		Pistón y motor hidráulico	Empaques
			Sellos Hidráulicos
			Estoperas
			Rodamientos
		Torno de control numérico	Transportador de virutas
Separadores			
Eje de rotación de cadena	Engranajes		
	Chumacera		
	Tornillo de regulación de la cadena		
Motor de traslación de fuerza	Base de sujeción del motor		
	Cuña		
	Caja reductora		
	Cableado de líneas y señal		
Tablero eléctrico	Contactores		
	Botones de acción		
	Regleta de distribución		
Contrapunto	Pistón central		Empaques (sellos packing)
			Sellos hidráulicos (tipo O-ring)
			Estoperas
			Rodamientos
	Movilidad del punto		Engranajes
			Cremallera

Fuente: El autor (2018)

Continuación de la Tabla 4.4 Jerarquía de los equipos

Clase de equipo	Unidad de Equipo	Sub-unidad	Parte Mantenable	
Torno de control numérico	Bomba de lubricación de guías	(N/A)	Motor	
		(N/A)	Sistema de inyección	
		(N/A)	Dosificadores	
		(N/A)	Sensor de Presión	
		(N/A)	Cableados de línea y señal	
	Unidad hidráulica	Sección de Electroválvulas (válvulas solenoides)		Bobinas eléctricas
				Pistones hidráulicos
				Sellos O-ring
		Motor-bomba		Sellos de bomba
				Acoples
				Tornillos de regulación
		(N/A)	Manómetro de presión	
	(N/A)	Tuberías y conectores		
	Plato Neumático	Válvula de seguridad	Sellos O-ring	
		(N/A)	Mordazas	
		(N/A)	Sellos hidráulicos	
	Servomotores (eje X/ eje Z)	(N/A)	Rodamientos	
		(N/A)	Acople	

Fuente: El autor (2018)

Continuación de la Tabla 4.4 Jerarquía de los equipos

Clase de Equipo	Unidad de Equipo	Sub-unidad	Parte Mantenable
Torno de control numérico	Cabina Eléctrica	(N/A)	Contactores de mando
		(N/A)	Fusibles de Protección
		(N/A)	Baterías internas de 6 Voltios
		(N/A)	Breacker principal
		(N/A)	Térmicos varios
		(N/A)	Transformadores
		(N/A)	Cableado general
	Panel de Operaciones	(N/A)	Botones de acción
		(N/A)	Selectores de Velocidad
		(N/A)	Led de señal
		(N/A)	Pantalla
	PLC (Controlador Lógico Programable)	(N/A)	CPU (Unidad Central de Procesos)
		(N/A)	Fuente de alimentación
		(N/A)	Tarjeta de entrada digital
		(N/A)	Tarjeta de salida digital
		(N/A)	Tarjeta de entrada analógica
		(N/A)	Tarjeta de salida analógica
		(N/A)	Cables asociados

Fuente: El autor (2018)

A continuación, se muestran las tablas de datos de equipo que establece la norma ISO14224, en la cual se especifican aspectos relacionados con la localización del equipo, la instalación, datos del fabricante, características del diseño y operación.

Tabla 4.5 Datos de equipo del torno DAINICHI

Nombre	Descripción	Datos
Localización del equipo	Número de etiqueta del equipo	TCN-01
Clasificación	Tipo de equipo	Máquina-herramienta
	Aplicación	Mecanizado
Datos de instalación	Categoría de instalación	Manufactura
	Categoría de operación	Controlado en forma manual y automatizada
Datos del Fabricante	Nombre del fabricante	DAINICHI
	Modelo del fabricante	F-50
Características del Diseño	Velocidad de rotación	1120rpm
	Tipo de torreta	12 estaciones
	Altura	2232 mm
	Espacio en el suelo	4338 x 2143 mm
	Peso del equipo	9200 kg
Operación	Modo utilizado durante la fase operativa	Funcionamiento continuo
	Fecha de instalación del equipo	Año 1998
	Período de inspección (Tiempo calendario)	Quincenal, Mensual, trimestral, semestral, anual

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.6 Datos de equipo del torno MORI-SEIKI

Nombre	Descripción	Datos
Localización del equipo	Número de etiqueta del equipo	TCN-02
Clasificación	Tipo de equipo	Máquina-herramienta
	Aplicación	Mecanizado
Datos de instalación	Categoría de instalación	Manufactura
	Categoría de operación	Controlado en forma manual y automatizada
Datos del Fabricante	Nombre del fabricante	MORI-SEIKI
	Modelo del fabricante	SL-80
Características del Diseño	Velocidad de rotación	750rpm
	Tipo de torreta	6 estaciones
	Altura	2400 mm
	Espacio en el suelo	5100 x 2500mm
	Peso del equipo	11000 kg
Operación	Modo utilizado durante la fase operativa	Funcionamiento continuo
	Fecha de instalación del equipo	Año 1996
	Período de inspección (Tiempo calendario)	Quincenal, Mensual, trimestral, semestral, anual

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.7 Datos de equipo del torno OKUMA

Nombre	Descripción	Datos
Localización del equipo	Número de etiqueta del equipo	TCN-03
Clasificación	Tipo de equipo	Máquina-herramienta
	Aplicación	Mecanizado
Datos de instalación	Categoría de instalación	Manufactura
	Categoría de operación	Controlado en forma manual y automatizada
Datos del Fabricante	Nombre del fabricante	OKUMA
	Modelo del fabricante	LC40
Características del Diseño	Velocidad de rotación	1000rpm
	Tipo de torreta	8 estaciones
	Altura	2350 mm
	Espacio en el suelo	4745 x 2455 mm
	Peso del equipo	10000 kg
Operación	Modo utilizado durante la fase operativa	Funcionamiento continuo
	Fecha de instalación del equipo	Año 1988
	Período de inspección (Tiempo calendario)	Quincenal, Mensual, trimestral, semestral, anual

Fuente:el autor(2018)

4.3. Elaboración de un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los Tornos de Control Numérico (CNC) de la Empresa

El propósito fundamental de este objetivo es la aplicación de la herramienta principal para llevar a cabo la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), la cual es el Análisis de Modos y Efectos y de Fallas, ésta permitió conocer el origen y los efectos que produce cada falla funcional asociada a las partes mantenibles de una determinada unidad de equipo.

A continuación se muestran los AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Fallas) realizados a cada unidad de equipo de los tornos de control numérico.

Tabla 4.8 Hoja de información del AMEF de los tornos de control numérico

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla		Efecto de Falla	
Correas	1	Transmitir el movimiento desde el motor hasta la caja de engranajes	A	No Transmite el movimiento desde el motor hasta la caja de engranajes	1	Estiramiento de correa	Se produce pérdida de fuerza y adherencia en las poleas
					2	Ruptura de correa por desgaste	Al romperse las correas el motor sigue en funcionamiento pero el resto del sistema se detiene
Poleas	1	Transmitir el movimiento desde el motor hasta las correas	A	No transmite el movimiento desde el motor hasta las correas	1	Desgaste entre la polea y el eje del motor	Se sale del eje del motor y se detiene el funcionamiento del torno

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	
Cufias		Transmitir fuerza entre el eje y los engranajes	A No transmite fuerza entre el eje y los engranajes	1	Desgaste de la cuña	Interrumpe el proceso de rotación y ocasiona imperfecciones en la pieza de trabajo
				2	Ruptura de la cuña	Se detiene el proceso de rotación
Retenes		Mantener situados los diferentes engranajes fijos del husillo	A No mantiene situados los diferentes engranajes fijos del husillo	1	Ruptura del retén por vencimiento	Desplazamiento del rodamiento y colisión interna
Prisioneros		Permitir el ajuste de eje, tuercas o engranajes	A No permite el ajuste de eje, tuercas o engranajes	1	Ruptura del prisionero	Pérdida de fijación y posicionamiento de engranaje

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Sellos O-ring	1	Impedir las fugas de aceite y a su vez permitir la rotación de un eje	A No impide las fugas de aceite	1 Vencimiento de sellos O-ring por recalentamiento	Bote de aceite y pérdida de presión hidráulica
Tuercas de regulación	1	Graduar y reducir holgura en la rigidez del husillo	A No regula la holgura de los rodamientos del husillo	1 Desajuste en los rodamientos del husillo	Movimiento oscilatorio del eje central (husillo)
Rodamientos	1	Permitir la suave rotación del eje	A Impide la rotación del eje	1 Daños en los rolines o esferas de rodamiento	Presenta fuerte ruido e incluso trancado del husillo

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla		Efecto de Falla	
Cuiñas de ajuste	1	Mantener la rigidez del movimiento en la dirección transversal / longitudinal	A	No mantiene la rigidez del movimiento en la dirección transversal / longitudinal	1	Desgaste por fricción	Desajuste del carro (transversal / longitudinal), lo cual causa vibraciones y movimientos no deseados
					2	Daños en el tornillo de regulación	Provoca que el carro (transversal / longitudinal) se tranque
Dosificadores de aceite	1	Lubricación equitativa de cuiñas y bancada (horizontal / inclinada)	A	No lubrica equitativamente las cuiñas y bancada (horizontal / inclinada)	1	Falta de lubricación en cuiñas	Desgaste de las cuiñas por fricción y se tranca el carro (transversal / longitudinal) por trabajo en seco
Tornillo sin fin y tuerca	1	Dar movilidad al carro (transversal / longitudinal)	A	No permite el movimiento del carro (transversal / longitudinal)	1	Pérdida de fijación de la tuerca	Inmovilidad total del carro (transversal / longitudinal)
					2	Desajuste del tornillo sin fin	Errores en el proceso de acabado del material
Wipper (limpiabancada)	1	Impedir la entrada de impurezas hacia las cuiñas y bancada (horizontal / inclinada)	A	Permite la entrada de impurezas hacia las cuiñas y bancada (horizontal / inclinada)	1	Ruptura de gomas de limpieza y falta de fijación	Interrupción de entrada de lubricación y daños en las cuiñas y bancada (horizontal / inclinada)

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Porta-herramienta		1	Permitir el acople de la herramienta	A	No permite el acople de la herramineta	1	Daño en la rosca y/o tornillos de fijación del porta-herramienta	Pérdida de fijación de la herramienta ocasionando la ruptura de la misma	
Herramienta		1	Permitir la fijación del inserto	A	No permite la fijación del inserto	1	Desgaste de la herramienta y daños en los tornillos de fijación	Ruptura del inserto, lo cual ocasiona imperfecciones en la pieza de trabajo	

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

		TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE INFORMACIÓN ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)				Código Formulario: Revisión: Fecha efectiva: / /	
Clase de equipo: <i>Torno de Control Numérico</i>		Unidad de equipo: <i>Torreta</i>		Sub-unidad: <i>Pistón y motor hidráulico</i>		Hoja: 2 / 2	
Realizado por: <i>E.N.T.</i>		Revisado por: <i>E.N.T.</i>		Aprobado por: <i>Ysabel Peña</i>		Hoja de referencia: N° 6	
Parte Mantenible	Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla
Empaques	1	Mantener la presión a cada lado del pistón	A	No mantiene la presión a cada lado del pistón	1	Daños por desgaste de packing	Se produce pérdida de fuerza del pistón y filtración interna de aceite
Sellos hidráulicos	1	Impedir fugas de aceite del pistón	A	Permite fugas de aceite del pistón	1	Desgaste o ruptura de O-ring	Se origina fuga de aceite fuera del cilindro de presión
Estoperas	1	Evitar pérdida de aceite y permitir el movimiento del vástago	A	Permite la salida de aceite	1	Desgaste de goma y/o estiramiento del resorte	Se produce fuga de aceite fuera del cilindro de presión
Rodamientos	1	Permitir la suave rotación del eje	A	Impide la rotación del eje	1	Daños en los rolines o esferas de rodamiento	Presenta fuerte ruido e incluso trancado del husillo

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Pasadores de cadena	1	Mantener la cadena unida y la flexibilidad entre placas	A Desunión de la cadena	1 Desgaste o ruptura de pasadores	Interrupción en la continuidad de rotación de la cadena
Separadores	1	Permitir el movimiento de tracción (transmisión de movimiento entre el motor y la cadena)	A No permite el movimiento de tracción (transmisión de movimiento entre el motor y la cadena)	1 Desacople en el engranaje de tracción	Dificultad de la movilidad de la cadena

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Engranajes	1	Transmitir la fuerza del motor a la cadena	A No permite la transmisión de fuerza del motor a la cadena	1 Ruptura de cuña	Interrupción en la continuidad de rotación de la cadena
				2 Ruptura de diente	
Chumacera	1	Permite el ajuste y rotación del eje de transmisión de fuerzas	A No permite el ajuste y rotación del eje de transmisión de fuerzas	1 Daños en el rodamiento central	Presenta fuerte ruido y se tranca el eje de transmisión de fuerzas
Tornillo de regulación de la cadena	1	Permite el ajuste y graduación de la cadena	A No permite el ajuste y graduación de la cadena	1 Daños en la rosca	Desajuste total de la cadena
				2 Ruptura del tornillo	

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Base de sujeción del motor	1	Mantener el motor en una posición fija y estable	A No mantiene el motor en una posición fija y estable	1 Ruptura de pernos de fijación de la base	Desalineación del motor
Cuña	1	Transmitir fuerza entre el motor y la polea	A No permite la transmisión de fuerza entre el motor y la polea	1 Desgaste o ruptura de la cuña	Interrupción en la transmisión de fuerza entre motor y polea. Se detiene el proceso de rotación entre las correas
Caja reductora	1	Minimizar número de vueltas y permite el movimiento de tracción	A No permite el movimiento de tracción	1 Daños en cuñas, engranajes y retenes internos de la caja	Impide la transferencia de fuerza entre el motor y el eje de rotación de la cadena
Cableado de líneas y señal	1	Enviar voltaje y señal de alarma al tablero principal	A No transmite voltaje ni envía señal de alarma al tablero principal	1 Daños en los terminales y cableado	Se detiene totalmente el motor de traslación de fuerza

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

		TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE INFORMACIÓN ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)			Código Formulario: Revisión: Fecha efectiva: / /	
Clase de equipo: <i>Torno de Control Numérico</i>		Unidad de equipo: <i>Transportador de virutas</i>		Sub-unidad: <i>Tablero eléctrico</i>		Hoja: 4 / 4
Realizado por: <i>E.N.T.</i>		Revisado por: <i>E.N.T.</i>		Aprobado por: <i>Ysabel Peña</i>		Hoja de referencia: N° 10
Parte Mantenible	Función		Falla Funcional		Modo de Falla	Efecto de Falla
Contadores	1	Permitir el paso de voltaje	A	Impide el paso de voltaje	1	Daños en la bobina de acción y puntos de contacto Se detiene el motor debido a la interrupción de paso de voltaje
Botones de acción	1	Permiten o suspenden el paso de voltaje o señal	A	No permiten el paso de voltaje o señal	1	Daños en los microswitch Interrupción del señal eléctrica, por lo cual el motor no enciende
Regleta de distribución	1	Selección y organización de los diferentes cableados del tablero	A	Impide la organización del cableado	1	Daños en terminales y puntos de contacto Interrupción de voltaje o señal eléctrica

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

		TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE INFORMACIÓN ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)			Código Formulario: Revisión: Fecha efectiva: / /	
Clase de equipo: <i>Torno de Control Numérico</i>		Unidad de equipo: <i>Contrapunto</i>		Sub-unidad: <i>Pistón central</i>		Hoja: 1 / 2
Realizado por: <i>E.N.T.</i>		Revisado por: <i>E.N.T.</i>		Aprobado por: <i>Ysabel Peña</i>		Hoja de referencia: N° 11
Parte Mantenible	Función		Falla Funcional	Modo de Falla		Efecto de Falla
Empaques (sellos packing)	1	Mantener la presión a cada lado del pistón	A No mantiene la presión a cada lado del pistón	1	Daños por desgaste de packing	Se produce pérdida de fuerza del pistón y filtración interna de aceite
Sellos hidráulicos (Tipo O-ring)	1	Impedir fugas de aceite del pistón	A Permite fugas de aceite del pistón	1	Desgaste o ruptura de O-ring	Se origina fuga de aceite fuera del cilindro de presión
Estoperas	1	Evitar pérdida de aceite y permitir el movimiento del vástago	A Permite la salida de aceite	1	Desgaste de goma y/o estiramiento del resorte	Se produce fuga de aceite fuera del cilindro de presión
Rodamientos	1	Permitir la suave rotación del eje	A Impide la rotación del eje	1	Daños en los rolines o esferas de rodamiento	Presenta fuerte ruido e incluso trancado del husillo

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Engranajes		1	Transmitir la fuerza impuesta por el motor	A	No permite la transmisión de fuerza impuesta por el motor	1	Ruptura de cuña	Interrupción de la transmisión de fuerza, por ende inmovilidad del contrapunto	
						2	Daños en los dientes del engranaje		
Cremallera		1	Sirve de guía para el movimiento del punto	A	No sirve de guía para el movimiento del punto	1	Ruptura de pernos de fijación	Inmovilidad del contrapunto	
						2	Ruptura de dientes de la cremallera		

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

		TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE INFORMACIÓN ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)				Código Formulario: Revisión: Fecha efectiva: / /	
Clase de equipo: <i>Torno de Control Numérico</i>		Unidad de equipo: <i>Bomba de lubricación de guías</i>		Sub-unidad: <i>N/A</i>		Hoja: 1 / 1	
Realizado por: <i>E.N.T.</i>		Revisado por: <i>E.N.T.</i>		Aprobado por: <i>Ysabel Peña</i>		Hoja de referencia: N° 13	
Parte Mantenible	Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla
Motor	1	Ejercer fuerza de rotación	A	No ejerce fuerza de rotación	1	Daños en rodamientos y/o embobinado interno	No acciona la bomba de hbricación
Sistema de inyección	1	Almacenar y distribuir aceite cuando se apaga la bomba	A	No almacena ni distribuye aceite cuando se apaga la bomba	1	Deterioro de resortes y O-ring	Falta de hbricación en las bancadas
Dosificadores de aceite	1	Lubricación equitativa de cuñas y bancada (horizontal / inclinada)	A	No hbrica equitativamente las cuñas y bancada (horizontal / inclinada)	1	Falta de hbricación en cuñas	Desgaste de las cuñas por fricción y se tranca el carro (transversal / longitudinal) por trabajo en seco
Sensor de presión	1	Envía una señal de alarma por falta de hbricación	A	No envía una señal de alarma por falta de hbricación	1	Daños en el cableado o en el propio sensor	Trabajo en seco del equipo por falta de la señal de alarma
Cableado de líneas y señal	1	Enviar voltaje y señal de alarma al tablero principal	A	No transmite voltaje ni envía señal de alarma al tablero principal	1	Daños en los terminales y cableado	Se detiene totalmente el motor de traslación de fuerza

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Bobinas eléctricas	1	Crean un campo electromagnético para retraer los pistones de la válvula	A	No crean un campo electromagnético para retraer los pistones de la válvula	1	Daños en el embobinado	Falta de accionamiento en la electroválvula		
Pistones hidráulicos	1	Permitir el paso de aceite dentro del cuerpo de válvulas	A	No permite el paso de aceite dentro del cuerpo de válvulas	1	Trabado por residuos o basuras dentro del cuerpo	Impide la salida de presión y accionamiento de los distintos componentes		
Sellos O-ring	1	Impedir fugas de aceite del pistón	A	Permite fugas de aceite del pistón	1	Desgaste o ruptura de O-ring	Se origina fuga de aceite fuera del cilindro de presión		

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Sellos de bomba		1	Mantener presión y evitar fugas de aceite	A	Permite fuga de aceites y pérdida de presión	1	Daños de sellos por recalentamiento de aceite	Baja completamente la presión por fugas internas y/o externas	
Acoples		1	Transferencia de fuerza entre el motor y la bomba	A	No permite la rotación de la bomba	1	Ruptura de cuña	Interrupción de presión de aceite	
						2	Daños en prisioneros		
Válvula de regulación de presión		1	Regula la cantidad de presión de salida de la bomba	A	No regula la cantidad de presión de salida de la bomba	1	Daños en el resorte, desgaste	No se puede regular el nivel de presión de salida de aceite	
						2	Daños en la esfera del regulador		

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Manómetro de presión	1	Indicar la cantidad de presión	A No indica la cantidad de presión	1 Daños internos de la calibración	Puede influir en la presión de salida y por ende en el desempeño del pistón y motor de rotación
Tuberías y conectores	1	Conducir el paso de presión de aceite	A Se suspende el paso de aceite	1 Ruptura o estrangulamiento de mangueras o tuberías y/o daños en conectores	Pérdida de presión de aceite y/o fugas de aceite

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Sellos O-ring	1	Impedir fugas de aceite del pistón	A Permite fugas de aceite del pistón	1 Desgaste o ruptura de O-ring	Se origina fuga de aceite fuera del cilindro de presión

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Mordazas	1	Sujetar la pieza de mecanizado	A	No poder sujetar la pieza de mecanizado	1	Tornillos flojos	Imperfecciones en el mecanizado por desajuste de la pieza		
Sellos hidráulicos	1	Impedir fugas de aceite del pistón	A	Permite fugas de aceite del pistón	1	Desgaste o ruptura de O-ring	Se origina fuga de aceite fuera del cilindro de presión		

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Rodamientos	1	Permitir la rotación del eje	A	Impide la rotación del eje	1	Daños en los rolines o esferas de rodamiento	Presenta fuerte ruido e incluso trancado del husillo		
Acople	1	Transmisión de fuerza entre el motor y el tornillo sin fin	A	Interrumpe la transmisión de fuerza entre el motor y el tornillo sin fin	1	Ruptura de cuña	Interrumpe la rotación del tornillo sin fin		
					2	Daños en prisioneros			
					3	Ruptura de goma estrella del acople			

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Contadores de mando	1	Permiten la activación de los diferentes componentes	A No permiten la activación de los diferentes componentes	1 Daño interno en las placas de contacto o la bobina	No acciona el componente al cual pertenece
Fusibles de protección	1	Protegen los diferentes componentes eléctricos	A No protegen los diferentes componentes eléctricos	1 Interrupción del filamento interno	Interrumpe el funcionamiento del componente que corresponda
Baterías internas de 6 Voltios	1	Mantiene activa la memoria mientras la máquina permanece apagada	A No mantiene activa la memoria mientras la máquina permanece apagada	1 Desgaste de la batería	Pierde la programación y los parámetros
Breacker principal	1	Permite la entrada de voltaje a la máquina	A No permite la entrada de voltaje a la máquina	1 Daño interno del breacker	No enciende la máquina

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenable		Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Térmicos varios		1	Protegen los distintos componentes de recalentamiento	A	No protegen los distintos componentes de recalentamiento	1	Daño de la resistencia térmica internamente	Interrumpe el funcionamiento del componente al que corresponda	
Transformadores		1	Convierten o reducen el voltaje y lo distribuyen	A	No convierten ni reducen el voltaje para su distribución	1	Daño en el embobinado	No regula el voltaje y daña componentes internos de la máquina. Ó solo interrumpe la entrada de voltaje	
Cableado general		1	Transmiten los diferentes voltajes y señales a los componentes	A	No transmiten los diferentes voltajes y señales a los componentes	1	Cables cortados	Falta de señal en el panel de operación, lo cual puede interrumpir el funcionamiento de la máquina	

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Botones de acción	1	Permiten o interrumpen el paso de señal y/o voltaje	A No hay paso de señal y/o voltaje	1 Daño en el microswitch	Falta de accionamiento en el instrumento final (por ejemplo si es el botón de cambio de la torreta o si es el botón del servomotor)
Selectores de velocidad	1	Envía una señal que indica la cantidad de fuerza ejercida al servomotor	A No envía la señal que indica la cantidad de fuerza ejercida al servomotor	1 Daño interno en los puertos de contacto del selector	Falta de accionamiento en el servomotor
Led de señal	1	Permite visualizar en la pantalla el normal funcionamiento, los errores, alarmas, etc.	A No permite visualizar en la pantalla el normal funcionamiento, los errores, alarmas, etc.	1 Bombillo led dañado o falta de señal por daños en el cableado	Falta de reconocimiento en los distintos errores y alarmas de la máquina
Pantalla	1	Permite visualizar los distintos programas y parámetros necesarios para el control de la máquina	A No permite visualizar los distintos programas y parámetros necesarios para el control de la máquina	1 Daños internos de la pantalla en la tarjeta matriz o señales de entrada	No existe control de la máquina en ninguno de sus componentes

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	
CPU (Unidad Central de Procesos)	1	Calcular la posición de los ejes y el desplazamiento de la máquina y los diferentes modos de funcionamiento	A No se puede calcular la posición de los ejes y el desplazamiento de la máquina y los diferentes modos de funcionamiento	1	Contactores pegados	No recibe comando para apagar o encender el equipo
				2	Desgaste de relé por tiempo de operación	El equipo se para completamente
				3	Sensores quemados por tiempo de operación	El equipo se para completamente (no emite la señal de movimiento de pare y avance)
				4	Suciedad en regletas de relé	Mala programación en coordenadas

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Fuente de alimentación	1	Proveer los voltajes requeridos a los diferentes dispositivos	A No provee los voltajes requeridos a los diferentes dispositivos	1 Fatiga de los componentes internos de la tarjeta (variaciones de temperatura)	No se cumple la acción de control y el equipo PLC pasa a condición de falla segura
Tarjeta de entrada digital	1	Permite monitorear posiciones de válvulas, interruptores, etc. (de dos posiciones)	A No permite monitorear posiciones de válvulas, interruptores, etc.	1 Cortocircuito interno y fatiga de los dispositivos	El PLC corta el suministro eléctrico a las partes móviles del torno, también emite una alarma sonora y visual
Tarjeta de salida digital	1	Permite la salida de comandos hacia los dispositivos periféricos como válvulas, interruptores, solenoides, etc	A No permite la salida de comandos hacia los dispositivos periféricos como válvulas, interruptores, solenoides, etc	1 Cortocircuito interno y fatiga de los dispositivos	

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.8 Continuación

Parte Mantenible		Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Tarjeta de entrada analógica	1	Permite captar valores de la variable de los dispositivos de entrada. Ej: transmisores de presión, de temperatura y flujo	A No permite captar valores de la variable de los dispositivos de entrada.	1 Oxidación en los contactos, cortocircuito interno y fatiga de los dispositivos	El PLC corta el suministro eléctrico a las partes móviles del torno, también emite una alarma sonora y visual
Tarjeta de salida analógica	1	Genera señales de valores, desde un valor bajo hasta un valor alto. Generalmente una señal de corriente de salida	A No genera señales de valores, desde un valor bajo hasta un valor alto.	1 Oxidación en los contactos, cortocircuito interno y fatiga de los dispositivos	
Cables asociados	1	Transmitir todos los comandos, funciones relacionadas con el manejo de la data y su conexión con los diferentes dispositivos	A No transmite todos los comandos, funciones relacionadas con el manejo de la data y su conexión con los diferentes dispositivos	1 Cables sulfatados, cables en cortocircuito, pérdida de aislamiento de los cables	Provoca falla total del sistema PLC

Fuente: El autor (2018)

4.3.1. Resultados Obtenidos del Análisis de Modo y Efectos de Fallas a los Tornos de Control Numérico

En la tabla 4.9 se muestra el resumen del AMEF realizado a los tornos de control numérico en cuanto a la cantidad de funciones, fallas funcionales y modos de fallas detectados durante la evaluación.

Tabla 4.9 Resumen AMEF de tornos de control numérico

Equipos	Funciones (F)	Fallas Funcionales (FF)	Modo de Falla (MF)
Tornos de control numérico	72	72	87

Fuente: El autor (2018)

Cabe destacar que el AMEF mostrado anteriormente aplica a los tres tornos de control numérico DAINICHI, MORI-SEIKI Y OKUMA ya que estos poseen los mismos componentes de diseño y realizan el mismo trabajo.

4.4. Determinación de las Actividades de Mantenimiento para los Tornos de Control Numérico (CNC) Mediante la Aplicación del Árbol Lógico de Decisión

El último paso de la metodología del MCC comprende el análisis y la aplicación del Árbol Lógico de Decisión ALD, tomando como referencia el Análisis de Modos y Efectos de Fallas. El estudio consistió en efectuar las preguntas a cada modo de falla, siguiendo el flujograma hasta obtener una respuesta (la acción a implementar), es decir, la tarea de mantenimiento que se debe llevar a cabo para cada modo de falla.

A continuación se muestran las hojas de la aplicación del ALD a los equipos en estudio.

Tabla 4.10 Hoja de decisión del ALD de los tornos de control numérico

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Correas		1	A	1	S		N	N	N	S	N	S			<u>Tarea de restauración:</u> Desajuste de tornillos de fijación del motor para regular con el tensor	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante
		1	A	2	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de correas	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Poleas		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de poleas	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Cufias		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Sustitución de cuña	Anual	1 mecánico y 2 ayudantes
		1	A	2		S	N	N	S		N	S					
Retenes		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Sustitución de retenes	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Prisioneros		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Sustitución de prisioneros	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Sellos O-ring		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblaje del cabezal del husillo, extracción del husillo y sustitución de O-ring	Anual	1 mecánico y 2 ayudantes
Tuercas de regulación		1	A	1		S	N	N	S		S				<u>Tarea basada en condición:</u> Chequeo y reajuste de prisioneros de seguridad	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante
Rodamientos		1	A	1		S	N	N	S		S				<u>Tarea basada en condición:</u> Evaluación de lubricación de distintos rodamientos	Mensual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Cuñas de ajuste		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de restauración:</u> Reparación de superficies o sustitución/ compensación de altura	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante
		1	A	2	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de restauración:</u> Reparación de rosca y sustitución de tornillo de regulación	Anual	
Dosificadores de aceite		1	A	1		S	N	N	S		S				<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de dosificadores	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Tornillo sin fin y tuerca		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de tornillos de fijación	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
		1	A	2	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de restauración:</u> Ajuste de la tuerca de regulación en el tornillo sin fin	Anual	
Wipper (limpiabancada)		1	A	1		S	N	N	N	S	N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de limpiabancadas	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Porta-herramientas		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de restauración:</u> Reparación de roscas y/o cambio de tornillos	Semestral	Tornero
Herramienta		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de restauración:</u> Reparación de la herramienta	Semestral	Tornero

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Empaques		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Extracción y sustitución de empaques	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Sellos hidráulicos		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Sustitución de O-ring	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Estoperas		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Cambio de estoperas	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Rodamientos		1	A	1	S		N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Sustitución de rolineras	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible			Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
			F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Pasadores de Cadena			1	A	1	S		N	N	S		N	S		<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de pasadores	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante	
Separadores			1	A	1	S		N	N	N	S	N	S		<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de separadores	Anual	1 mecánico y 1 ayudante	

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Engranajes		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de cuña	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Engranajes		1	A	2		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de engranaje	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Chumacera		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de chumacera	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante
Tornillo de regulación de la cadena		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de restauración:</u> Reparación de rosca	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante
Tornillo de regulación de la cadena		1	A	2	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Cambio de tornillo y tuerca	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Base de sujeción del motor		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de pernos y tuercas	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante
Cuña		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de cuña	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante
Caja reductora		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Extracción y sustitución de cuñas, engranajes y retenes	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante
Cableado de líneas y señal		1	A	1	S		N	N	S		N	N		S	<u>Mantenimiento no programado:</u> Revisión y sustitución de cables y/o terminales dañados	Según sea el caso	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible			Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
			F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Contactores			1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Extracción de bobina y sustitución de la misma	Trimestral	1 electricista y 1 ayudante
Botones de acción			1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de microswitch	Según sea el caso	1 electricista y 1 ayudante
Regleta de distribución			1	A	1		S	N	N	N	S	N	N		S	<u>Mantenimiento no programado:</u> Revisión y sustitución de cables y/o terminales	Según sea el caso	1 electricista y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Empaques (sellos packing)		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Extracción y sustitución de packings	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Sellos hidráulicos		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Sustitución de O-ring	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Estoperas		1	A	1		S	N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Cambio de estoperas	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Rodamientos		1	A	1	S		N	N	S		N	S			Tarea de <u>desincorporación</u> : Sustitución de rolineras	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Engranajes		1	A	1		S	N	N	S		N	S		<u>Tarea de restauración:</u> Desmontaje del punto para extraer el engranaje y obtener la cuña	Anual	1 mecánico y 1 ayudante	
		1	A	2		S	N	N	S		N	S		<u>Tarea de restauración:</u> Desmontaje del eje para extraer el engranaje	Anual	1 mecánico y 1 ayudante	
Cremallera		1	A	1		S	N	N	S		N	S		<u>Tarea de restauración:</u> Desplazamiento del punto para extraer el tramo de cremallera y reemplazarlo	Anual	1 mecánico y 1 ayudante	
		1	A	2		S	N	N	S		N	S					

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Motor		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblado del motor para evaluar embobinado y sustituir rodamientos	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Sistema de inyección		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblaje de bomba para cambiar sellos o-ring y resortes	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante
Dosificadores de aceite		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Extracción de tapas para sustituir los dosificadores	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Sensor de presión		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Revisión de señal en el sensor y evaluación de presión. Sustitución de sensor y/o cableados	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante
Cableado de líneas y señal		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Cambio de terminales y cableado	Anual	1 electricista y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Bobinas eléctricas		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Cambio de solenoides	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Pistones Hidráulicos		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblaje y cambio de resortes y esferas internas	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Sellos O-ring		1	A	1		S	N	N	N	S	N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblaje y sustitución de sellos O-ring	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Sellos de bomba		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblaje de la bomba y sustitución de sellos o-ring	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Acoples		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> sustitución de cuñas, desmontaje de motor	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
				2		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> sustitución de prisioneros	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Válvula de regulación de presión		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblaje y sustitución de sellos O-ring	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante
				2		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Extracción y sustitución de esfera	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Manómetro de presión		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desmontaje y sustitución	Anual	1 mecánico y 1 ayudante
Tuberías y conectores		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desmontaje y sustitución de la parte dañada	Trimestral	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Sellos O-ring		1	A	1		S	N	N	N	S	N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de sellos	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Mordazas		1	A	1	S		N	N	S	N	S				<u>Tarea basada en condición:</u> Revisar que los tornillos estén bien ajustados	Quincenal	Tomero
Sellos Hidráulicos		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de sellos	Anual	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Rodamientos		1	A	1		S	N	N	S	N	N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Desensamblaje de servomotores y sustitución de rodamientos	Mensual	1 mecánico y 1 ayudante
Acople		1	A	1		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de cuña	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante
		1	A	2		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de prisioneros	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante
		1	A	3		S	N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Cambio de goma estrella del acople	Semestral	1 mecánico y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible			Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
			F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Contadores			1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de contactor o bobina	Semestral	1 electricista y 1 ayudante
Fusibles de Protección			1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de fusibles de protección	Según sea el caso	1 electricista y 1 ayudante
Baterías internas de 6 voltios			1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de baterías internas de 6 voltios	Anual	1 electricista y 1 ayudante
Breacker principal			1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de breacker principal	Anual	1 electricista y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Térmicos varios		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de térmicos	Anual	1 electricista y 1 ayudante
Transformadores		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de transformadores	Anual	1 electricista y 1 ayudante
Cableado general		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de cableado	Anual	1 electricista y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Botones de acción		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Cambio de microswitch	Semestral	1 electricista y 1 ayudante
Selectores de velocidad		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de selector	Semestral	1 electricista y 1 ayudante
Led de señal		1	A	1	S		N	N	S		S				<u>Tarea basada en condición:</u> Revisión del sistema y sustitución de bombilla led	Según sea el caso	1 electricista y 1 ayudante
Pantalla		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Cambio de tarjeta matriz	Anual	1 electricista y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible			Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
			F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
CPU (Unidad Central de Procesos)			1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Sustitución de contactores	Semestral	1 electricista y 1 ayudante
			1	A	2	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de relé	Anual	1 electricista y 1 ayudante
			1	A	3	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de sensores	Anual	1 electricista y 1 ayudante
			1	A	4	S		N	N	S		S				<u>Tarea basada en condición:</u> Inspección a regleta de relé	Semestral	1 electricista y 1 ayudante

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Fuente de alimentación		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de la tarjeta de fuente de alimentación	Semestral	1 electricista
Tarjeta de entrada digital		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de la tarjeta de entrada digital	Semestral	1 electricista
Tarjeta de salida digital		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de la tarjeta de salida digital	Semestral	1 electricista

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.10 Continuación

Parte Mantenible		Referencia de Información			Tipo de Falla		Evaluación de las consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	A realizar por
		F	FF	MF	ABCD	AEFG	S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
Tarjeta de entrada analógica		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de la tarjeta de entrada analógica	Semestral	1 electricista
Tarjeta de salida analógica		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de la tarjeta de salida analógica	Semestral	1 electricista
Cables asociados		1	A	1	S		N	N	S		N	S			<u>Tarea de desincorporación:</u> Reemplazo de cables dañados y sulfatados	Anual	1 electricista

Fuente: El autor (2018)

Mediante el análisis realizado con el árbol lógico de decisión (ALD), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.11 Resultados del ALD

UNIDAD DE EQUIPO	TIPO DE MODO DE FALLA		CONSECUENCIAS			
	Evidente	No Evidente	Seguridad	Ambiente	Operacional	No Operacional
Cabezal del husillo	3	7	0	0	9	1
Bancada	4	2	0	0	5	1
Torreta	3	3	0	0	6	0
Transportador de virutas	6	8	0	0	12	2
Contrapunto	1	7	0	0	8	0
Bomba de lubricación de guías	2	3	0	0	5	0
Unidad Hidráulica	2	8	0	0	9	1
Plato Neumático	2	1	0	0	2	1
Servomotores	0	4	0	0	4	0
Cabina eléctrica	7	0	0	0	7	0
Panel de Operaciones	4	0	0	0	4	0
PLC	10	0	0	0	10	0
TOTAL	44	43	0	0	81	6

Fuente: El autor (2018)

Como se puede observar en la tabla 4.11, la mayoría de los modos de fallas son evidentes para los operarios en circunstancias normales, y no existen consecuencias para la seguridad y el medio ambiente.

Luego de aplicar un análisis a cada modo de falla con el Árbol Lógico de Decisión, se obtuvieron las siguientes tareas de mantenimiento a efectuar:

Tabla 4.12 Tareas de mantenimiento a efectuar

UNIDAD DE EQUIPO	TAREAS DE MANTENIMIENTO				
	Basada en Condición	Restauración Programada	Desincorporación Programada	Detección de Fallas	Mantenimiento no Programado
Cabezal del husillo	2	1	6	0	0
Bancada	0	3	3	0	0
Torreta	0	2	4	0	0
Transportador de virutas	0	1	11	0	2
Contrapunto	0	3	4	0	0
Bomba de lubricación de guías	0	0	5	0	0
Unidad Hidráulica	0	0	10	0	0
Plato Neumático	1	0	2	0	0
Servomotores	0	0	4	0	0
Cabina eléctrica	0	0	7	0	0
Panel de Operaciones	0	0	4	0	0
PLC	1	0	9	0	0
TOTAL	4	10	69	0	2

Fuente: El autor (2018)

En la tabla 4.12 se muestra el total de tareas de mantenimiento de acuerdo a su clasificación. Según los resultados mostrados se deben implementar cuatro (4) tareas basadas en condición, diez (10) restauraciones programadas, sesenta y nueve (69) desincorporaciones programadas o sustituciones, a los modos de fallas presentados por las unidades de equipo.

A continuación, se muestran de forma gráfica los resultados obtenidos de acuerdo al análisis efectuado con el Árbol Lógico De Decisión:



Figura 4.25 Distribución porcentual de las fallas evidentes y no evidentes
Fuente: El autor (2018)

De acuerdo al gráfico anterior, en total el 51% de las fallas que presentan las unidades de equipo de los tornos de control numérico son evidentes para los operarios en condiciones normales, mientras que el 49% no son evidentes.



Figura 4.26 Distribución porcentual de consecuencias de las fallas
Fuente: El autor (2018)

En la figura anterior se puede observar que la mayoría de las fallas son del tipo operacional con un 93% mientras que el resto es del tipo no operacional con un 7%. Cabe destacar que ninguna de las fallas presentadas genera consecuencias para la seguridad o el medio ambiente.



Figura 4.27 Distribución porcentual de las tareas de mantenimiento
Fuente: El autor (2018)

Dado el gráfico anterior, es notorio que la mayoría de las tareas a implementar corresponden al tipo de tarea de desincorporación programada o sustitución, debido a esto se puede decir que la mayoría de los modos de fallas no representan una avería importante para las unidades de equipo y, por lo tanto, estos se pueden evitar simplemente reemplazando las partes mantenibles a una frecuencia estimada.

4.5. Creación de Planes de Mantenimiento Preventivo para los Tornos de Control Numérico (CNC) pertenecientes a la Empresa Tubos Servicios de Oriente S. A.

Luego de haber sido seleccionadas las tareas de mantenimiento correspondientes, se procedió a la creación del plan de mantenimiento para la preservación de los diferentes componentes de los equipos en estudio. Cabe destacar que el plan de mantenimiento propuesto es aplicable a todos los tornos de control numérico, es decir al torno DAINICHI, MORI SEIKI y OKUMA ya que estos poseen las mismas unidades de diseño.

Dado que existen varias actividades de mantenimiento propuestas a realizar, fue conveniente agrupar dichas actividades, con el fin de obtener eficacia a la hora de ejecutar el mantenimiento a los equipos, tomándose en cuenta que las actividades deben interactuar o ser consecutivas entre sí, para evitar montajes y desmontaje de equipos con frecuencias cortas.

Asimismo, para la ejecución de las actividades, se elaboró un cronograma de mantenimiento dividido en semanas con el fin de evitar que, al momento de realizar tareas de mantenimiento que ameriten la parada del equipo a intervenir, se detengan todos al mismo tiempo evitando en lo posible afectar el proceso productivo del sistema y de la empresa.

A continuación se muestra el plan de mantenimiento propuesto aplicable a los tres tornos de control numérico con la respectiva programación de actividades.

Tabla 4.13 Plan de mantenimiento de los Tornos de Control Numérico

 TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. PLAN DE MANTENIMIENTO					
Clase de equipo: Torno de Control Numérico		Aplicación: Mecanizado		Hoja: 1 / 7	
Realizado por: Andreina Toro		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ysabel Peña	
N°	Actividades a Ejecutar	Frecuencia	Personal Requerido	Tiempo estimado de ejecución	Herramientas y/o materiales
1	Revisar que los tornillos de las mordazas estén bien ajustados.	Quincenal	1 Tornero	30 min	Llaves allen, martillo de pasta y penetrante
2	Evaluar la lubricación de los distintos rodamientos en el cabezal del husillo.	Mensual	1 Mecánico y 1 ayudante	1 h	Juego de llaves allen, estopa y trapos.
3	Desensamblaje de servomotores y sustitución de rodamientos.	Mensual	1 Mecánico y 1 ayudante	5 h	Herramientas varias, llaves allen y destornilladores.
4	Desajuste de tornillos de fijación del motor principal para regular con el tensor.	Trimestral	1 Mecánico y 1 ayudante	1 h	Destornilladores, estopa y trapo.
5	Sustituir chumacera del transportador de virutas; cambiar el tornillo y la tuerca de regulación de la cadena; sustituir pernos y tuercas de la base de sujeción del motor; extraer y sustituir cuñas, engranajes y retenes de la caja reductora.	Trimestral	1 Mecánico 1 ayudante	4h	Llaves combinadas, llaves allen, trapos, alicates, destornilladores varios.
6	Extracción de bobina de acción y sustitución de la misma, en el tablero eléctrico del transportador de virutas.	Trimestral	1 electricista y 1 ayudante	1 h	Tester, alicates y destornilladores.

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.13 Continuación
TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A.



PLAN DE MANTENIMIENTO					
Clase de equipo: Torno de Control Numérico		Aplicación: Mecanizado		Hoja: 2 / 7	
Realizado por: Andreina Toro		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ysabel Peña	
N°	Actividades a Ejecutar	Frecuencia	Personal Requerido	Tiempo estimado de ejecución	Herramientas y/o materiales
7	Desmontaje y sustitución de la parte dañada de tuberías y conectores de la unidad hidráulica.	Trimestral	1 Mecánico y 1 ayudante	30 min	Llave de tubos, llaves combinadas y teflón.
8	Chequeo y reajuste de prisioneros de seguridad para asegurar tuercas de regulación en el cabezal del husillo.	Semestral	1 Mecánico y 1 ayudante	6 h	Herramientas varias, llaves allen, llave de rotación de tuerca, estopa y trapos.
9	Reparación de superficies o sustitución de cuñas de ajuste, y compensación de altura para mantener la rigidez del movimiento de los carros en la bancada.	Semestral	1 Mecánico y 1 ayudante	16 h	Llaves allen, destornilladores, material para la compensación de altura(tubsite), pegamento epóxico.
10	Reparación de roscas y/o cambio de tornillos del porta-herramientas de la torreta y reparación de la herramienta.	Semestral	1 Tornero	4 h	Llaves allen, mechas y machos para corregir rosca.
11	Sustitución de pasadores de la cadena del transportador de virutas.	Semestral	1Mecánico y 1 ayudante	16 h	Saca reten, trapos y guantes.

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.13 Continuación

 TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A. PLAN DE MANTENIMIENTO					
Clase de equipo: Torno de Control Numérico		Aplicación: Mecanizado		Hoja: 3 / 7	
Realizado por: Andreina Toro		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ysabel Peña	
Nº	Actividades a Ejecutar	Frecuencia	Personal Requerido	Tiempo estimado de ejecución	Herramientas y/o materiales
12	Desensamblaje de bomba de lubricación de guías para cambiar sellos O-ring y resorte; sustituir los dosificadores; revisar señal en el sensor de presión; sustituir sensor /cableado.	Semestral	1Mecánico y 1 ayudante	6 h	Llaves combinadas, llaves allen, destornilladores y tester.
13	Extracción y sustitución de resorte y la esfera del regulador de la válvula de regulación de presión en la unidad hidráulica.	Semestral	1Mecánico y 1 ayudante	2 h	Llaves combinadas y destornilladores.
14	Cambio de goma estrella del acople en servomotores, de ser necesario sustituir cuña y prisioneros.	Semestral	1Mecánico y 1 ayudante	1 h	Estractor, llaves combinadas, llaves allen y goma estrella.
15	Sustituir contactores o bobina de la cabina eléctrica.	Semestral	1 electricista y 1ayudante	30 min	Tester, alicates y destornilladores.
16	Cambio de microswitch en los botones de acción del panel de operación(de ser necesario) y sustitución de selectores de velocidad.	Semestral	Especialista electrónico	30 min	Tester, alicates y destornilladores.
17	Sustitución de contactores en el CPU e inspección a regleta de relé.	Semestral	Especialista electrónico	1h	Tester, alicates y destornilladores.

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.13 Continuación
TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A.
PLAN DE MANTENIMIENTO

					
Clase de equipo: Torno de Control Numérico		Aplicación: Mecanizado		Hoja: 4 / 7	
Realizado por: Andreina Toro		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ysabel Peña	
N°	Actividades a Ejecutar	Frecuencia	Personal Requerido	Tiempo estimado de ejecución	Herramientas y/o materiales
18	Reemplazo de tarjeta de fuente de alimentación, de entrada digital, de salida digital, de entrada analógica y de salida analógica. (si es necesario)	Semestral	Especialista electrónico	2h	Destornilladores, piquetas, tester, pelacables, pulsera antiestática, guantes dieléctricos.
19	Sustitución de correas, poleas, cuña, retenes, prisioneros en el cabezal del husillo; extracción del husillo y sustitución de O-ring.	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	40 h	Herramientas varias, llaves allen, llaves combinadas, destornilladores, extractor de poleas, martillo, extractores, estopa y trapos.
20	Reparación de rosca y sustitución de tornillo de regulación en la bancada; sustitución de dosificadores de aceite; sustitución de tornillos de fijación, ajuste de la tuerca de regulación en el tornillo sin fin; sustitución de limpiabancadas.	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	24 h	Llaves allen, destornilladores, llaves combinadas, extractores y trapos.

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.13 Continuación
TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A.
PLAN DE MANTENIMIENTO



Clase de equipo: Torno de Control Numérico		Aplicación: Mecanizado		Hoja: 5 / 7	
Realizado por: Andreina Toro		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ysabel Peña	
N°	Actividades a Ejecutar	Frecuencia	Personal Requerido	Tiempo estimado de ejecución	Herramientas y/o materiales
21	Extracción y sustitución de empaques de la torreta, sustitución de O-ring, cambio de estoperas y sustitución de rolineras.	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	16 h	Llaves allen, destornilladores, llaves combinadas, extractores y trapos.
22	Sustitución de separadores de la cadena del transportador de virutas; sustitución de cuña y de engranaje en el eje de rotación de la cadena de ser necesario.	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	16 h	Saca retén, llaves combinadas, llaves allen trapos, guantes.
23	Extracción y sustitución de packings del pistón central en el contrapunto, sustitución de O-ring, cambio de estoperas y sustitución de rolineras. Desmontaje del punto para extraer el engranaje y obtener la cuña, desmontaje del eje para extraer el engranaje; desplazamiento del punto para extraer el tramo de cremallera (cuando sea el caso) y reemplazarlo.	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	20 h	Llaves allen, llaves combinadas, destornilladores, extractores y trapos.

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.13 Continuación
TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A.
PLAN DE MANTENIMIENTO

					
Clase de equipo: Torno de Control Numérico		Aplicación: Mecanizado		Hoja: 6 / 7	
Realizado por: Andreina Toro		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ysabel Peña	
N°	Actividades a Ejecutar	Frecuencia	Personal Requerido	Tiempo estimado de ejecución	Herramientas y/o materiales
24	Desensamblado del motor para evaluar embobinado y sustituir rodamientos en la bomba de lubricación de guías, cambio de terminales y cableado.	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	3 h	Llaves combinadas, llaves allen, destornilladores, trapos, tester cables varios, terminales varios.
25	Cambio de solenoides de la unidad hidráulica; desensamblaje y cambio de resortes y esferas internas de los pistones hidráulicos; sustitución de sellos O-ring; desensamblaje de la bomba y sustitución de sellos; sustitución de cuñas y prisioneros de ser necesario; desmontaje y sustitución de manómetro de presión.	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	8 h	Tester, llaves combinadas, alicates, destornilladores, extractores y trapos.
26	Sustitución de sellos O-ring y sellos hidráulicos en el plato neumático	Anual	1 Mecánico y 1 ayudante	8 h	Llaves allen
27	Cambio de tarjeta matriz de la pantalla en el panel de operaciones.	Anual	Especialista electrónico	4 h	Tester, alicates, destornilladores, cautín y estaño

Fuente: El autor (2018)

Tabla 4.13 Continuación
TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S. A.
PLAN DE MANTENIMIENTO



Clase de equipo: Torno de Control Numérico		Aplicación: Mecanizado		Hoja: 7 / 7	
Realizado por: Andreina Toro		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ysabel Peña	
N°	Actividades a Ejecutar	Frecuencia	Personal Requerido	Tiempo estimado de ejecución	Herramientas y/o materiales
28	Sustitución de baterías internas de 6 voltios de la cabina eléctrica; sustitución del breacker principal de ser necesario; sustitución de térmicos; sustitución de transformadores y reemplazo de cableado general.	Anual	1 Electricista y 1 ayudante	3 h	Tester, alicates y destornilladores.
29	Reemplazo de relé y de sensores en el CPU del PLC, reemplazo de cables dañados y sulfatados.	Anual	Especialista electrónico	1 h	Tester, alicates y destornilladores.
30	Sustitución de cables y/o terminales dañados del motor de traslación de fuerzas en el transportador de virutas; sustitución de microswitch en los botones de acción del tablero eléctrico y revisión y sustitución de cables y/o terminales en regleta de distribución.	Según sea el caso	1 electricista y 1 ayudante	2 h	Alicates y destornilladores varios, de pala, de estria y de copa.
31	Reemplazo de fusibles de protección en la cabina eléctrica.	Según sea el caso	1 electricista y 1 ayudante	30 min	Tester, alicates y destornilladores

Fuente: El autor (2018)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados de la investigación y en virtud de los objetivos específicos establecidos, se presentan las siguientes conclusiones:

- A través de la descripción del contexto operacional se determinó que los tornos de control numérico poseen un trabajo único dentro del proceso productivo de la empresa, el cual es el mecanizado en serie de roscas de diferentes tuberías. Además estos equipos están estructurados por doce (12) componentes principales o unidades de equipo, que son los que presentarían las posibles fallas.
- Se realizó la jerarquización de los equipos la cual se estableció en cuatro partes, teniendo principalmente la clase de unidad de equipo, seguida de la unidad de equipo correspondiente, posteriormente la sub-unidad y por último las partes mantenibles, a las cuales se les aplicarían las tareas de mantenimiento propuestas.
- Al efectuar el Análisis de Modos y Efectos de fallas (AMEF) se determinó que el sistema posee setenta y dos (72) funciones y fallas funcionales, con ochenta y siete (87) modos de fallas pertenecientes a setenta y dos (72) partes mantenibles.
- Mediante el árbol lógico de decisión (ALD) se obtuvieron las siguientes actividades de mantenimiento: Tareas basadas en condición (4) lo cual representa el (5%), Tarea de restauración (10) que corresponde a un (12%),

Tarea de desincorporación (69) representadas por un (81%), Detección de fallas (0) lo que obviamente corresponde a un (0%) y Mantenimiento no programado (2) con un (2%) de las acciones propuestas.

- El plan de mantenimiento aplicable a los tres tornos de control numérico, generó 31 actividades de mantenimiento, de las cuales hay (1) actividad quincenal, (2) actividades mensuales, (4) actividades trimestrales, (11) actividades semestrales, (11) actividades anuales y (2) actividades que no poseen frecuencia ya que serán realizadas si se presenta tal caso.

5.2. Recomendaciones

Considerando el trabajo de investigación realizado, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Aplicar el plan de mantenimiento diseñado cumpliendo con las actividades establecidas.
- Verificar el cumplimiento de las actividades y frecuencias establecidas en el cronograma de mantenimiento.
- Alentar la creación de una base de datos, que permita obtener el historial de mantenimiento de los equipos.
- Inspeccionar los planes de mantenimiento anualmente, para realizar cualquier ajuste en caso de ser necesario, principalmente revisar que las frecuencias de ejecución del programa de mantenimiento sean convenientes para la gestión.

- Realizar un inventario de los repuestos y materiales de los tornos para luego elaborar un plan de requerimiento de repuestos y materiales.
- Establecer indicadores de gestión demantenimiento, que permitan realizar un seguimiento de los resultados obtenidos después de aplicar el plan diseñado.
- Estimar los costos basados en actividad (ABC) para las actividades propuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2006). “El proyecto de la investigación. Introducción a la metodología científica”.3ra edición. Editorial Mc Graw-Hill interamericana.

Bolagay, M. y Robayo D. (2011). “Implementación de prácticas para la obtención de elementos maquinados en el centro de mecanizado con control numérico computarizado de la facultad de ingeniería mecánica”. [Documento en línea]. Disponible en <https://docplayer.es/12039010-Escuela-politecnica-nacional.html>[Consulta: 14 de marzo de 2018].

Brazón, A. (2014). “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos Dinámicos y Estáticos de la Planta de Agua, PDVSA GAS ANACO”. Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui.

Castro, M. (2003). El proyecto de investigación y su esquema de elaboración. Segunda edición. Caracas: Uyapal.

Díaz, A. (2013). “Diseño de Planes de Mantenimiento basados en la Filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el Sistema de Mecanizado de la empresa Venezolana de Flujos C.A. Anaco, Estado Anzoátegui”.Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui.

Duffuaa S. Raouf A. Dixon J. (2000). “Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control”. Primera Edición. México. Editorial Limusa.

Guía teórica “Torno Protocolo-Procesos de Manufactura”. (s.f.). Edición 2007-1 [Documento en línea]. Disponible en https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3474_torno.pdf[Consulta 14 de marzo de 2018].

Hurtado de Barrera (2000). “Metodología de la investigación holística”. Fundación sypal. Caracas - Venezuela.

Latorre, Rincón y Arnal (2003) “Bases metodológicas de la investigación educativa”. Primera edición. Editorial GR92. Barcelona - España.

Manual Técnico de Mecánica y Seguridad Industrial. (s.f.). Edición MMXIII. Editorial Grupo Cultural. Madrid - España.

Marín, O. (2014). “Diseño de Planes de Mantenimiento aplicando la Metodología MCC para el Sistema de Tornos Paralelos de la Empresa Servicios en Herramientas y Suplidora, C.A. (S.H.S, C.A.), Anaco, Estado Anzoátegui”. Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui.

Moreno, G. (2009). “Diseño de un Plan de Mantenimiento de una Flota de Tracto-camiones en base a los Requerimientos en su Contexto Operacional”. Trabajo de grado presentado en la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Moubray, J. (1999). “El RCMII –Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)”, Aladon LTD, EE.UU.

Norma Internacional ISO 14224 (1999) “Industria de petróleo y gas natural-recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos”.

Norma SAE JA1012, (2002). “Proceso de Criterios de evaluación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)”.

Norma Venezolana COVENIN 3049-93 (1993) “Mantenimiento Definiciones”. FONDONORMA.Caracas, Venezuela.

Ramos, A. (2014). Guía teórica “Diseño de planes de mantenimiento preventivo con MCC”. Anaco, estado Anzoátegui.

Salazar, C. (2009). “Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (MCC) para Sistemas de aire en Plantas de extracción de líquidos de Gas Natural”. Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Sidorovas, L. (s.f.). “Procesos de mecanizados Tradicionales”. UNITEC[Documento en línea]. Disponible en [http://www.academia.edu/9496388/Procesos de Mecanizados Tradicionales](http://www.academia.edu/9496388/Procesos_de_Mecanizados_Tradicionales)[Consulta: 12 de marzo de 2018].

STRATEGIG TECHNOLOGIES INC. “Manual del curso de formación de Reability Center Maintenance” CIED Valencia (1999).

Valderrama, R. (2010). Actualización en el área de mantenimiento. Ponencia presentada en el área de mantenimiento. Anaco, estado Anzoátegui.

Velásquez, E. (2013). “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) adecuado a los equipos que componen el Sistema de Control de Presión para Cables de Registro (Marca ELMAR) de la empresa ADVANCED LOGGING & EXPLOSIVES (ALEX, C.A.)”. Trabajo de Grado, que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, en la Universidad De Oriente, Extensión Región Centro-Sur Anaco, estado Anzoátegui.

Villamizar, L. (2004). “Guía Fundamentos de Mantenimiento” Publicado en la Universidad de Oriente.

Walpole, R. (1999). “Probabilidad y Estadística para Ingenieros”. Sexta Edición. Editorial Prentice - Hall Hispanoamerica. México.

ANEXOS

ANEXO A

(FICHAS TÉCNICAS DE LOS TORNOS DE CONTROL
NUMÉRICO)



TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE, S.A
RIF:-J-07022173-9

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS

Código Formulario: FM-007
Revisión: 01
Fecha Efectiva: 01/11/16

Nombre:	Torno Control Numerico	Año:	1998
Código:	TCN-01	Color:	Beige
Ubicación:	Taller Producción	Marca:	Dainichi
Responsable:	Producción	Capacidad:	Wheel spindle 6"
Modelo:	F-50	Serial:	28612



Funcionamiento y Manejo: Es utilizado con el objeto de dirigir seis movimientos lineales independientes, obteniendo incluso perfiles de piezas complicadas torneado de elementos de gran tamaño como rodetes de turbinas grandes, volantes y poleas, ruedas dentadas etc, que debido a su gran peso debe montarse sobre una plataforma horizontal.

SUB-SISTEMAS

MECÁNICO		HIDRÁULICO	
Componentes	Características	Componentes	Características
Bancada:	Es su estructura y es un gran cuerpo de fundición. Sirve de soporte y guía para las otras partes del torno.	Contrapunto:	Se usa para soportar el otro extremo de la pieza de trabajo durante el maquinado.
Torreta:	Permite montar varias herramientas en la misma operación de torneado y girarla para determinar el ángulo de incidencia en el material.		
ELÉCTRICO		NEUMÁTICO	
Componentes	Características	Componentes	Características
Servomotor:	Es decir motor independiente, controlado por mecanismos de electrónica que funcionan por fuentes eléctricas.	Plato Neumático:	Ubicado en el husillo del torno, sirve para soportar las piezas de forma cilíndrica.
SUMINISTROS ESPECIALES			
Descripción	Cantidad/Modelo	Descripción	Cantidad/Modelo
Otros Datos:	Diámetro pasante del Husillo: 6"		
	Velocidad Maxima: 1120 RPM		
	Max de husillo externo: 27,6 IN		
	Max de husillo interno: 48 IN		
	Numero de estaciones torreta: 12 / Control: FANUC / 18IIA		
	Plato de Sujeción: SMW/AUTOBLOCKS BB-N-500-205-3		



TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE, S.A
RIF.-J-07022173-9

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS

Código Formulario: FM-007
Revisión: 01
Fecha Efectiva: 01/11/16

Nombre: Torno Control Numerico	Año: 1996
Código: TCN-02	Color: Beige
Ubicación: Taller Producción	Marca: Moriseiki
Responsable: Producción	Capacidad: Wheel spindle 14"
Modelo: SL-80	Serial: 358-2806



Funcionamiento y Manejo: Es utilizado con el objeto de dirigir seis movimientos lineales independientes, obteniendo incluso perfiles de piezas complicadas, torneado de elementos de gran tamaño como rodetes de turbinas grandes, volantes y poleas, ruedas dentadas etc, que debido a su gran peso debe montarse sobre una plataforma horizontal.

SUB-SISTEMAS			
MECÁNICO		HIDRÁULICO	
Componentes	Características	Componentes	Características
Bancada:	Es su estructura y es un gran cuerpo de fundición. Sirve de soporte y guía para las otras partes del torno.	Contrapunto:	Se usa para soportar el otro extremo de la pieza de trabajo durante el maquinado.
Torreta:	Permite montar varias herramientas en la misma operación de torneado y girarla para determinar el ángulo de incidencia en el material.		
ELÉCTRICO		NEUMÁTICO	
Componentes	Características	Componentes	Características
Servomotor:	Es decir motor independiente, controlado por mecanismos de electrónica que funcionan por fuentes eléctricas.	Plato Neumático:	Ubicado en el husillo del tomo, sirve para soportar las piezas de forma cilíndrica.
SUMINISTROS ESPECIALES			
Descripción	Cantidad/Modelo	Descripción	Cantidad/Modelo
Otros Datos	Diámetro pasante del Husillo: 14"	Otros Datos	
	Velocidad Maxima: 750 RPM		
	Max de husillo externo: 33,5 IN		
	Max de husillo interno: 14,5 IN		
	Numero de estaciones torreta: 6 / Control: FANUC / 18ITA		
	Plato de Sujeción: SMW / AUTOBLOCKS BB-N-850-375-3-ES		



TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE, S.A
RIF: J-07022173-9

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS

Código Formulario: FM-007
Revisión: 01
Fecha Efectiva: 01/11/16

Nombre:	Torno Control Numerico	Año:	1988
Código:	TCN-03	Color:	Verde
Ubicación:	Taller Producción	Marca:	Okuma
Responsable:	Producción	Capacidad:	Wheel spindle 8"
Modelo:	LC-40	Serial:	0304-2256



Funcionamiento y Manejo: Es utilizado con el objeto de dirigir seis movimientos lineales independientes, obteniendo incluso perfiles de piezas complicadas, torneado de elementos de gran tamaño como rodetes de turbinas grandes, volantes y poleas, ruedas dentadas etc, que debido a su gran peso debe montarse sobre una plataforma horizontal.

SUB-SISTEMAS

MECÁNICO		HIDRÁULICO	
Componentes	Características	Componentes	Características
Bancada:	Es su estructura y es un gran cuerpo de fundición. Sirve de soporte y guía para las otras partes del torno.	Contrapunto:	Se usa para soportar el otro extremo de la pieza de trabajo durante el maquinado.
Torreta:	Permite montar varias herramientas en la misma operación de torneado y girarla para determinar el ángulo de incidencia en el material.		
ELÉCTRICO		NEUMÁTICO	
Componentes	Características	Componentes	Características
Servomotor:	Es decir motor independiente, controlado por mecanismos de electrónica que funcionan por fuentes eléctricas.	Plato Neumático:	Ubicado en el husillo del torno, sirve para soportar las piezas de forma cilíndrica.

SUMINISTROS ESPECIALES

Descripción	Cantidad/Modelo	Descripción	Cantidad/Modelo
Otros Datos	Diámetro pasante del Husillo: 8"	Otros Datos	Control: OKUMA / OSP5020L
	Velocidad Maxima: 1000 RPM		Plato de Sujeción: ROHM 525-30
	Max de husillo externo: 21,65 IN		
	Max de husillo interno: 41 IN		
	Numero de estaciones torreta: 8		

ANEXO B

(FORMATO DE NOTIFICACIÓN DE AVERÍA-LLENADO
POR EL OPERADOR)

INSTRUCTIVO DE LLENADO (NOTIFICACIÓN DE AVERÍA)

En caso de presentarse alguna falla durante la inspección, o durante la ejecución del proceso de mecanizado de los equipos, se deberá llenar la notificación de avería de la siguiente manera:

1. Colocar el código registrado por la empresa que posee el equipo.
2. Indicar el tipo de equipo.
3. Colocar el número de reporte de avería correspondiente.
4. Especificar el sitio en donde se encuentra ubicado el equipo.
5. Anotar el nombre y apellido del operador que está notificando la avería.
6. Indicar el turno de trabajo en el cual se ha notado la avería del equipo.
7. Colocar fecha y hora en las que se realiza el aviso de la falla.
8. Señalar si el equipo se encontraba en funcionamiento o no.
9. Indicar fecha y hora de inicio, así como fecha y hora de culminación de duración de la parada del equipo.
10. Anotar todas las observaciones pertinentes.
11. Colocar la firma del personal de mantenimiento que recibe la notificación de avería e indicar la fecha de su recepción.

ANEXO C

**(HOJA DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO)**

INSTRUCTIVO DE LLENADO
(ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO)

Para el llenado de la orden de trabajo de mantenimiento preventivo se deben seguir los pasos que se presentan a continuación:

1. Colocar el código registrado por la empresa que posee el equipo.
2. Indicar el tipo de equipo.
3. Especificar el sitio en donde se encuentra ubicado el equipo.
4. Señalar la frecuencia del mantenimiento preventivo a realizar.
5. Colocar nombre y apellido del responsable del trabajo e indicar si es personal interno o externo de la empresa.
6. Colocar nombre y apellido de la persona encargada de aprobar el trabajo.
7. Indicar el tipo de trabajo a realizar.
8. Enumerar las actividades de trabajo correspondientes e indicar si fueron o no ejecutadas.
9. Especificar los materiales y/o repuestos requeridos.
10. Anotar todas las observaciones pertinentes.
11. Indicar fecha y hora de inicio, así como fecha y hora de culminación de duración del mantenimiento.
12. Registrar las horas de duración totales de las actividades de mantenimiento.
13. Colocar la firma del responsable del trabajo, así como la fecha en la que culminó la orden de trabajo.

14. Colocar la firma de quien aprueba el trabajo realizado, así como la fecha en la cual recibe la orden de trabajo.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	PROPUESTA DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LA METODOLOGÍA MCC PARA LOS TORNOS DE CONTROL NUMÉRICO (CNC) PERTENECIENTES A LA EMPRESA TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S.A. ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Toro R., Andreina J.	CVLAC: 24.230.330 E MAIL: toroina@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES

Mantenimiento, Metodología MCC, AMEF, ALD, tornos de control numérico.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

En virtud de mejorar el desempeño de la empresa Tubos Servicios de Oriente S.A, se realizó este trabajo de grado, el cual consistió en la elaboración de planes de mantenimiento para los tornos de control numérico (CNC) aplicando la metodología MCC. La investigación corresponde a un nivel de tipo descriptivo, bajo un diseño de campo. Para lograr lo planteado en primer lugar, se describió el contexto operacional de los tornos de control numérico (CNC), luego se estableció una jerarquización de los equipos tomando en cuenta la norma ISO 14224, seguidamente se realizó el respectivo AMEF a los equipos en estudio evaluando el modo de fallo, efecto o consecuencia de la falla; se aplicó el ALD para la determinación de las tareas de mantenimiento a ejecutar y para culminar se crearon planes de mantenimiento para los tornos de control numérico (CNC). El aporte principal de la investigación es proporcionarle a la empresa una herramienta que le permita mantener la operatividad de los equipos de forma eficiente, por lo que se recomienda tomar en cuenta esta propuesta para minimizar la situación presente.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Esp. Alcántara, José	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Ing. Peña, Ysabel	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Ing. Ledezma, Melchor	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
MSc. Bousquet, Juan C.	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2018	07	20
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. PROPUESTA DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LA METODOLOGÍA MCC PARA LOS TORNOS DE CONTROL NUMÉRICO (CNC) PERTENECIENTES A LA EMPRESA TUBOS SERVICIOS DE ORIENTE S.A. ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI.docx	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE:

ESPACIAL: Dpto. Mecanizado / Tubos Servicios de Oriente (Anaco) (OPCIONAL)

TEMPORAL: Seis meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Industrial

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Industrial

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/Extensión Región Centro Sur –Anaco

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLAÑOS CUNPEL
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

AUTOR	Toro R., Andreina J. AUTOR	AUTOR
--------------	---	--------------

Esp. Alcántara, José TUTOR	Ing. Ledezma, Melchor JURADO	MSc. Bousquet, Juan C. JURADO
---	---	--

Ing. Valderrama, Rita
POR LA COMISIÓN DE TESIS