



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE MECANIZADO EN LA OPERACIÓN DE TORNOS CNC Y CENTROS DE MECANIZADO, PARA LA PRODUCCIÓN DE PARTES Y PIEZAS DE HERRAMIENTAS DE FONDO UTILIZADAS EN EL SECTOR HIDROCARBURÍFERO, EN LA PLANTA DE MECANIZADO Y PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SERTECPET S.A.”

OMAR ADRIAN CUVI UNAPUCHA

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Riobamba – Ecuador

2018

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-11-01

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

OMAR ADRIAN CUVI UNAPUCHA

Titulado:

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE MECANIZADO EN LA OPERACIÓN DE TORNOS CNC Y CENTROS DE MECANIZADO, PARA LA PRODUCCIÓN DE PARTES Y PIEZAS DE HERRAMIENTAS DE FONDO UTILIZADAS EN EL SECTOR HIDROCARBURÍFERO, EN LA PLANTA DE MECANIZADO Y PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SERTECPET S.A.”

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco
MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

OMAR ADRIAN CUVI UNAPUCHA

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE MECANIZADO EN LA OPERACIÓN DE TORNOS CNC Y CENTROS DE MECANIZADO, PARA LA PRODUCCIÓN DE PARTES Y PIEZAS DE HERRAMIENTAS DE FONDO UTILIZADAS EN EL SECTOR HIDROCARBURÍFERO, EN LA PLANTA DE MECANIZADO Y PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SERTECPET S.A.”

Fecha de examinación: 2018-11-01

RESULTADO DE EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Marcelino Fuertes Alarcón PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco MIEMBRO			

*Más un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

Ing. Víctor Marcelino Fuertes Alarcón
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Omar Adrian Cuvi Unapucha
Cédula de Identidad: 050290923-7

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Omar Adrian Cuvi Unapucha, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de titulación.

Omar Adrian Cuvi Unapucha
Cédula de Identidad: 050290923-7

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mi querida madre Lupita, quien con su sabiduría y consejos supo enseñarme el valor del trabajo duro, la perseverancia y el amor. Mamita querida sé que desde el cielo cuidas y bendices todos los días a tu esposo, hijos y todas aquellas personas que te mantenemos intacta en nuestros pensamientos, las palabras son pocas cuando se quiere expresar tantos sentimientos, pero sé que siempre anhelaste que este día llegara tanto como yo. Quiero prometerte esforzarme cada día más para ser digno de los sacrificios que realizaste toda tu vida por tu familia y compartirte que tu esencia permanecerá intacta en mi ser por el resto de mi vida. Te amo infinitamente mamita adorada.

A mi padre Miguel, quien ha sido el pilar fundamental de mi familia, gracias papito por nunca darte por vencido y luchar día tras día por sacar adelante a tu familia, gracias por tus sabios consejos, paciencia y amor que me has dado toda la vida. Te amo papito adorado.

A mi amada Alejandra, quien con su amor me ha enseñado a crecer como persona y como profesional.

A mi hermano Ismael, quien ha sido un ejemplo a seguir para mí, algún día espero ser como tú.

A mi hermana Rashel, espero que nunca renuncies a tus sueños y sigas adelante día tras día pese a las adversidades, te amo mucho hermanita.

A todos mis amigos y amigas, quienes han sabido demostrarme una amistad sincera y con los cuales he compartido momentos únicos.

Omar Adrian Cuvi Unapucha

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela de Ingeniería Industrial y a sus docentes por todas las enseñanzas, conocimiento y amistad brindada durante este trayecto que culmina con mi realización como profesional. Un agradecimiento especial a los ingenieros Ángel Guamán y Carlos Álvarez por la ayuda otorgada como director y miembro respectivamente, durante el desarrollo del presente Proyecto de Titulación.

Quiero extender un profundo agradecimiento a SERTECPET S.A. por la confianza y facilidades brindadas para la realización de este Proyecto de Titulación, así como a su Planta de Mecanizado y Producción y a todos sus colaboradores por el asesoramiento ofrecido y la experiencia que me permitieron alcanzar a nivel profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de este trayecto de profesionalización, familiares, amigos y seres amados, a quienes les agradezco infinitamente por el apoyo, consejos y confianza que me han demostrado siempre.

Omar Adrian Cuvi Unapucha

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	i
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I	
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Alcance de aplicación	3
1.4. Justificación	3
1.4.1. <i>Justificación teórica</i>	3
1.4.2. <i>Justificación metodológica</i>	3
1.4.3. <i>Justificación práctica</i>	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.6. Planteamiento de variables	4
1.6.1. <i>Variable independiente</i>	5
1.6.2. <i>Variable dependiente</i>	5
1.7. Operacionalización conceptual	6
1.8. Operacionalización metodológica.....	7
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Manual de mecanizado	8
2.2. Mecanizado por arranque de viruta.....	8
2.3. Control Numérico Computarizado (CNC).....	9
2.4. Torno CNC	10
2.5. Centro de Mecanizado	10
2.6. EIA/ISO (Código G).....	11
2.6.1. <i>Inicio</i>	12
2.6.2. <i>Remoción de material</i>	12
2.6.3. <i>Apagar el sistema</i>	12
2.6.4. <i>Restricciones en los bloques</i>	12

2.6.5.	<i>Códigos G y M más utilizados</i>	12
2.7.	Diseño asistido por computadora (CAD).....	13
2.8.	BobCAD–CAM	14
2.9.	MAZATROL	14
2.9.1.	<i>Datos de la unidad</i>	14
2.9.2.	<i>Datos de secuencia herramienta</i>	15
2.9.3.	<i>Datos de secuencia de forma</i>	15
2.9.4.	<i>Datos TPC (datos de control de ruta de herramienta)</i>	15
2.10.	Torno SLANT TURN 800 N	17
2.11.	Torno QUICK TURN NEXUS 400 – II	17
2.12.	Torno SUPER QUICK TURN 300 MY	18
2.13.	Torno QUICK TURN 350	19
2.14.	Centro de mecanizado VERTICAL CENTER NEXUS 510C/50 – II.....	19
2.15.	Centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800 – II.....	20
2.16.	Marco conceptual.....	21
CAPÍTULO III		
3.	DESARROLLO DEL MANUAL DE MECANIZADO	23
3.1.	Metodología.....	23
3.1.1.	<i>Investigación descriptiva</i>	23
3.1.2.	<i>Investigación bibliográfica</i>	23
3.1.3.	<i>Investigación explicativa</i>	24
3.2.	Técnicas	24
3.2.1.	<i>Observación</i>	24
3.2.2.	<i>Entrevista</i>	24
3.2.3.	<i>Charlas de retroalimentación</i>	24
3.2.4.	<i>Conferencia</i>	25
3.3.	Plan de recolección de datos	25
3.4.	Indicadores.....	25
3.4.1.	<i>Indicador de gestión</i>	25
3.4.2.	<i>Indicador de desempeño</i>	26
3.4.3.	<i>Indicador de calidad</i>	26
3.5.	Verificadores.....	26
3.5.1.	<i>Índice de cumplimiento</i>	26
3.5.2.	<i>Índice de eficiencia</i>	26
3.5.3.	<i>Índice de defectos</i>	26
3.6.	Impacto ambiental.....	27

3.6.1. <i>Análisis de impacto ambiental</i>	27
3.6.2. <i>Plan de remediación</i>	28
3.7. Estructuración del manual de mecanizado.....	29

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL DE MECANIZADO	31
4.1. Charlas de retroalimentación	31
4.1.1. <i>Primera charla de retroalimentación</i>	31
4.1.2. <i>Segunda charla de retroalimentación</i>	32
4.1.3. <i>Tercera charla de retroalimentación</i>	32
4.2. Minutas de reunión	33
4.2.1. <i>Minuta de reunión para la primera socialización</i>	33
4.2.2. <i>Minuta de reunión para la segunda socialización</i>	34
4.3. Socialización del manual de mecanizado	35
4.4. Verificación de cumplimiento	36
4.4.1. <i>Operación del torno QUICK TURN NEXUS 400–II (torneado)</i>	36
4.4.2. <i>Operación del centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800–II (fresado)</i>	40

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. Conclusiones.....	44
5.2. Recomendaciones	45
5.2.1. <i>Al área administrativa</i>	45
5.2.2. <i>Al área técnica</i>	45

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1: Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2-1: Operacionalización metodológica	7
Tabla 1-2: Función de las teclas de configuración de datos.....	16
Tabla 1-3: Análisis de impacto ambiental.....	27
Tabla 2-3: Plan de remediación	28

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2. Estructura del software BobCAD-CAM	14
Figura 2-2. Ejemplo de visualización de un programa en MAZATROL	15
Figura 3-2. Teclas de configuración de datos	16
Figura 4-2. Torno SLANT TURN 800 N	17
Figura 5-2. Torno QUICK TURN NEXUS 400 – II	18
Figura 6-2. Torno SUPER QUICK TURN 300 MY	18
Figura 7-2. Torno QUICK TURN 350	19
Figura 8-2. Centro de mecanizado VERTICAL CENTER NEXUS 510C/50 – II	20
Figura 9-2. Centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800 – II	20
Figura. 1-3. Niveles de organización en Planta de Producción y Mecanizado	25
Figura 1-4. Primera charla de retroalimentación	31
Figura 2-4. Segunda charla de retroalimentación	32
Figura 3-4. Tercera charla de retroalimentación	33
Figura 4-4. Revisión general del Manual de Mecanizado	33
Figura 5-4. Entrega y aprobación del Manual de Mecanizado	34
Figura 6-4. Manual de Mecanizado impreso y aprobado	34
Figura 7-4. Primera charla de socialización del Manual de Mecanizado	35
Figura 8-4. Segunda charla de socialización del Manual de Mecanizado	35
Figura 9-4. Tercera charla de socialización del Manual de Mecanizado	36
Figura 10-4. Cuarta charla de socialización del Manual de Mecanizado	36
Figura 11-4. Verificación del Manual de Mecanizado	37
Figura 12-4. Cambio de mordazas	37
Figura 13-4. Montaje de la pieza de trabajo	37
Figura 14-4. Cambio de herramientas de la torreta portaherramientas	38
Figura 15-4. Sensado de herramientas mediante TOOL EYE	38
Figura 16-4. Programación de la pieza a mecanizar en MAZATROL	38
Figura 17-4. Registro de parámetros para mecanizar	39
Figura 18-4. Mecanizado de la pieza de trabajo	39
Figura 19-4. Verificación de dimensiones	39
Figura 20-4. Control Calidad en máquina para aprobación del lote	40
Figura 21-4. Desmontaje de la pieza mecanizada (Brida NPT 2")	40
Figura 22-4. Verificación del Manual de Mecanizado	40
Figura 23-4. Montaje del sistema de sujeción	41

Figura 24-4.	Registro y sensado de herramientas	41
Figura 25-4.	Montaje de la pieza de trabajo.....	41
Figura 26-4.	Sensado del cero de pieza mediante el sensor RENISHAW	42
Figura 27-4.	Programación de la pieza a mecanizar en MAZATROL	42
Figura 28-4.	Mecanizado de la pieza de trabajo	42
Figura 29-4.	Verificación de dimensiones	43
Figura 30-4.	Desmontaje de la pieza mecanizada.....	43

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A** MANUAL DE MECANIZADO (Planta de Mecanizado y Producción)
- ANEXO B** FORMATO DE REUNIÓN (Primera revisión del Manual de Mecanizado)
- ANEXO C** FORMATO DE REUNIÓN (Segunda revisión del Manual de Mecanizado)
- ANEXO D** FORMATO DE REUNIÓN (Tercera revisión del Manual de Mecanizado)
- ANEXO E** REGISTRO DE MINUTA DE REUNIÓN (Revisión general del Manual de Mecanizado)
- ANEXO F** REGISTRO DE MINUTA DE REUNIÓN (Entrega y aprobación del Manual de Mecanizado (Socialización del manual a nivel de Jefatura y líderes de grupo))

LISTA DE ABREVIATURAS

CNC: Control Numérico Computarizado

PMP: Planta de Mecanizado y Producción

SGI: Sistema de Gestión Integrado

API: Instituto Americano del Petróleo

MHCNC: Máquinas herramientas con control CNC

CAD: Diseño Asistido por Computadora

TPC: Control de ruta de herramienta

SSA: Seguridad Salud y Ambiente

RESUMEN

El presente proyecto de titulación consiste en el desarrollo e implementación de un manual de mecanizado para la Planta de Mecanizado y Producción de SERTECPET S.A., cuyo objetivo principal es establecer procedimientos adecuados en la operación de tornos CNC y centros de mecanizado de la marca MAZAK, que la empresa dispone para la producción de partes y piezas de herramientas de fondo utilizadas en el sector hidrocarburífero. El Proyecto de Titulación consta de dos partes fundamentales: La primera parte comprende del desarrollo del manual de mecanizado que consta de tres secciones; la primera sección detalla las normas de Seguridad y Salud Ocupacional que los técnicos (operadores) deben cumplir antes, durante y después de la operación de los tornos CNC y centros de mecanizado, la segunda sección abarca el procedimiento y consideraciones necesarias para la operación de los tornos CNC en operaciones de torneado, y la tercera sección detalla el procedimiento y consideraciones necesarias para la operación de los centros de mecanizado en operaciones de fresado, ambas mediante la implementación de la interfaz MAZATROL, propia de la marca MAZAK. La segunda parte consta de la implementación del manual de mecanizado en la Planta de Mecanizado y Producción de SERTECPET S.A. mediante charlas de socialización del documento que, además pretende constituir una guía para estandarizar los procedimientos adoptados por los técnicos (operadores) en el desempeño de sus funciones al interior de la Planta de Mecanizado y Producción. Finalmente se concluye con la finalización del desarrollo e implementación del manual de mecanizado para su aplicación y verificación de cumplimiento, de manera que la estandarización de los procesos de mecanizado sea evidenciada y registrada. Se recomienda a los técnicos (operadores) la lectura y familiarización de los procedimientos establecidos en el manual de mecanizado, además, su cumplimiento en todas las actividades de mecanizado ejecutadas.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA INDUSTRIAL>, <MANUAL DE MECANIZADO (CNC)>, <OPERACIÓN DE MÁQUINAS (CNC)>, <MECANIZADO DE HERRAMIENTAS DE FONDO>, <PLANTA DE MECANIZADO Y PRODUCCIÓN>, <FRANCISCO DE ORELLANA (CANTÓN)>, <ORELLANA (PROVINCIA)>.

SUMMARY

The current research work consists in the development and implementation of a machining manual for the machining and production plant of SERTECPET S.A., whose main objective is to establish right procedures in the operation of CNC lathes and machining centers of the MAZAK brand that are part of the company for the production of parts and pieces of downhole tools used in the hydrocarbon sector. The project consists of two fundamental parts: The first part includes the development of the machining manual that consists in three sections; The first section involves the Occupational Health and Safety regulations that the technicians (operators) must comply before, during, and after the operation of the CNC lathes and machining centers, the second section covers the procedure and considerations that are necessary for the operation of the CNC lathes in turning operations, and the third section focuses the procedure and considerations necessary for the operation of the machining centers in terms of milling operations through the implementation of the MAZATROL interface associated with MAZAK brand. The second part consists in the implementation of the machining manual in the Machining and Production Plant of SERTECPET S.A. through socialization of the document, which aims to be a guide to standardize the procedures adopted by technicians (operators) in the performance of their functions within the Machining and Production Plant. Finally, it concludes with the completion of the development and implementation of the machining manual inside of the Machining and Production Plant for its application, and verification of compliance, so that the standardization of machining processes is evidenced and recorded. It is recommended to the technicians (operators) the reading and familiarization about the procedures established in the machining manual, besides its fulfillment in all the activities of machining executed.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCES OF ENGINEERING>, <INDUSTRIAL ENGINEERING>, <MACHINING MANUAL (CNC)>, <MACHINERY OPERATION (CNC)>, <DOWNHOLE TOOLS MACHINING>, <MACHINING AND PRODUCTION PLANT>, <FRANCISCO DE ORELLANA (COUNTY)>, <ORELLANA (PROVINCE)>.

INTRODUCCIÓN

SERTECPET S.A. cuenta con su Planta de Mecanizado y Producción (PMP), en la cual se ejecuta la producción de partes y piezas de herramientas de fondo utilizadas en el sector hidrocarburo. Esta planta dispone de cinco máquinas QUICK TURN NEXUS 400-II, dos máquinas SLANT TURN 80 N, una máquina SUPER QUICK TURN 300 MY, una máquina QUICK TURN 350, un centro de mecanizado VERTICAL CENTER NEXUS 510 C/50-II, un centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800-II, las mismas que suman un total de once máquinas de la marca MAZAK operadas por control numérico computarizado (CNC) destinadas al mecanizado de las diferentes órdenes de producción y pedidos específicos realizados por la entidad y sus diferentes áreas, así mismo, por parte de empresas externas que solicitan la elaboración de determinados productos.

La producción de piezas y partes al interior de la PMP de SERTECPET S.A. se despliega cumpliendo altos estándares de calidad, responsabilidad social, seguridad y salud ocupacional, fundamentados en las diversas normativas dentro del alcance de los Sistemas de Gestión Integrados (SGI) y las licencias que certifican el mecanizado de las herramientas.

El mecanizado se realiza por arranque de viruta con ayuda de máquinas – herramientas con Control Numérico Computarizado (CNC) en operaciones de torneado y fresado. El proceso de mecanizado está acorde a las necesidades del diseño a manufacturar y los parámetros establecidos en el “Procedimiento en la Planta de Producción”, elaborado por el grupo de trabajo de esta área.

La programación de las máquinas CNC y centros de mecanizado se puede obtener mediante tres alternativas:

- Generación y exportación del lenguaje de programa (Código G) desde un computador en el Departamento de Diseño a través del programa BobCAD-CAM hacia la máquina CNC.
- Desarrollo del diseño de la pieza o parte a mecanizar en la máquina CNC directamente en lenguaje EIA/ISO (código G).
- Desarrollo del diseño de la pieza o parte a mecanizar mediante la interfaz de la máquina CNC (MAZATROL) que la marca MAZAK proporciona.

El desarrollo del manual se enfoca en la operación de los tornos y centros de mecanizado mediante la implementación de la interfaz MAZATROL que las máquinas poseen, tanto por la versatilidad y rapidez de respuesta en la programación que presenta, así como la seguridad que ofrece en rutas

y trayectorias de herramientas mediante el control de parámetros de seguridad que se asignan en la unidad para evitar colisiones y/o rutas innecesarias.

Por esta razón el desarrollo del manual de mecanizado se torna de vital importancia para establecer parámetros y un adecuado procedimiento para el desarrollo de las actividades de producción mediante la utilización de las máquinas CNC así como sus herramientas, porta herramientas, insertos (útiles de corte) y demás accesorios necesarios para el mecanizado, de modo que se genere una estandarización de los procedimientos que los técnicos (operadores) adoptan en la manufactura de partes y piezas de herramientas de fondo utilizadas en el sector hidrocarburífero, al interior de las instalaciones de la PMP de SERTECPET S.A, la cual se halla situada en el complejo industrial Carlos López en la ciudad Francisco de Orellana.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

SERTECPET S.A. es una empresa ecuatoriana legalmente constituida en el año 1990, cuya oficina central se encuentra asentada en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha siendo su finalidad principal la prestación de servicios técnicos especializados para la industria energética, metalmecánica e industrial en general (SERTECPET, 2015).

La producción de partes y piezas de herramientas de fondo utilizadas en el sector hidrocarburífero para SERTECPET S.A. comienza en el año 2000, al instaurarse su Taller de Mecanizado. Posteriormente con la adquisición paulatina de máquinas CNC y centros de mecanizado se conformó la Planta de Mecanizado y Producción en el año 2005, para en la actualidad convertirse en un eje importante para la generación de los ingresos económicos que la empresa alcanza.

Para efectuar las operaciones de mecanizado, SERTEPCPET S.A. realizó su acreditación bajo licencias de certificación, tales como TenarysHydrill, API 5CT, API 5L y API 7.1, las cuales dictan parámetros de cumplimiento para segmentos específicos de diseño y manufactura de partes específicas en las herramientas de fondo (especialmente mecanizado de secciones roscadas), pero no se detalla el procedimiento general que el operador debe proseguir para la manufactura en general de toda la herramienta.

Uno de los factores que establece pérdidas económicas para la PMP en tiempos anteriores, fue la existencia de producto no conforme, así como la cantidad de piezas y partes destinadas a reproceso en los lotes de producción. El departamento de Control de Calidad determinó que existe un indicador del 3% de partes y piezas en las cuales se hallaron desperfectos o fallos en el mecanizado en lo que va del año 2018.

En los diagramas (causa – efecto) planteados para determinar las posibles causas de los fallos existentes en la producción, se encontró que el principal factor fue la inexistencia de un sistema estructurado que guíe las actividades que el operador debe desempeñar durante la operación de las máquinas CNC al efectuar los procesos de mecanizado.

Para mitigar esta problemática se planteó la necesidad de elaborar un documento que sustente los procedimientos y consideraciones necesarias para efectuar la operación de las máquinas CNC durante los procesos de mecanizado en operaciones de torneado y fresado, de manera que el operador alcance un correcto desenvolvimiento en la utilización de las máquinas y equipos mencionados. De esta manera se pretende alcanzar una sostenibilidad del proceso de producción que permita disminuir los índices de producto destinado a reproceso y producto no conforme.

1.2. Formulación del Problema

En la actualidad la PMP de SERTECPET S.A. dispone un total de once máquinas operadas por control numérico computarizado (CNC).

Para la operación de estas máquinas, la empresa destinó años atrás, capacitaciones para varios colaboradores en el departamento de Servicio MAZAK en la ciudad de México. Con el transcurso del tiempo varios de estos colaboradores han cesado sus funciones en la empresa, así mismo, varios nuevos colaboradores se han incorporado en las operaciones de mecanizado, para lo cual, se programaron charlas de capacitación dictadas por los mismos colaboradores antiguos de carácter teórico – práctico, de esta manera se consiguió un nivel aceptable en la operación de las máquinas para continuar con el funcionamiento de la PMP de la empresa.

Sin embargo, cada colaborador ha desarrollado con el transcurso del tiempo sus propias técnicas con respecto a operación de máquinas, aplicación de herramientas complementarias, métodos de limpieza, etc.

Estas malas prácticas son las causas de los inconvenientes presentados al realizar las operaciones de mecanizado, así mismo, se determina que al encontrarse un índice del 3% de productos destinados a reprocesos y/o no conformidades en un mes, representa una pérdida de más de 20 000 dólares americanos para SERTECPET S.A.

Adicionalmente, debido a que la empresa comercializa sus productos en más de diez países a nivel mundial y por la existencia de contratos de servicios de mecanizado de piezas específicas por parte de clientes externos, el proceso de mecanizado de la PMP se encuentra sujeto a auditorías en caso de que los organismos pertinentes lo soliciten.

En tal virtud la ausencia de un procedimiento estandarizado en la operación de las máquinas CNC para desempeñar procesos de mecanizado de partes y piezas de herramientas de fondo, produce la existencia productos destinados a reproceso y/o producto no conforme, lo que establece un riesgo potencial para la pérdida de estas licitaciones, además, las malas prácticas empleadas durante la operación de las máquinas CNC representan un riesgo para la salud e integridad de los operadores y el mantenimiento de las buenas condiciones de las máquinas.

1.3. Alcance de aplicación

Este manual es aplicable para todas las actividades de mecanizado por arranque de viruta realizado por operadores con entrenamiento previamente certificados y aprobados, mediante la operación de tornos y/o centros de mecanizado CNC de la marca MAZAK a través de la utilización de la interfaz MAZATROL, al interior de la PMP de SERTECPET S.A.

1.4. Justificación

1.4.1. *Justificación teórica*

SERTECPET S.A. cuenta con licencias que certifican el mecanizado de partes y piezas de herramientas de fondo en su PMP. Estas certificaciones se enfocan únicamente en el proceso general para ejecutar la producción de partes específicas en las herramientas de fondo; de manera que, para lograr certificarse bajo una determinada licencia, se deben reunir un determinado número de ítems o requisitos estipulados, sin embargo, los requisitos que establecen las licencias no determinan un procedimiento explícito para el mecanizado por arranque de viruta, de manera que, el operario tiene a libre disposición la puesta en práctica de su experiencia laboral adquirida con el transcurso del tiempo, para las actividades desarrolladas en las máquinas CNC de la marca MAZAK durante el proceso de mecanizado, lo que genera variabilidad en los procedimientos aplicados de operador a operador.

Al desarrollarse la operación de las máquinas empleando un método propio de cada operador, no se consigue el nivel de repetitividad de parte esperada, lo que genera una cantidad de partes y piezas de herramientas de fondo elaboradas que terminan siendo destinadas a reproceso y/o producto no conforme.

De acuerdo a los datos obtenidos desde enero a junio de 2018, se determinó que el total de herramientas mecanizadas destinadas a reproceso oscila mensualmente entre el 1% y 3% mientras que la existencia de producto no conforme se encuentra entre el 0,1% y 0,78%; esto constituye una pérdida económica representativa para el margen de ganancia que la PMP genera mensualmente para SERTECPET S.A.

1.4.2. *Justificación metodológica*

La existencia de producto no conforme genera una problemática en la implementación de las herramientas de fondo en el sector hidrocarburífero para los principales clientes de SERTECPET S.A. quienes, al suscitarse pérdidas producidas por fallos de herramientas, solicitan llevar a cabo auditorías externas al proveedor con el fin de constatar que los parámetros en el proceso de producción hayan sido adecuados.

El desarrollo del manual de mecanizado en la PMP, busca estandarizar los procedimientos adoptados durante la operación de los diferentes tornos CNC y centros de mecanizado por parte de los operadores, de manera que se minimice la cantidad de reprocesos y/o producto no conforme en la producción, maximizando ganancias y estableciendo un documento que permita establecer un seguimiento al proceso mecanizado de principio a fin.

1.4.3. *Justificación práctica*

La implementación del manual de mecanizado pretende alcanzar la capacitación de los trabajadores con respecto a las acciones que realizan durante la operación de tornos los CNC y centros de mecanizado para la producción de partes y piezas de herramientas de fondo, mediante charlas de retroalimentación, vigilancia del proceso, y cumplimiento de los parámetros y consideraciones que se establecen en el documento proporcionado como guía práctica.

De esta forma el Proyecto de Titulación desarrollado se adecúa a las necesidades de la empresa, generando un documento de soporte que, además, servirá como guía para la capacitación del futuro nuevo personal que desempeñe actividades de mecanizado por arranque de viruta en tornos CNC y centros de mecanizado de la marca MAZAK, al interior de la PMP de SERTECPET S.A.

1.5. *Objetivos*

1.5.1. *Objetivo general*

Desarrollar e implementar un manual de mecanizado en la operación de tornos CNC y centros de mecanizado de la marca MAZAK, para la producción de partes y piezas de herramientas de fondo en la Planta de Mecanizado y Producción de la empresa SERTECPET S.A.

1.5.2. *Objetivos específicos*

- Establecer los procedimientos utilizados actualmente por los técnicos (operadores) para la operación de tornos CNC y centros de mecanizado.
- Desarrollar un manual de mecanizado estableciendo procedimientos estandarizados para la operación de los tornos CNC en operaciones de torneado y los centros de mecanizado en operaciones de fresado mediante la utilización del software MAZATROL.
- Implementar los procedimientos escritos en la operación de las maquinas CNC para la manufactura de partes y piezas de herramientas de fondo.

1.6. *Planteamiento de variables*

Para el estudio previo al desarrollo e implementación del manual de mecanizado en la operación de tornos CNC y centros de mecanizado en la Planta de Mecanizado y Producción de

SERTECPET S.A., se plantearon variables y la interrelación existente entre las mismas de acuerdo a lo siguiente:

1.6.1. *Variable independiente*

Se establece el manual de mecanizado como variable independiente debido a es la variable a controlar y de la misma depende los cambios que se producirán al final de la implementación del proyecto.

1.6.2. *Variable dependiente*

La operación de tornos CNC y centros de mecanizado está condicionada por el efecto que produzca el manual de mecanizado en las operaciones que efectúen los operadores para el mecanizado de partes y piezas de herramientas de fondo.

1.7. Operacionalización conceptual

Tabla 1-1: Operacionalización de variables

Variable	Descripción	Definición	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Fuente
Independiente	Manual de mecanizado.	Guía de carácter técnico – operacional, que establece técnicas y procedimientos para la operación de máquinas que permiten el mecanizado por arranque de viruta.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la situación actual de la operación de tornos CNC y centros de mecanizado por parte de los operadores • Desarrollo del procedimiento para operación de tornos CNC en operaciones de torneado. • Desarrollo del procedimiento para operación de centros de mecanizado en operaciones de fresado. • Socialización del manual de mecanizado a nivel de Jefatura y operadores. 	Cumplimiento por parte de los operadores de los procedimientos establecidos en el manual de mecanizado.	Formato de comprobación de cumplimiento.	Supervisor de Producción de la Planta de Mecanizado y Producción.
Dependiente	Operación de tornos CNC y centros de mecanizado.	Acciones realizadas para el uso de tornos CNC y centros de mecanizado.	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos para la operación de las máquinas CNC. • Charlas de capacitación. • Verificación del cumplimiento de los procedimientos dispuestos en el manual de mecanizado. 	Cantidad de desperfectos encontrados en los lotes de producción.	Registro Pauta de Inspección.	Departamento de Control de Calidad

Fuente: Autor

Realizado por: Omar Cuvi, 2018

1.8. Operacionalización metodológica

Tabla 2-1: Operacionalización metodológica

Objetivos	Indicador	Fuente	Instrumento de medida
<p>Fin: Estandarizar el procedimiento para la operación de tornos y centros de mecanizado en la producción de partes y piezas de herramientas de fondo.</p>	<p>Cantidad de productos destinados a reproceso y/o producto no conforme.</p>	<p>Planta de Mecanizado y Producción</p>	<p>Registro pauta de inspección</p>
<p>Propósito: Implementar un manual de mecanizado para la operación de tornos y centros de mecanizado en la producción de partes y piezas de herramientas de fondo.</p>	<p>Cantidad de productos conformes elaborados por el operador.</p>	<p>Planta de Mecanizado y Producción</p>	<p>Registro pauta de inspección</p>
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la situación actual de la operación de tornos CNC y centros de mecanizado por parte de los operadores • Desarrollo del procedimiento para operación de tornos CNC en operaciones de torneado. • Desarrollo del procedimiento para operación de centros de mecanizado en operaciones de fresado. • Socialización del manual de mecanizado a nivel de Jefatura y operadores. 	<p>Índice de productos destinados a reproceso y/o producto no conforme.</p>	<p>Planta de Mecanizado y Producción</p>	<p>Registro pauta de inspección</p>

Fuente: Autor

Realizado por: Omar Cuvi, 2018

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Manual de mecanizado

Un manual de mecanizado es una guía de carácter técnico – operacional, que establece procedimientos y técnicas para la operación de máquinas que permiten el mecanizado por arranque de viruta. En el caso de un manual de mecanizado CNC, establece el adecuado procedimiento para la operación de máquinas que poseen un Control Numérico por Computadora, de modo que el operador mantenga condiciones seguras de trabajo para sí mismo, además para precautelar la preservación de la máquina tanto en aspectos funcionales como físicos.

De esta manera, un manual de mecanizado se genera a partir de la necesidad del conocimiento de un método adecuado para la operación de una máquina; cabe destacar que un manual puede establecerse de acuerdo a las necesidades de explicación, es decir, puede generarse un manual que contenga una explicación para un tipo de máquina u operación específica, así mismo, se puede generar un manual que establezca las condiciones generales de una familia de máquinas de modo que se pueda aplicar para operaciones que se efectúen siempre y cuando sean de similar constitución.

2.2. Mecanizado por arranque de viruta

Es un proceso de manufactura que permite la transformación de un metal (material en bruto) a un producto terminado mediante la utilización un mecanismo de giro y una herramienta de corte que permiten el desprendimiento en forma de viruta del material excedente. La cantidad de material desprendido va desde un pequeño porcentaje hasta un 70 – 90 % de la pieza original (pieza de trabajo). Comparando este tipo de fabricación con otros métodos para conseguir la geometría final se generan ventajas y desventajas según los casos. Entre las ventajas de este tipo de procesos de mecanizado, que son las razones por las que su uso está tan extendido, están:

- Se consigue una alta precisión dimensional en sus operaciones.
- Pueden realizar una amplia variedad de formas.
- No cambia la microestructura del material por lo que conserva sus propiedades mecánicas.

- Se consigue texturas superficiales convenientes para los distintos diseños.
- Son procesos fáciles de automatizar siendo muy flexibles.
- Requiere poco tiempo de preparación.
- Poca variedad de herramientas.

Por otra parte, las desventajas respecto a los otros procesos de fabricación, sobre todo respecto a los de conformado por deformación plástica y los de fundición son:

- Genera material de desecho en muchos casos no reciclable.
- Requieren una mayor energía de proceso.
- Los tiempos de producción son elevados.
- El tamaño de las piezas está limitado al permitido por la máquina herramienta.
- Suelen ser poco económicos cuando el tamaño de lote es muy elevado. (Estrems, 2007, p.10-12).

2.3. Control Numérico Computarizado (CNC)

El término CNC se refiere al control numérico de máquinas, para la industria generalmente de máquinas herramientas. Este tipo de control se ejecuta a través de una computadora y una máquina herramienta diseñada con sistemas que permiten obedecer las instrucciones de un programa proporcionado bajo un lenguaje de programación, el control se despliega de acuerdo a los siguientes niveles:

- Dibujo del producto
- Programación
- Interfase
- Máquinas herramientas CNC (MHCNC)

La Interfase entre el programador y la MHCNC se realiza a través de programas con un lenguaje determinado, en los cuales se proporciona la información de las acciones que deben realizar las máquinas a través de una computadora.

Entre las ventajas de la implementación de las MHCNC se destacan las siguientes:

- Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- Es posible satisfacer pedidos urgentes.

- Se reduce la fatiga del operador.
- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.
- Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.

Sin embargo, entre las desventajas se pueden citar las siguientes:

- Alto costo de la maquinaria.
- Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.
- Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para un eficiente funcionamiento.
- Los costos de mantenimiento aumentan, ya que el sistema de control es más complicado y surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación.
- Es necesario mantener un gran volumen de producción a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada. (Castillo, 2018, p.10-12).

2.4. Torno CNC

El Torno CNC es una máquina herramienta para mecanizado operada mediante el control numérico de un ordenador, el cual está incorporado dentro de él. Esto se explica mejor a través del significado de sus siglas CNC (control numérico computarizado) y este control numérico se basa en un sistema de lenguaje que se comunica a través de la emisión de "códigos G", que no es más que un sistema de comunicación Alfanumérico en este tipo de máquinas sofisticadas.

Los tornos CNC son muy versátiles ya que realizan funciones de taladrado y giros. Estos últimos, revolucionaron el mercado porque han facilitado la realización de cortes horizontales, verticales, curvos, los cuales anteriormente tomaban muchas horas de realización para los torneros. (DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2011).

2.5. Centro de Mecanizado

Un centro de mecanizado es una máquina altamente automatizada capaz de realizar múltiples operaciones de maquinado en una instalación bajo CNC con la mínima intervención humana. Las operaciones típicas son aquellas que usan herramientas de cortes rotatorias como cortadoras y brocas.

Existen centros de mecanizado de una gran variedad de tamaños, tipos, funciones y grados de automatización. Sus costos están comprendidos en el rango de 50.000 hasta 1.000.000 de dólares o más. Sus potencias nominales llegan a 75kW y las velocidades de husillo de las máquinas más

usadas tienen límites de 4000-8000 RPM. Algunas mesas inclinables son capaces de soportar piezas de más de 7000 Kg de peso.

En los ejes de los carros longitudinal, transversal y vertical hay montados motores de avance, que transforman el movimiento de giro del motor en movimiento longitudinal del carro por medio de husillo y tuerca. Con el fin de desplazar la herramienta (carro vertical) o la pieza (carros longitudinal y transversal), el control emite las señales eléctricas correspondientes.

Estas señales que son de control son de muy baja potencia por lo que previamente son amplificadas en un amplificador del accionamiento y se transmiten al motor de avance correspondiente, el cual entonces mueve el eje y con ello el carro. La velocidad y la dirección del movimiento la debe conocer el control. La forma en que el control sabe cuánto se ha desplazado la herramienta, lo hace a través de sistemas de medición del recorrido que se encuentran en todos los carros de los ejes. Estos sistemas transmiten señales eléctricas al control durante el movimiento de desplazamiento, a partir de las cuales el control calcula el camino recorrido y lo que falta por recorrer (Torres, 2016, p.11-12).

2.6. EIA/ISO (Código G)

El lenguaje EIA/ISO o también conocido como código G, es un lenguaje utilizado en la programación y descripción de operaciones en el control numérico computarizado. La mayoría de los códigos G contienen variables (direcciones), definidas por el programador para cada función específica.

- N Número de Bloque (Inicio de bloque)
- G Función preparatoria
- X Coordenada X
- Y Coordenada Y
- Z Coordenada Z
- I Localización en X del centro de un arco
- J Localización en Y del centro de un arco
- K Localización en Z del centro de un arco
- S Velocidad del husillo
- F Asigna Velocidad de corte
- M Función Miscelánea (Torres y López, 2016, p.47)

Para realizar una programación en código EIA/ISO, se debe proseguir el siguiente esquema básico que para su correcto desempeño en la máquina (Jiménez, 2015, p.16-19):

2.6.1. *Inicio*

Contiene todas las instrucciones que preparan a la máquina para su operación:

%	Inicio
: 1001	Número de programa
0-9999 N5 G90 G20	Unidades absolutas, programación en pulgadas
N10 T0202	Paro para cambio de herramienta
N15 M03 S1200	Prender husillo a 1200 rpm

2.6.2. *Remoción de material*

Contiene las velocidades y movimientos de corte, circulares, lineales, movimientos rápidos, ciclos de corte, etc.

N20 G00 X1 Y1	Movimiento rápido a (X1, Y1)
N25 Z0.125	Movimiento rápido a Z0.125
N30 G01 Z-0.125 F 5	Avance a Z-0.125 a 5 rpm
N35 G00 Z1	Movimiento rápido a Z1
N40 X0 Y0	Movimiento rápido a X0, Y0

2.6.3. *Apagar el sistema*

Contiene todos los códigos G y M que desactivan todas las opciones que fueron activadas en la fase de inicio. Funciones como el refrigerante y la velocidad del husillo deberán ser desactivadas antes de desmontar la pieza de la máquina.

N45 M05	Apagar el husillo
N50 M30	Fin del programa

2.6.4. *Restricciones en los bloques*

- Deben contener únicamente un solo movimiento de herramienta.
- Debe contener únicamente una velocidad de corte.
- Debe contener únicamente una herramienta o velocidad del husillo.
- El número del bloque debe ser secuencial.

2.6.5. *Códigos G y M más utilizados*

G00	Movimiento lineal rápido de los ejes (posicionamiento).
G01	Interpolación lineal controlado por un avance.

G02	Interpolación circular en sentido horario.
G03	Interpolación circular en sentido antihorario.
G04	Tiempo de espera en segundos.
G32	Avance de corte para ciclo de roscado con paso constante.
G34	Avance de corte para ciclo de roscado con paso variable.
G40	Cancela a G41 y G42.
G41	Compensador de diámetro de la herramienta corte izquierdo.
G42	Compensador de diámetro de la herramienta corte derecho.
M0	Paro de programa.
M1	Paro opcional del programa.
M2	Fin del programa (en EIA/ISO).
M3	Giro del husillo al derecho.
M4	Giro del husillo en reversa.
M5	Paro del husillo.
M6	Abrir las mordazas.
M7	Cerrar las mordazas.
M8	Activar refrigerante.
M9	Desactivar refrigerante.
M30	Regreso al inicio del programa (en EIA/ISO).
M31	Activar contrapunto (hacia delante).
M32	Desactivar contrapunto (hacia atrás).

2.7. Diseño asistido por computadora (CAD)

El Diseño Asistido por Computadora, o por sus siglas en inglés CAD (Computer Aided Design) es considerado como un proceso que ayuda al desarrollo y diseño de productos, incrementa la precisión en la producción y brinda un soporte para alcanzar un nivel de productividad competitivo a nivel industrial, todo esto mediante el uso de computadoras con soporte de softwares propios para diseño.

Cuando la pieza o parte a mecanizar consta de una geometría compleja, o la misma se encuentra diseñada bajo especificaciones de un contratista externo el cual proporciona los respectivos planos de fabricación, en la PMP de SERTECPET S.A., se procede a implementar el software BobCAD-CAM para obtener el programa de mecanizado en lenguaje EIA/ISO (código G), que debe ser importado hacia la máquina CNC desde una computadora en el departamento de diseño.

2.8. BobCAD-CAM

Software completo de diseño y manufactura para máquinas CNC (fresadoras, tornos, y electro erosionado), empleado para generar códigos y mecanizar geometrías CAD.

La interface de BobCAD-CAM tiene secuencia en la forma en que aparecen las funciones en el menú para proyectos de torneado y fresado. Así es como se puede llenar los campos de sus wizards, y ejecutar el cálculo de rutas de maquinado. Esto no establece una regla, ya que, si el operario tiene conocimiento de manejo de CAM, puede ser indistinto el orden o secuencia que se siga (Cervantes, 2016).

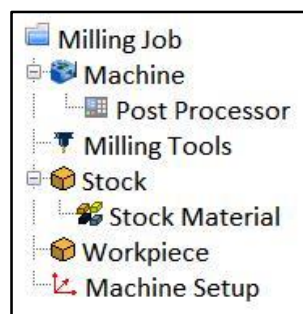


Figura 1-2. Estructura del software BobCAD-CAM

Fuente: (Cervantes, 2016)

2.9. MAZATROL

El control numérico MAZATROL de MAZAK Corporation basado en interfaz de computadora, incorpora una arquitectura nueva que genera una gran mejora de atributos para el usuario de las máquinas CNC de la marca MAZAK. Utiliza un hardware avanzado en adición con el desarrollo de un software automático para proporcionar altos niveles de productividad en la industria manufacturera.

El software MAZATROL 640r es la versión anterior al software MAZATROL MATRIX y se desarrollan en entorno a la plataforma Windows, además, incorporan una interfaz que facilita el trabajo del operario y permite aumentar la productividad de la máquina hasta en un 40%. Entre las características principales de MAZATROL se incluye su avanzada capacidad de programación conversacional al nivel de taller (INTEREMPRESAS Net, 2006).

Los parámetros de control de acuerdo a (MAZAK Corporation, 2013) para la interfaz conversacional se clasifican en los siguientes tipos:

2.9.1. Datos de la unidad

Constan del tipo de mecanizado a realizarse, así como de las secciones a mecanizar, velocidades de desbaste y acabado, profundidad y avance de corte, número de herramienta.

2.9.2. Datos de secuencia herramienta.

Consisten en datos relacionados con el funcionamiento de las herramientas. Estos datos existen para las operaciones de torneado y fresado.

2.9.3. Datos de secuencia de forma

Consisten principalmente de los datos que son utilizados para definir los patrones del mecanizado a realizarse.

2.9.4. Datos TPC (datos de control de ruta de herramienta)

Los datos TPC son los datos auxiliares que se establecen en la pantalla TPC. Los datos consisten en datos de ajuste de la ruta de la herramienta / cambio de herramienta, códigos M, números de corrección de herramienta, etc. Se generan automáticamente de acuerdo con el conjunto de datos en la pantalla de programa y varios parámetros. Los datos de TPC están destinados a eliminar rutas innecesarias al cambiar las trayectorias de herramientas generadas de esta manera unidad por unidad.

Para la interacción conversacional entre operador y máquina CNC, la marca MAZAK proporciona una pantalla para visualización de datos con excelente resolución, además un teclado QWERTY que facilita la entrada de datos, de modo que la interacción se convierte en una experiencia sencilla y de fácil aprendizaje.

A	UNO.	MAT.	OD-MAX	ID-MIN	LENGTH	WORK FACE	ATC MODE	RPM	LTUR DIA								
	0	FC	70.	0.	97.	2	0	3000									
A	UNO.	UNIT	MODE	POS-B	POS-C	DIA	DEPTH	CHMF									
	1	DRILLING	ZC	◆	◆	10.	20.	0.									
B	SNO.	TOOL	NOM-φ	No.	#	HOLE-φ	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-DEP	RGH	DEPTH	C-SP	FR	M	M	M	
	1	CTR-DR	12.	A		10.	◆	◆	◆	90.	SPOT	25	0.1				
	2	DRILL	10.			10.	20.	0.	100	DRIL T	5.	63	0.1				
C	FIG	PTN	SPT-R/x	SPT-C/y	SPT-Z	SPT-Y	NUM.	ANGLE	Q	R							
	1	PT	0.	0.	0.	0.	◆	◆	◆	0							
A	UNO.	UNIT	MODE	POS-B	POS-C	SRV-A	SLOT-WID	BTM	WAL	FIN-A	FIN-R	PAT.					
	2	SLOT	ZY	◆	90.	10.	20.	4	4	0.	0.	0					
B	SNO.	TOOL	NOM-φ	No.	#	APRCH-1	APRCH-2	TYPE	AFD	DEP-A	DEP-R	C-SP	FR	M	M	M	
	F1	END MILL	20.	A		?	?	CW	G01	◆	◆	120	0.13				
C	FIG	PTN	SPT-R	Z	Y	R/th	I	J	P	CNR	RGH						
	1	LINE	25.	20.	20.												
	2	LINE	◆	20.	-20.												

Figura 2-2. Ejemplo de visualización de un programa en MAZATROL

Fuente: (MAZAK Corporation, 2013)



Figura 3-2. Teclas de configuración de datos
Fuente: (MAZAK Corporation, 2014)

Tabla 1-2: Función de las teclas de configuración de datos

No.	Designación
1	Teclas de menú
2	Teclas direccionales (teclas de cursor)
3	Teclas de cambio de página
4	Teclas de datos alfanuméricos
5	Tecla SHIFT
6	Tecla CLEAR
7	Tecla INPUT (tecla de retroceso, tecla EOB)
8	Tecla de cancelación de datos (tecla borrar, tecla cancelar)
9	Tecla de navegación izquierda
10	Tecla de Navegación derecha

Fuente: MAZAK Corporation
Realizado por: Omar Cuvi, 2018

2.10. Torno SLANT TURN 800 N

El SLANT TURN 800 N es un torno CNC con buenas características de potencia, resistencia, de alto par y gran calibre para aplicaciones de torneado de piezas grandes, como tuberías / tuberías de campo petrolífero, válvulas de control de tuberías, componentes de turbinas y partes de motores de aviones.



Figura 4-2. Torno SLANT TURN 800 N

Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

El ST-800 tiene capacidad de mecanizado eficiente de piezas largas y de gran diámetro. El diámetro interior del husillo estándar de alto par maneja tuberías de gran diámetro y otros componentes que requieren el montaje frontal y posterior (Mazak Corporation, 2018).

2.11. Torno QUICK TURN NEXUS 400 – II

El QUICK TURN NEXUS 400-II CNC es un torno CNC que reúne tecnología avanzada, alta productividad y ofrece un desempeño excepcional para talleres grandes y pequeños. Dispone de tres tamaños con capacidad de corte en aplicaciones de mandrinado de tamaño mediano. Además, el torno se encuentra equipado con el control CNC MATRIX NEXUS, presentando tanto la programación conversacional MAZATROL como la programación EIA-ISO estándar (Mazak Corporation, 2018).



Figura 5-2. Torno QUICK TURN NEXUS 400 – II
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

2.12. Torno SUPER QUICK TURN 300 MY

El SUPER QUICK TURN NEXUS 300 MY es un torno CNC que cuenta con capacidad multitarea, además, reúne tecnología avanzada y alta productividad para ofrecer un óptimo desempeño en las operaciones de mecanizado.

Como configuración (MY), la máquina presenta una capacidad fresadora y funcionalidad del eje Y junto con un mandril de orificio de paso y un motor de husillos de torneado integral para procesar un amplio rango de partes de diámetro medio o grande en un solo montaje. Para operaciones completamente automatizadas, la máquina puede equiparse con un alimentador de barra o un cargador de robot de puente.

Además, la máquina se encuentra equipada con el control CNC 640–T NEXUS, presentando tanto la programación conversacional MAZATROL como la programación EIA-ISO, estándar. (Mazak Corporation, 2018).



Figura 6-2. Torno SUPER QUICK TURN 300 MY
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

2.13. Torno QUICK TURN 350

El QUICK TURN 350 CNC es un torno que reúne tecnología avanzada y alta productividad para ofrecer un óptimo desempeño en las operaciones de mecanizado tanto en talleres grandes como pequeños. Cuenta con tres longitudes de mesa diferentes, además, posee 2 ejes que procesan de manera eficiente varios tipos de piezas desde tamaño mediano a grande.

Además, la máquina se encuentra equipada con el control CNC 640-T NEXUS, presentando tanto la programación conversacional MAZATROL como la programación EIA-ISO, estándar. (Mazak Corporation, 2018).



Figura 7-2. Torno QUICK TURN 350
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

2.14. Centro de mecanizado VERTICAL CENTER NEXUS 510C/50 – II

El NEXUS 510C es un centro de mecanizado con un diseño de mesa móvil con eje Z en la columna. Existen versiones de 40 y 50 con conos en el magazine, así como en un modelo de cono 40 HS (alta velocidad). Este diseño proporciona la máxima productividad al aumentar la velocidad general de la máquina.

Las guías lineales de precisión se utilizan en todos los ejes para obtener la máxima precisión y rigidez. Se logran velocidades de desplazamiento rápido de 1417 pulgadas por minuto y precisión de posicionamiento de $\pm .0002$ "como resultado de estas características.

El NEXUS 510C dispone de un potente motor de giro AC de 25HP y 12,000 RPM. Este diseño de husillo con accionamiento directo aumenta el par en el rango bajo y mejora el rendimiento en el rango alto. El motor digital AC y el sistema de accionamiento que posee requieren poco mantenimiento, mejorando la productividad general de la máquina. (ABL Technology, 2011)



Figura 8-2. Centro de mecanizado VERTICAL CENTER NEXUS 510C/50 – II
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

2.15. Centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800 – II

El centro de mecanizado horizontal HCN-6800 dispone de tecnología avanzada con alta capacidad de productividad para lograr el máximo rendimiento cuando se trabaja con prácticamente cualquier tipo de material. La máquina presenta una amplia superficie de trabajo y dos pallets (mesas principales), así como una velocidad de avance rápida y husillos rígidos altamente fiables.

Dispone de tres tipos de husillos de motores integrales, estándar, alta velocidad y alto par, el HCN-6800 permite adaptar el rendimiento del husillo a requisitos específicos de mecanizado con las velocidades y potencia adecuadas, además la máquina proporciona un mecanizado rápido, eficiente y versátil de una amplia variedad de materiales, desde aceros hasta metales no ferrosos (Mazak Corporation, 2018).



Figura 9-2. Centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800 – II
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

2.16. Marco conceptual

Cliente externo: Persona u organización que podría recibir o que recibe un producto o un servicio destinado a esa persona u organización o requerido por ella que no es parte de la organización (ISO, 2015, p.17).

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan entradas para proporcionar un resultado previsto (ISO, 2015, p.19).

Procedimiento: Forma especificada de llevar a cabo una actividad o un proceso (ISO, 2015, p.20).

Contratar externamente: Establecer un acuerdo mediante el cual una organización externa realiza parte de una función o proceso de una organización (ISO, 2015, p.20).

Calidad: Grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos (ISO, 2015, p.22).

Requisito: Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria (ISO, 2015, p.23).

No conformidad: Incumplimiento de un requisito (ISO, 2015, p.23).

Reproceso: Acción tomada sobre un producto o servicio no conforme para hacerlo conforme con los requisitos (ISO, 2015, p.32).

Trazabilidad: Capacidad para seguir el histórico, la aplicación o la localización de un objeto (ISO, 2015, p.24).

Confiabledad: Capacidad para desempeñar cómo y cuándo se requiera (ISO, 2015, p.24).

Producto: Salida de una organización que puede producirse sin que se lleve a cabo ninguna transacción entre la organización y el cliente (ISO, 2015, p.25).

Servicio: Salida de una organización con al menos una actividad, necesariamente llevada a cabo entre la organización y el cliente (ISO, 2015, p.25).

Eficiencia: Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados (ISO, 2015, p.26).

Eficacia: Grado en el que se realizan las actividades planificadas y se logran los resultados planificados (ISO, 2015, p.26).

Verificación: Confirmación, mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados (ISO, 2015, p.28).

Proceso de medición: Conjunto de operaciones que permiten determinar el valor de una magnitud (ISO, 2015, p.30).

Equipo de medición: Instrumento de medición, software, patrón de medición, material de referencia o equipos auxiliares o combinación de ellos necesarios para llevar a cabo un proceso de medición (ISO, 2015, p.31).

Inspección: Determinación de la conformidad con los requisitos especificados (ISO, 2015, p.31).

Auditoría: Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias objetivas y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría (ISO, 2015, p.32).

Sistema de Gestión Integrado (SGI): Conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos (ISO, 2015, p.41).

Mecanizado por arranque de viruta: Proceso que consiste en separar material de una pieza de trabajo mediante una herramienta de corte, de manera que se logre una forma o diseño específico.

Torneado: Operación de mecanizado por arranque de viruta que consiste en girar una pieza de trabajo para generar formas cilíndricas mediante el uso de una herramienta de corte de desplazamiento lineal, en una máquina denominada torno.

Fresado: Operación de mecanizado por arranque de viruta que consiste en girar una herramienta de corte de varios filos denominada fresa, la cual permite generar superficies de mecanizado de diversas formas y sobre casi todo tipo de material.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL MANUAL DE MECANIZADO

3.1. Metodología

El desarrollo del manual de mecanizado se inicia estableciendo un enfoque cualitativo para determinar las condiciones actuales de los procedimientos que los operadores adoptan durante las operaciones de mecanizado en las máquinas CNC de la PMP.

Para valorar la eficiencia de cada operador se aplica un enfoque cuantitativo, en el que se determina la cantidad de lotes de partes y piezas mecanizadas mensualmente por los operadores, así como, la cantidad de reprocesos y/o producto no conforme encontrados.

Mediante un análisis y tratamiento de datos por parte del departamento de Control de Calidad se encuentra el índice de estos fallos para ser reportados al Jefe de PMP, quien posteriormente refleja a Gerencia.

La modalidad de investigación aplicada para el proyecto se detalla a continuación:

3.1.1. *Investigación descriptiva*

A través de la observación de las actividades de mecanizado al interior de la PMP, se determinan los factores cualitativos empleados en la operación de las máquinas CNC, así mismo, se establece la situación actual de cada una de las técnicas que han sido desarrolladas por parte de los operadores con el transcurso de los años y la experiencia adquirida, posteriormente estas novedades con comunicadas al Jefe y Supervisor de PMP, y al departamento de Control de Calidad para su registro.

3.1.2. *Investigación bibliográfica*

Aplicando la revisión bibliográfica de varios autores y fuentes relacionadas con el tema, se inicia el estudio aplicando la información obtenida de los operadores, supervisión y jefatura en las operaciones de mecanizado efectuadas en las máquinas CNC, para ello se establecen etapas de observación, entrevista, interpretación y análisis de la información obtenida.

3.1.3. *Investigación explicativa*

Finalmente, mediante el desarrollo del manual de mecanizado se conseguirá explicar a detalle a los operadores, el correcto y adecuado procedimiento, así como las normas de seguridad que deben cumplirse en la operación de los tornos CNC y centros de mecanizado, para las operaciones de torneado y fresado, además, las ventajas que genera su aplicación y el objetivo que se pretende alcanzar con el mismo.

3.2. *Técnicas*

Las técnicas que se utilizarán serán la observación, la entrevista, charlas de retroalimentación y finalmente la conferencia.

3.2.1. *Observación*

Esta técnica se utiliza en la recopilación de la información durante la operación de las máquinas CNC en los procesos de mecanizado, observando y registrando por escrito cada actividad que los operadores efectúan durante el mecanizado de los lotes de producción, esta actividad se lleva a cabo para los procesos de torneado y fresado de manera individual.

3.2.2. *Entrevista*

Se aplica una entrevista de carácter no formal para recabar la información que cada uno de los operadores puedan aportar para el desarrollo del manual de mecanizado, de esta manera y mediante comparación se puede establecer el procedimiento correcto y más adecuado para la operación de las máquinas CNC.

Las entrevistas se realizan registrando por escrito la información que los operadores y supervisor aportan, adicionalmente, dicha información se registra mediante grabaciones de voz para respaldo.

3.2.3. *Charlas de retroalimentación*

Para determinar el estado y la claridad del avance del proyecto de titulación en cada etapa del desarrollo, se efectúan charlas programadas de retroalimentación en conjunto con el Jefe y Supervisor de PMP, personal del departamento de Control de Calidad y operadores, de manera que se da a conocer el avance del proyecto, además, se plantean las correcciones pertinentes de ser el caso.

Se planifican tres charlas de retroalimentación, la primera cuando el documento se encuentre al 50% de avance (procedimiento para mecanizado en operación de torneado), la segunda al

culminar el 100% del mismo (procedimiento para mecanizado en operación de fresado) y la tercera una vez el manual de mecanizado haya sido revisado y aprobado por el Jefe y Supervisor de PMP para la socialización a los líderes de mecanizado (torneros y fresadores).

3.2.4. Conferencia

Al finalizar el proyecto de titulación se programa una conferencia dictada con formato para minuta de reunión, presidida por el encargado de ejecución del proyecto, para la socialización y aprobación del manual de mecanizado por parte del Jefe y Supervisor de PMP, adicionalmente se invita al Supervisor del departamento de Control de Calidad, y dos operadores (tornero y fresador) para constancia de cumplimiento y comunicación del inicio de la implementación a nivel de Planta.

3.3. Plan de recolección de datos

La recolección de datos se realizará a través de las técnicas establecidas anteriormente en el desarrollo de las operaciones de mecanizado, para documentar toda la información recolectada en el Manual de Mecanizado.

3.4. Indicadores

Mediante la implementación del manual de mecanizado se establecerán cambios en la operación de los tornos y centros de mecanizado, estos cambios se pueden identificar mediante indicadores que permitirán evaluar el desempeño en distintos niveles:

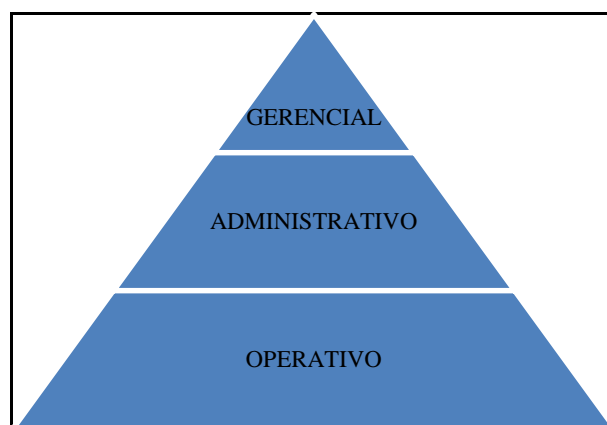


Figura. 1-3. Niveles de organización en Planta de Producción y Mecanizado

Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

3.4.1. Indicador de gestión

Permite al área administrativa de la PMP justificar los procedimientos efectuados para las actividades de producción (mecanizado) de partes y piezas de herramientas de fondo; esto

mediante el manual de mecanizado que se constituye como un documento de soporte legal para auditorías, internas y externas del proceso de mecanizado.

3.4.2. *Indicador de desempeño*

Permite evidenciar el desempeño que alcancen los operadores al efectuar la operación de tornos CNC y centros de mecanizado, mediante la constante inspección y registro de actividades por parte del Supervisor de PMP, basándose en el procedimiento establecido para alcanzar la estandarización en la operación de máquinas y en la manipulación y tratamiento de las piezas de trabajo.

3.4.3. *Indicador de calidad*

Permite establecer el grado de calidad que alcancen las partes y piezas mecanizadas mediante el cumplimiento de los procedimientos y consideraciones establecidas en el manual de mecanizado. El departamento de Control de Calidad se encarga de registrar estos datos mediante un formato de “Registro Pauta de Inspección” código EC.GC.PP.RE.301, posterior a ello se emiten informes en los que se plasma dicha información.

3.5. Verificadores

3.5.1. *Índice de cumplimiento*

Permite controlar el nivel del cumplimiento durante el desarrollo del manual de mecanizado de acuerdo a un cronograma establecido.

3.5.2. *Índice de eficiencia*

Permite controlar el nivel de eficiencia y eficacia que los operadores alcanzan con la estandarización de los procedimientos en la operación de los tornos CNC y centros de mecanizado para la producción (mecanizado) de partes y piezas de herramientas de fondo.

3.5.3. *Índice de defectos*

Permite determinar la cantidad de productos terminados que son destinados a reproceso y/o producto no conforme, antes y después de la implementación del manual de mecanizado en la PMP.

3.6. Impacto ambiental

3.6.1. Análisis de impacto ambiental

El proyecto enfoca adicionalmente el análisis de impacto ambiental en cada una de las etapas de operación de las máquinas CNC durante el proceso de mecanizado, esto con fin de garantizar la reducción de la huella ambiental generada, el análisis se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1-3: Análisis de impacto ambiental

Proceso	Actividades	Aspecto	Efecto	Impacto	Elemento ambiental en riesgo
Mecanizado de partes y piezas de herramientas de fondo	Transporte de materia prima	Uso de montacargas	Emisión de gases	Contaminación atmosférica	Aire
	Limpieza de máquinas, herramientas y accesorios	Residuos sólidos (wipe contaminado, estopas, etc.)	Generación de contaminantes sólidos	Contaminación del suelo	Suelo
		Uso de aire comprimido	Consumo de energía	Agotamiento de recursos hidroeléctricos	Agua
	Operación de maquinaria con aceites, refrigerantes de corte	Operación de maquinaria	Consumo de energía	Agotamiento de recursos hidroeléctricos	Agua
		Operación de maquinaria	Ruido	Contaminación acústica	Aire / Trabajador
		Salpicadura de aceites sintéticos y refrigerantes de corte	Generación de derrames	Contaminación del suelo	Suelo
		Residuos de viruta metálica	Generación de residuos peligrosos sólidos	Contaminación del suelo	Suelo
	Limpieza de la Planta	Residuos de contaminantes (aceite, refrigerante, grasa, etc.) en agua	Generación de contaminantes peligrosos en agua	Contaminación del agua	Agua

Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Realizado por: Omar Cuvi, 2018

3.6.2. Plan de remediación

Para mitigar los aspectos ambientales generados por las actividades de la PMP existen planes de remediación, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2-3: Plan de remediación

Proceso	Actividades	Aspecto	Impacto	Plan de manejo ambiental	Medidas preventivas y correctivas
Mecanizado de partes y piezas de herramientas de fondo	Transporte de materia prima	Uso de montacargas	Contaminación atmosférica	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Programa de mantenimiento periódico
	Limpieza de máquinas, herramientas y accesorios	Residuos sólidos (wipe contaminado, estopas, etc.)	Contaminación del suelo	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Clasificación de residuos peligrosos, y subcontratación de empresas de manejo de residuos
		Uso de aire comprimido	Agotamiento de recursos hidroeléctricos	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Minimización del tiempo de uso
	Operación de maquinaria con aceites, refrigerantes de corte	Operación de maquinaria	Agotamiento de recursos hidroeléctricos	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Agua
		Operación de maquinaria	Contaminación acústica	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Programas de mantenimiento periódico / Dotación de EPP a trabajadores

Tabla 3-3 (Continuación): Plan de remediación

		Salpicadura de aceites sintéticos y refrigerantes de corte	Contaminación del suelo	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Procedimiento de ejecución en casos de derrame de contaminantes peligrosos
		Residuos de viruta metálica	Contaminación del suelo	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Acopio de residuos metálicos en contenedores especiales / Contratación de empresas para manejo de residuos metálicos
	Limpieza de la Planta	Residuos de contaminantes (aceite, refrigerante, grasa, etc.) en agua	Contaminación del agua	Matriz de impactos ambientales proporcionado por el departamento de SSA código EC.GA.RD.XA.02	Implementación de un sistema de piscinas separadoras de agua contaminadas y agua lluvia

Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Realizado por: Omar Cuvi, 2018

3.7. Estructuración del manual de mecanizado

Una vez determinados los parámetros que van a ser empleados en desarrollo del manual de mecanizado se plantea la estructura, secciones y apartados de los cuáles se va a componer el mismo.

Se detalla a continuación el esquema implementado en el desarrollo del manual de mecanizado, detallándose los aspectos importantes del mismo:

- PORTADA
- MISIÓN, VISIÓN Y VALORES
- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVO
- ALCANCE
- RESPONSABLES
- NORMAS APLICABLES

- DEFINICIONES
- CONCEPTOS IMPORTANTES
- NORMAS DE SEGURIDAD
 - Equipos de protección personal (EPP)
 - Medidas de prevención generales
 - Medidas de seguridad referentes a las máquinas
 - Condiciones del entorno para el funcionamiento de las máquinas
 - Medidas de seguridad para la operación de las máquinas
- DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS CNC EN PLANTA
- PROCEDIMIENTO PARA MECANIZADO EN OPERACIÓN DE TORNOS CNC (TORNEADO)
- PROCEDIMIENTO PARA MECANIZADO EN OPERACIÓN DE CENTROS DE MECANIZADO (FRESADO)
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
- REFERENCIAS
- ANEXOS

Para visualización del manual de mecanizado referirse al ANEXO A.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL DE MECANIZADO

Para la implementación del manual de mecanizado se plantea un programa que se enfoca en cuatro ejes principales:

- Charlas de retroalimentación
- Minutas de reunión
- Socialización del manual de mecanizado
- Verificación de cumplimiento

4.1. Charlas de retroalimentación

La implementación del manual de mecanizado inicia con las charlas de retroalimentación planificada, para la socialización del avance y correcciones programadas.

4.1.1. Primera charla de retroalimentación

En la primera charla de retroalimentación se presenta la primera parte del manual de mecanizado que comprende desde la portada, hasta el procedimiento para mecanizado en la operación de los tornos CNC (torneado), la misma se da a conocer en la sala de reuniones denominada “Show Room” de la PMP, a la que asisten el Jefe de PMP, personal de los departamentos de Control de Calidad, Diseño y los técnicos que efectúan la operación de los tornos CNC (torneros), para revisión de los procedimientos que deben adoptarse durante el mecanizado en operaciones de torneado. Esta actividad es registrada mediante formato para reunión, ver ANEXO B.



Figura 1-4. Primera charla de retroalimentación
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

4.1.2. Segunda charla de retroalimentación

En la segunda charla de retroalimentación se presenta el procedimiento para mecanizado en operación de los centros de mecanizado (fresado), adicionalmente se plantea las normas de seguridad que los operadores deben cumplir en la operación de las máquinas CNC para salvaguardar su integridad física y de los equipos y máquinas utilizados. La reunión se programa en la sala de reuniones denominado “Show Room” de la PMP a la que asisten el Supervisor de PMP, el Supervisor de Control de Calidad, personal del departamento de Diseño y los operadores que efectúan la operación de los centros de mecanizado (fresadores), para revisión de los procedimientos que deben adoptarse para las actividades de mecanizado en operaciones de fresado, además de las conclusiones y recomendaciones planteadas de la investigación. Esta actividad es registrada mediante formato para reunión, ver ANEXO C.



Figura 2-4. Segunda charla de retroalimentación
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

4.1.3. Tercera charla de retroalimentación

En la tercera charla de retroalimentación se presenta el manual de mecanizado completo para la revisión general de la estructura y cada una de las definiciones, conceptos, procedimientos, métodos y técnicas numeral por numeral, de esta manera se plantean posibles correcciones finales y la aprobación, para la impresión del manual de mecanizado y socialización correspondiente. La reunión se programa al igual que las anteriores en la sala de reuniones denominado “Show Room” de la PMP a la que asisten el Jefe de PMP, Supervisor de PMP, el Supervisor de Control de Calidad, personal del departamento de Diseño y los líderes de mecanizado (torneros y fresadores) para conocimiento y constancia del acto. Durante la reunión se designa a los líderes de mecanizado como encargados de transmitir la socialización a los técnicos (operadores). Esta actividad es registrada mediante formato para reunión, ver ANEXO D.



Figura 3-4. Tercera charla de retroalimentación
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

4.2. Minutas de reunión

Se plantea como recurso escrito formal para las reuniones de socialización el formato para “registro de minuta de reunión”, mismas que son programadas para generar una descripción de la estructura de las reuniones, se inicia invitando a los asistentes mediante convocatoria por medios electrónicos (correo electrónico), y se prosigue con los planteamientos y las acciones de las que se encargarán cada uno de los asistentes, finalizando con el detalle de las conclusiones alcanzadas.

4.2.1. Minuta de reunión para la primera socialización

Para la revisión general del manual de mecanizado y la socialización de las operaciones de mecanizado (torneado) mediante la operación de tornos CNC, se realiza una convocatoria a los líderes de mecanizado (torneros) y personal del departamento de Control de Calidad, de forma que se establecen las correcciones realizadas al documento posterior a la primera charla de retroalimentación. La reunión se programa en la sala de reuniones denominado “Show Room” de la PMP a la que asisten el Supervisor de Control de Calidad, personal de los departamentos de Diseño y Control de Calidad y técnicos (operadores). Esta actividad es registrada mediante formato para minuta de reunión, ver ANEXO E.



Figura 4-4. Revisión general del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

4.2.2. *Minuta de reunión para la segunda socialización*

En la segunda minuta de reunión, se presenta el manual de mecanizado completo para la constancia y revisión de las correcciones realizadas que fueron planteadas en la tercera charla de retroalimentación. Se procede a revisar nuevamente la estructura general del manual de mecanizado y cada una de las definiciones, conceptos, procedimientos, métodos y técnicas numeral por numeral, se aprueba la impresión del manual de mecanizado y socialización correspondiente. La reunión se programa en la sala de reuniones denominado “Show Room” de la PMP a la que asisten el Jefe de PMP, Supervisor de PMP, el Supervisor de Control de Calidad, personal del departamento de Diseño y los líderes de mecanizado (torneros y fresadores) para conocimiento y constancia del acto. Los líderes de planta se comprometen a transmitir la socialización a los técnicos (operadores). Esta actividad es registrada mediante formato para reunión, ver ANEXO F.



Figura 5-4. Entrega y aprobación del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

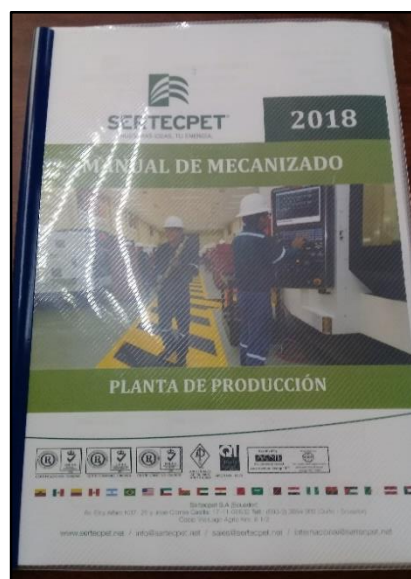


Figura 6-4. Manual de Mecanizado impreso y aprobado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

4.3. Socialización del manual de mecanizado

Posterior a la revisión, aprobación y firma por parte del Jefe y Supervisor de PMP, se procede a la socialización del manual de mecanizado a nivel de técnicos (operadores), mediante charlas establecidas en la instalación de PMP donde se encuentran las máquinas y equipos CNC. Las charlas de socialización son impartidas en el “Mitin” diario al inicio de las actividades, en el cual se designa un tiempo de 20 minutos por día, para la socialización y conocimiento de los procedimientos, métodos y técnicas establecidos en el manual de mecanizado para la operación de tornos CNC y centros de mecanizado, que se deben cumplir para la producción de partes y piezas de herramientas de fondo por parte de los operadores en las instalaciones de PMP de SERTECPET S.A.

Mediante las charlas de socialización impartidas, además, se captan dudas de los técnicos (operadores) y se aclara cualquier incógnita suscitada.



Figura 7-4. Primera charla de socialización del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 8-4. Segunda charla de socialización del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 9-4. Tercera charla de socialización del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 10-4. Cuarta charla de socialización del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

4.4. Verificación de cumplimiento

Para verificar que los operarios adopten los procedimientos, métodos y técnicas establecidas en el manual de mecanizado, de manera que se garantice el posterior alcance de la estandarización de los procesos de mecanizado en las operaciones de torneado y fresado, se planifica una vigilancia (auditoría) periódica del proceso de producción por parte del Supervisor de PMP.

Como constancia de la implementación del manual de mecanizado, se lleva a cabo el registro en varias etapas durante la operación de un torno CNC y un centro de mecanizado mediante la captura de fotografías en las que los operadores cumplen con los procedimientos, métodos y técnicas establecidas.

4.4.1. Operación del torno *QUICK TURN NEXUS 400-II* (torneado)

Para la operación del torno CNC el operador previamente debe haber leído y comprendido las normas de seguridad según el ANEXO A, apartado 8., y empezar la definición y actividades previas al mecanizado de acuerdo al apartado 10.1.



Figura 11-4. Verificación del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el montaje de las mordazas adecuadas al material a mecanizar, se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartados 10.2. y 10.3.



Figura 12-4. Cambio de mordazas
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el montaje de la pieza de trabajo a mecanizar, se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartado 10.4.



Figura 13-4. Montaje de la pieza de trabajo
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el cambio de herramientas de la torreta portaherramientas se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartados 10.5., 10.6., 10.7.



Figura 14-4. Cambio de herramientas de la torreta portaherramientas
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el registro y sensado de herramientas se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartados 10.8., 10.9.



Figura 15-4. Sensado de herramientas mediante TOOL EYE
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar la programación de la forma de la pieza de trabajo en MAZATROL se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartados 10.10., 10.11., 10.12., 10.13.



Figura 16-4. Programación de la pieza a mecanizar en MAZATROL
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Previo al mecanizado de la pieza de trabajo se asignan los parámetros necesarios de acuerdo al procedimiento establecido en el ANEXO A, apartado 10.14.



Figura 17-4. Registro de parámetros para mecanizar
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartado 10.15.

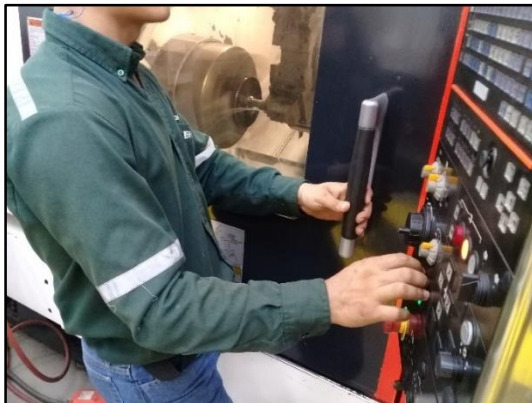


Figura 18-4. Mecanizado de la pieza de trabajo
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 19-4. Verificación de dimensiones
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 20-4. Control Calidad en máquina para aprobación del lote
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 21-4. Desmontaje de la pieza mecanizada (Brida NPT 2")
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

4.4.2. *Operación del centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800-II (fresado)*

Para la operación del centro de mecanizado el operador previamente debe haber leído y comprendido las normas de seguridad según el ANEXO A, apartado 8., y empezar la definición y actividades previas al mecanizado de acuerdo al apartado 11.1.



Figura 22-4. Verificación del Manual de Mecanizado
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el montaje del sistema de sujeción en la mesa principal del centro de mecanizado (pallet), se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartados 11.2. y 11.3.

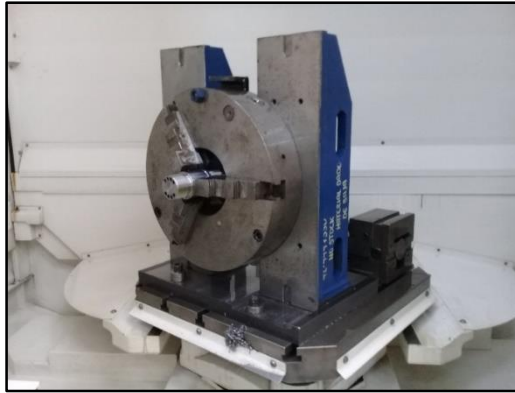


Figura 23-4. Montaje del sistema de sujeción
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el montaje de herramientas en el MAGAZINE, registro y sensado de herramientas se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartados 11.4., 11.5., 11.6., 11.7., 11.8.



Figura 24-4. Registro y sensado de herramientas
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el montaje de la pieza de trabajo a mecanizar, se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartado 11.9



Figura 25-4. Montaje de la pieza de trabajo
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar el sensado de coordenadas de la pieza de trabajo (cero de pieza), se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartado 11.10.



Figura 26-4. Sensado del cero de pieza mediante el sensor RENISHAW
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para realizar la programación de la forma de la pieza de trabajo en MAZATROL se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartados 11.11., 11.12., 11.13., 11.14.



Figura 27-4. Programación de la pieza a mecanizar en MAZATROL
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo se utiliza el procedimiento establecido en el ANEXO A, apartado 11.15.



Figura 28-4. Mecanizado de la pieza de trabajo
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 29-4. Verificación de dimensiones
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción



Figura 30-4. Desmontaje de la pieza mecanizada
Fuente: Planta de Mecanizado y Producción

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizaron entrevistas de carácter no formal a los técnicos de Planta de Mecanizado y Producción, mismas que fueron registradas a través de medios escritos y grabaciones de voz para obtener información y establecer los procedimientos utilizados actualmente por los técnicos (operadores) en la operación de tornos CNC y centros de mecanizado. La información sirvió de base para establecer un documento previo que se presentó durante las charlas de retroalimentación.
- Se desarrolló el Manual de Mecanizado aplicando las técnicas establecidas en el presente documento obteniéndose resultados satisfactorios, además, mediante el consenso alcanzado durante las charlas de retroalimentación con los técnicos, Jefe y Supervisor de Planta de Mecanizado y Producción, se establecieron los procedimientos, métodos y técnicas más adecuados para la operación de los tornos CNC en operaciones de torneado y centros de mecanizado en operaciones de fresado. Adicionalmente, debido a diferencias encontradas entre las máquinas CNC, respecto a mecanismos y controlador, se planteó en el esquema general apartados específicos para los casos particulares, de manera que el Manual de Mecanizado se puede aplicar en todas las máquinas CNC de la Planta de Mecanizado y Producción de SERTECPET S.A., como se detalla en el ANEXO A.
- Se implementó el Manual de Mecanizado posterior a la aprobación del documento por parte del Jefe de Planta de Mecanizado y Producción, a través de charlas de socialización en las que se dieron a conocer a los técnicos (operadores) el contenido del Manual de Mecanizado, los procedimientos, métodos y técnicas establecidos para la operación de tornos CNC y centros de Mecanizado. Se realizó controles de cumplimiento durante la operación de un torno QUICK TURN NEXUS 400-II en el mecanizado de una Brida NPT 2” y durante la operación del centro de mecanizado HORIZONTAL CENTER NEXUS 6800-II en el mecanizado de un Discharge Body de una bomba JET CLAW Conventional 2 – 3/8”.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. *Al área administrativa*

- Evaluar la humedad del ambiente y gestionar la instalación de un sistema que permita su reducción, para evitar el deterioro de los sistemas eléctricos de las máquinas.
- Elaborar un “PROGRAMA PILOTO” que permita el correcto flujo de información hacia los técnicos (operadores de los tornos CNC y centros de mecanizado).
- Controlar periódicamente el cumplimiento de procedimientos, métodos y técnicas establecidas en el Manual de Mecanizado.
- Realizar la revisión del manual cada cierto período de tiempo con propósito de actualizarlo en caso de ser necesario.
- Gestionar este tipo de investigaciones y socializarlas públicamente para fomentar la vinculación de la empresa con la profesionalización de los futuros profesionales del país.

5.2.2. *Al área técnica*

- Leer el Manual de Mecanizado y familiarizarse con los procedimientos, métodos y técnicas establecidas en el mismo.
- Cumplir con los procedimientos, métodos y técnicas establecidas en todo momento.
- En caso de surgir dudas o inconvenientes con la aplicación del Manual de Mecanizado comunicarlas al jefe inmediato para su registro.
- Participar activamente y colaborar en todo sentido durante el desarrollo de investigaciones que ayudarán al desempeño y capacitación del personal de Planta de Mecanizado y Producción.

BIBLIOGRAFÍA

ABL TECHNOLOGY. *Mazak Nexus VCN 510C/50-II Mazatrol Matrix Nexus* [en línea] 2011. [Consulta: 15 de Septiembre de 2018]. Disponible en: http://www.abltechnology.com/es/machines/CNC_Vertical/Vertical_Machining_Centers/VMC-s_w- Pallet_Changer/2007_Mazak_Nexus_VCN_510C-50-II_Mazatrol_Matrix_Nexus_EID108293.

BOLAGAY AGUIRRE, Mayra Daniela, et al. *IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS PARA LA OBTENCIÓN DE ELEMENTOS MAQUINADOS EN EL CENTRO DE MECANIZADO CON CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.* Quito, Pichincha, Ecuador : Agosto de 2011. pp. 85 - 112.

Castillo Rodríguez, Felipe Díaz. *PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA DE MAQUINAS. ¿Qué es el CNC* [en línea]. [Consulta: 18 de Septiembre de 2018]. Disponible en: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/master_cam.pdf

DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. *TORNO CNC. DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS* [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/torno-cnc>.

Estrems Amestoy, Manuel. *Principios de Mecanizado y Planificación de Procesos.* Cartagena, Colombia : 2007. pp. 7 - 12.

GÓMEZ SOLANO, Edison Manrique, et al. *APLICACIÓN DEL SOFTWARE NX PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PIEZAS DE MÁQUINAS CON GEOMETRÍAS COMPLEJAS EN EL TORNO CNC MODELO GSK980TD Y LA ELABORACIÓN DE LA GUÍA RESPECTIVA.* Quito, Pichincha, Ecuador : Febrero de 2013. pp. 30 -32.

INTEREMPRESAS Net. *El CNC Mazatrol Matrix se lo pone fácil al usuario* [en línea]. [Consulta: 20 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/14240-El-CNC-Mazatrol-Matrix-se-lo-pone-facil-al-usuario.html>.

MAZAK CORPORATION. *HCN-6800 MAZAK* [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.mazakusa.com/es/machines/hcn-6800/>.

MAZAK CORPORATION. *OPERATING MANUAL MAZATROL MATRIX NEXUS 2 (For Machining Centers).* Oguchi : Mazak, 2014.

MAZAK CORPORATION. *PROGRAMMING MANUAL MAZATROL MATRIX NEXUS 2 (For Turning Machines).* Oguchi : Mazak, 2013.

MAZAK CORPORATION. *QUICK TURN 350MY MAZAK* [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.mazakusa.com/es/machines/quick-turn-350my/>.

MAZAK CORPORATION. *QUICK TURN NEXUS 400-II MAZAK* [en línea] [Consulta: 15 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.mazakusa.com/es/machines/quick-turn-nexus-400-ii/>.

MAZAK CORPORATION. *SLANT TURN 800 N MAZAK* [en línea]. [Consulta: 15 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.mazakusa.com/es/machines/slant-turn-800/>.

SERTECPET. REGLAMENTO INTERNO DE TRABAJO. *ANTECEDENTES*. Quito, Pichincha, Ecuador : 17 de Marzo de 2015. pp. 3 - 7.

Torres Guerra, Galo Paúl. DESARROLLO DE UN MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL CNC VMC 800 BRIDGEPORT DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH. *Centro de Mecanizado*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador : 2016. pp. 11 - 13.

ANEXOS

ANEXO A

MANUAL DE MECANIZADO

Planta de Mecanizado y Producción

ANEXO B

FORMATO DE REUNIÓN

Primera revisión del Manual de Mecanizado

ANEXO C

FORMATO DE REUNIÓN

Segunda revisión del Manual de Mecanizado

ANEXO D

FORMATO DE REUNIÓN

Tercera revisión del Manual de Mecanizado

ANEXO E

REGISTRO DE MINUTA DE REUNIÓN

Revisión general del Manual de Mecanizado

ANEXO F

REGISTRO DE MINUTA DE REUNIÓN

Entrega y aprobación del Manual de Mecanizado

(Socialización del manual a nivel de Jefatura y líderes de grupo)