ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

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.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

EDISON MANRIQUE GÓMEZ SOLANO

draikerg@hotmail.com

CARLOS ROBERTO SOLA MARCILLO

charlysolex@hotmail.com

DIRECTOR: ING. TITO VELASTEGUÍ BENALCÁZAR

tito.velastegui@epn.edu.ec

Quito, Febrero 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, EDISON MANRIQUE GÓMEZ SOLANO Y CARLOS ROBERTO SOLA MARCILLO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____ _____

Edison Manrique Gómez Solano Carlos Roberto Sola Marcillo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por EDISON MANRIQUE GÓMEZ SOLANO Y CARLOS ROBERTO SOLA MARCILLO, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Tito Velasteguí

DIRECTOR DEL PROYECTO

_____

Ing. Ricardo Soto

CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mi madre María Francisca Solano por su apoyo durante toda mi vida y jamás haber dejado que me falte nada y estar a mi lado cuando más la necesite, este logro va dedicado a ella.

A mi hermana Magaly Gómez, que es la adoración de mi vida y que siempre estuvo a mi lado dándome valor y fuerza para continuar.

A mi sobrino Dominick Nalvay, que desde el día que nació se convirtió en una de mi más grande fortaleza y un motivo para jamás rendirme.

A mis abuelitos Rosa y Luis que son mis segundos padres y que siempre han estado a mi lado, preocupados por mi futuro.

A toda mi familia que siempre creyó en mí y jamás dejo que me rindiera durante toda mi vida, y en especial a mis tíos Miguel (†) y Luis (†) que aunque hoy no estén presentes conmigo sé que siempre estuvieron a mi lado apoyándome.

Al Ing. Tito Velasteguí por su colaboración en este proyecto que emprendimos con mi compañero de tesis.

Al Dr. Víctor Hugo Guerrero, por su comprensión al permitirme trabajar y realizar mi proyecto de titulación.

A todos mis amigos y amigas que has estado junto a mí durante toda mi vida, dándome su apoyo y amistad.

Y en especial a Dios por haberme dado una hermosa familia y amigos que han sido y serán mi más grande fortaleza durante toda mi vida.

EDISON MANRIQUE GÓMEZ SOLANO

Mis más sinceros agradecimientos, primeramente a Dios, por darme la fuerza y subsistencia, para poder culminar un objetivo de mi vida profesional; a las personas que con sus conocimientos y experiencias han sabido impartir en mí, la enseñanza necesaria, entre ellos puedo mencionar al Ing. Tito Velasteguí, por el apoyo en la ejecución de este proyecto, como director y como amigo, y a las demás ingenieros que pusieron en parte para poder llegar a este logro.

A mis padres, Mariana Marcillo, Orlando Sola, que pusieron toda la confianza en mí, que a pesar de sus carencias económicas y de estudios, pudieron apoyarme para ser un profesional. Siempre estará presente en mi corazón.

A mis hermanos, Alexis y Jonathan, por los buenos y malos momentos que compartimos, siempre con la mentalidad de ser algo en la vida.

A mi hermosa sobrinita, Nadya, que nos dio la alegría de tener una mujer en nuestra familia, poder llenar los vacíos de una hermana en el hogar.

A todo el grupo de amigos y compañeros, que compartimos toda la trayectoria universitaria, como también apoyo incondicional.

CARLOS ROBERTO SOLA MARCILLO

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi familia en especial a mi madre María Francisca que ha sido mi más grande fortaleza para jamás rendirme y seguir adelante, a mi hermana Magaly que siempre me ha dado su apoyo incondicional y a mi hermoso sobrino Dominick al cual siempre cuidare y apoyare toda mi vida.

Dedico también este trabajo a todos mis amigos que siempre han estado a mi lado y a los cuales agradezco por su amistad.

EDISON MANRIQUE GÓMEZ SOLANO

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria al todo poderoso, Dios, por darme el don de la sabiduría, entendimiento y perseverancia.

A mis padres, hermanos y toda mi familia en general, por estar a mi lado en las buenas y en las malas, darme fuerza para seguir luchando cualquier adversidad, y quienes me ilustraron el sentido de la superación. Gracias a todas esas personas por ser parte de mi vida.

CARLOS ROBERTO SOLA MARCILLO

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN I
CERTIFICACIÓN II
AGRADECIMIENTO III
DEDICATORIA V
ÍNDICE DE CONTENIDO VI
ÍNDICE DE FIGURAS XIII
CAPÍTULO I XIII
CAPÍTULO II XIII
ANEXO C XV
ÍNDICE DE TABLAS XVI
CAPÍTULO I XVI
CAPÍTULO II XVI
CAPÍTULO III XVI
ANEXO B XVI
RESUMEN XVII
INTRODUCCIÓN XVIII
CAPITULO 1 1
GENERALIDADES 1
1.1. INTRODUCCIÓN 1
1.2. DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS 2
1.2.1. EVOLUCIÓN HASTA EL SIGLO XVII 3
1.2.2. EVOLUCIÓN HASTA EL SIGLO XVIII 4
1.2.3. EVOLUCIÓN HASTA EL SIGLO XIX 5
1.2.4. EVOLUCIÓN HASTA INICIOS DEL SIGLO XX 7
1.2.5. EVOLUCIÓN DESDE EL SIGLO XX HASTA LA ACTUALIDAD 7
1.3. TIPOS DE TORNOS CNC 9
1.3.1. TORNOS VERTICALES CNC (ver Figura 1.6) 9

1.3.2. TORNOS HORIZONTALES 10
1.3.2.2. Torno CNC de bancada plana (ver Figura 1.8) 11
1.3.2.3. Torno CNC de cabezal móvil o suizo (ver Figura 1.9) 11
1.3.3. TORNO DE HUSILLOS MÚLTIPLES (ver Figura 1.10) 12
1.3.4. TORNOS CNC PARALELOS UNIVERSALES (ver Figura 1.11) 13
1.3.5. TORNOS CNC PETROLEROS (ver Figura 1.12) 13
1.4. CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO 14
1.4.1. INTRODUCCIÓN 14
1.4.2. ANTECEDENTES DEL CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL 15
1.4.3. DEFINICIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL 15
1.4.4. MÁQUINAS-HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMÉRICO MHCN 16
1.4.5. ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA CNC 17
1.4.6. CÓDIGO DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL 17
1.4.6.1. Números de secuencia N 18
1.4.6.2. Grupos G y M 19
1.4.6.3. Función X, Y y Z 19
1.4.6.4. Grupos F, S y T 19
1.4.7. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL CONTROL NUMÉRICO 20
1.4.8. DIFERENCIAS ENTRE UNA MÁQUINA-HERRAMIENTA CONVENCIONAL Y UNA CON CNC 21
1.5. TIPOS DE CONTROL PARA EL TORNO CNC 22
1.5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLES NUMÉRICOS 22
1.5.1.1. Clasificación según el sistema de referencia 23
1.5.1.2. Clasificación según el control de las trayectorias 23
1.5.1.3. Según el tipo de accionamiento 24
1.5.1.4. Según el bucle de control 25
1.5.1.5. Clasificación según la tecnología de control 25
1.6. DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO TESIS REALIZADO POR LOS INGENIEROS: MAURICIO JAVIER CAMACHO CAMACHO, MARCO VINIVIO GUAMAN ALARCON. 26
1.6.1. DIAGNÓSTICO DEL CAPÍTULO I 26

1.6.2. DIAGNÓSTICO DEL CAPÍTULO II 27
1.6.3. DIAGNÓSTICO DEL CAPÍTULO III 28
1.7. DIFERENTES SOFTWARE PARA EL DISEÑÓ Y CONSTRUCCION DE PIEZAS MECANICAS EN LOS TORNOS CNC. 30
1.7.1. SOFTWARE MASTER CAM 30
1.7.2. SOFTWARE BOBCAD-CAM 31
1.7.3. SOFTWARE NX 32
1.7.4. SOLID WORKS 32
1.7.5. CATIA 33
1.8. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO 34
1.8.1. OBJETIVO GENERAL 34
1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 34
1.8.3. ALCANCE 35
CAPÍTULO 2 36
MARCO TEÓRICO 36
2.1.1. GEOMETRÍA DE CORTE EN EL TORNEADO 36
2.1.1.1. Velocidad de corte (Vc) 37
2.1.1.2. Velocidad de avance (Vs) 37
2.1.1.3. Profundidad de pasada (a) 38
2.1.1.4. Sección de viruta (A) 39
2.1.2. DESGASTE DE LAS HERRAMIENTAS 40
2.1.3. RENDIMIENTO DE UNA HERRAMIENTA 41
2.1.3.1. Influencia del material de la herramienta y de la pieza 42
2.1.3.2. Influencia de la velocidad de corte 42
2.1.3.3. Influencia del avance y de la profundidad de pasada 42
2.1.4. ELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CORTE 43
2.1.5. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE 43
2.1.5.1. Para lubricar y reducir la fricción entre la viruta y la herramienta 44
2.1.5.2. Para reducir el calor generado durante el corte 44
2.1.5.3. Remoción de la viruta 44
2.1.5.4. Protección frente a la corrosión 45

2.2.1. BREVE HISTORIA DEL DESARROLLO DE CAD/CAM/CAE 46
2.3.1. MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERAROS 47
2.3.2. ALTERNATIVAS DE SOFTWARE 48
2.3.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 48
2.3.3.1. Evaluación del peso específico para cada criterio 49
2.3.3.2. Evaluación del peso específico del criterio de herramientas CAD/CAM/CAE 49
2.3.3.3. Evaluación del peso específico del criterio compatibilidad con el programador 50
2.3.3.4. Evaluación del peso específico del criterio tiempo de modelado y manufactura. 50
2.3.3.5. Evaluación del peso específico del criterio de aplicación a la educación y la industria 50
2.3.4. RESULTADOS 51
2.3.4.1. Tabla de selección de alternativas 51
2.4. SOFTWARE NX 51
2.4.1. APLICACIONES 52
2.4.2. SOFTWARE NX CAD/CAM/CAE 53
2.4.2.1. CAD (Diseño Asistido por computadora) 53
2.4.2.2. CAM (Fabricación asistida por computador) 54
2.4.2.3. CAE (Computer Aided Engineering) 55
2.5. TUTORIAL DE LAS DISTINTAS OPERACIONES DEL SOFTWARE NX 55
2.5.1. DEFINIR LA GEOMETRÍA DE LA PIEZA Y EL MATERIAL EN BRUTO .. 56
2.5.1.1. Pieza y límites en bruto 56
2.5.1.2. El cuadro de diálogo crear geometría 57
2.5.2.1. Parámetros comunes 63
2.5.2.2. Seguimiento de la herramienta 64
2.5.2.3. Porta-herramienta 66
2.5.3. OPERACIONES DE DESBASTE 66
2.5.3.1. Corte de patrones 67
2.5.3.2. Ancho de paso (profundidad de corte) 68

2.5.3.3. Acabado 69
2.5.3.4. Tipos de perfiles 70
2.5.3.5. Corte 71
2.5.3.6. Tolerancia 71
2.5.3.7. Ángulos de corte separación 72
2.5.3.8. Espacio libre mínimo 72
2.5.3.9. Restricciones de cortes 72
2.5.3.10. Regiones de cortes 72
2.5.3.11. Control de corte 72
2.5.4. REFRENTADO 72
2.5.4.1. Refrentado 73
2.5.4.2. Definición de refrentado 73
2.5.4.3. Proceso de la pieza de trabajo 74
2.5.5. OPERACIONES DE RANURADO 75
2.5.5.1. Ranurado 75
2.5.6. OPERACIONES DE ROSCADO 79
2.5.6.1. Las operaciones de roscado 79
2.5.6.2. Requisitos de la operación 79
2.5.6.3. Línea de cresta 80
2.5.6.4. Raíz 80
2.5.6.5. Paso 80
2.5.6.6. Geometría de hilo 80
2.5.6.7. Offset/final de línea 81
2.5.6.8. Profundidad total 82
2.5.6.9. Paso/avance/Hilos por pulgada 85
2.5.6.10. Enganche/retracción 86
2.5.6.11. Pasadas de acabado 87
2.5.6.12. Pases Adicionales 88
CAPÍTULO III 89
DESARROLLO, IMPLEMENTACION DE LAS PRÁCTICAS 89

3.1. INTRODUCCIÓN 89
3.2. MÉTODOS DE ENSEÑANZA 89
3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS ENSEÑANZA 89
3.4. MÉTODOS DE ENSEÑANZA PARA LABORATORIOS 92
3.5. RELACIÓN ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA DE LABORATORIO 94
3.6. GUÍA DE PRÁCTICA 94
3.6.1. ESQUEMA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA 94
3.7. ESQUEMA DEL INFORME 96
3.8. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO 99
3.9. PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA 101
3.9.1. RECONOCIMIENTO DE LA PRÁCTICA 101
3.9.2. PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA POR PARTE DEL ALUMNO 101
3.9.3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA 102
3.9.4. DESARROLLO DEL INFORME 102
3.10. MANUAL DE GUÍA DE PRÁCTICAS (ver ANEXO A) 103
3.11. PRÁCTICAS 103
3.11.1. PRACTICA N° 1 104
3.11.2. PRACTICA N° 2 107
3.11.3. PRACTICA N° 3 109
3.11.4. PRACTICA N° 4 111
3.11.5. PRACTICA N° 5 113
3.11.6. PRACTICA N° 6 115
3.11.7. PRACTICA N° 7 117
3.11.8. PRACTICA N° 8 119
3.11.9. PRACTICA N° 9 121
3.11.10. PRACTICA N° 10 123
3.11.11. PRACTICA N° 11 125
3.11.12. PRACTICA N° 12 127
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 129
4.1. CONCLUSIONES 129

4.2. RECOMENDACIONES 130
BIBLIOGRAFÍA 131
LIBROS 131
TESIS 131
PÁGINAS WEB 131
ANEXOS 133
ANEXO A: MANUAL DE GUÍA DE PRÁCTICAS 134
(SE ADJUNTA EL ARCHIVO) 134
ANEXO B: HOJA DE PROCESOS 135
ANEXO C. FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS EN LAS PRÁCTICAS 137

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. 1 Torno de arco de violín 3
Figura 1. 2 Torno de pedal y doble pértiga de Leonardo da Vinci. 4
Figura 1. 3 Torno para cilindrar de Maudslay 5
Figura 1. 4 Primera fresadora 6
Figura 1. 5 La primera máquina-herramienta 8
Figura 1. 6 Torno CNC vertical 9
Figura 1. 7 Torno CNC de bancada inclinada 10
Figura 1. 8 Torno CNC de bancada plana 11
Figura 1. 9 Torno CNC de cabezal móvil 12
Figura 1. 10 Torno de husillos múltiples 12
Figura 1. 11 Torno CNC paralelo 13
Figura 1. 12 Torno CNC petrolero 14
Figura 1. 13 Diseño de Máster CAM 31
Figura 1. 14 Diseño de BOBCAD-CAM 31
Figura 1. 15 Diseño del software NX 32
Figura 1. 16 Diseño de SolidWorks 33
Figura 1. 17 Diseño de CATIA 34

CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Movimientos de corte y avance 38
Figura 2. 2 Profundidad de pasada 39
Figura 2. 3 Diseño en el ciclo de vida del producto 53
Figura 2. 4 Aplicación del CAM 54
Figura 2. 5 Aplicación del programa NX a través del CAM 54
Figura 2. 6 Selección de geometría 56
Figura 2. 7 Cuadro de dialogo para crear geometría 57
Figura 2. 8 Cuadro de dialogo del huso de MCS 57
Figura 2. 9 Orientación de las WCS 57
Figura 2. 10 Selección del material 58
Figura 2. 11 Cuadro de dialogo del MCS_SPINDLE 58
Figura 2. 12 Selección de límites de la pieza 59
Figura 2. 13 Límites del material en bruto 59
Figura 2. 14 Limites abiertos 60
Figura 2. 15 Cuadro de dialogo de TURN_WORKPIECE 60
Figura 2. 16 Límites del CONTAINMENT 61

Figura 2. 17 Selección del AVOIDANCE 61
Figura 2. 18 Tipo de trabajo 62
Figura 2. 19 Biblioteca de herramientas 62
Figura 2. 20 Cuadro para crear herramientas 63
Figura 2. 21 Cuadro de dialogo para generar una nueva herramienta 64
Figura 2. 22 Cuadro de dialogo de posicionamiento de la herramienta 65
Figura 2. 23 Cuadro de dialogo del porta-herramientas 66
Figura 2. 24 Corte de patrones 67
Figura 2. 25 Cuadro de incremento de pases 69
Figura 2. 26 Acabado superficial 69
Figura 2. 27 Opciones de tipos de acabado 70
Figura 2. 28 Tipos de perfiles 71
Figura 2. 29 Dirección de trabajo 71
Figura 2. 30 Ejercicio de Refrentado 73
Figura 2. 31 Definición de contornos 73
Figura 2. 32 Dirección de trabajo 74
Figura 2. 33 Operación de Refrentado 74
Figura 2. 34 Tipos de operación de ranurado 75
Figura 2. 35 Patrones de corte 76
Figura 2. 36 Cortes por nivel 76
Figura 2. 37 Cuadro de dialogo 77
Figura 2. 38 Cuadro de dialogo de pasadas 78
Figura 2. 39 Cuadro de dialogo de nivel 78
Figura 2. 40 Cuadro de dialogo de la herramienta 79
Figura 2. 41 Operación de roscado 79
Figura 2. 42 Parámetros de la rosca 80
Figura 2. 43 Selección de la geometría 81
Figura 2. 44 Selección de la demasía 81
Figura 2. 45 Selección de la profundidad de corte 82
Figura 2. 46 Selección del incremento de pasadas 83
Figura 2. 47 Selección de pasadas variables 84
Figura 2. 48 Selección del número de pasadas 85
Figura 2. 49 Parámetros de la rosca 85
Figura 2. 50 Cuadro de dialogo de los parámetros de la rosca 86
Figura 2. 51 Selección del ángulo de movimiento 87
Figura 2. 52 Selección de pasadas de acabado 88
Figura 2. 53 Selección de pases adicionales 88

ANEXO C

Figura C. 1 Sujeción del material en el torno CNC 138
Figura C. 2 Preparación del material en el torno convencional 138
Figura C. 3 Fabricación de la probeta de fatiga..... 139
Figura C. 4 Fabricación de la probeta de fatiga en nylon y bronce 139
Figura C. 5 Verificación de dimensiones 139
Figura C. 6 Fabricación del elemento (REINA) en nylon y acero 140
Figura C. 7 Fabricación del elemento (REINA) en bronce 140
Figura C. 8 Fabricación del elemento (ALFIL) en acero 140
Figura C. 9 Fabricación del elemento (ALFIL) en bronce 141
Figura C. 10 Fabricación del elemento (TORRE) en nylon 141
Figura C. 11 Elemento (TORRE) terminado..... 141
Figura C. 12 Fabricación del elemento (REY) en nylon 142
Figura C. 13 Elemento (REY) terminado 142
Figura C. 14 Fabricación del elemento (MANIJA) en aluminio en la proceso de desbaste..... 142
Figura C. 15 Fabricación del elemento (MANIJA) en aluminio en el proceso de afinado 143
Figura C. 16 Elemento (PLOMADA) terminado..... 143
Figura C. 17 Fabricación de la probeta de tensión ASTM E8 en nylon en la operación de roscado..... 144
Figura C. 18 Fabricación de la probeta de tensión ASTM E8 en nylon en la operación de ranurado 144
Figura C. 19 Fabricación de la probeta de tensión ASTM a48 en nylon 145
Figura C. 20 Fabricación de la probeta de tensión ASTM E8 en acero..... 145
Figura C. 21 Fabricación del elemento con torneado interior en aluminio..... 146
Figura C. 22 Fabricación del elemento con roscado interior en nylon 146
Figura C. 23 Fabricación del elemento con roscado interior en nylon 146
Figura C. 24 Elementos terminados en acero 147
Figura C. 25 elementos terminados en nylon 147
Figura C. 26 Elementos terminados en acero 148
Figura C. 27 Elementos terminados 148
Figura C. 28 Implementación de las prácticas de laboratorio..... 149
Figura C. 29 Implementación de las prácticas de laboratorio en el torno CNC 149

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I
Tabla 1. 1 Descripción del código de letras 18
Tabla 1. 2 Diferencias entre maquina convencional y una maquina con CNC 22
CAPÍTULO II
Tabla 2. 1 Factores de las condiciones de corte 43
Tabla 2. 2 Tipo de lubricante para torneado 45
Tabla 2. 3 Evaluación de criterios 49
Tabla 2. 4 Evaluación del criterio de herramientas CAD/CAM/CAE 49
Tabla 2. 5 Evaluación del criterio de compatibilidad con el usuario 50
Tabla 2. 6 Evaluación del criterio de tiempo de modelado y manufactura 50
Tabla 2. 7 Evaluación del criterio de aplicación a la educación y la industria 51
Tabla 2. 8 Tabla de resultados 51
Tabla 2. 9 Tipos de profundidad de corte/ancho de paso y corte de patrones 68
Tabla 2. 10 Tipos de acabado 70
Tabla 2. 11 Opciones de ancho de paso 78
CAPÍTULO III
Tabla 3. 1 Clasificación de los métodos de enseñanza 90
ANEXO B
Tabla B. 1 Hoja de procesos 136

RESUMEN

Debido al desarrollo tecnológico que ha tenido la industria, la educación superior debe actualizar y andar al paso de la tecnología de manufactura y producción. Con la aparición del control numérico computarizado (CNC) y la necesidad de la industria por contar con esta herramienta, la educación actual se ha visto en la necesidad contar nuevos métodos de enseñanza que permitan al estudiante manejar y desarrollar los distintos software que son empleados en el CNC.

Con este fin se ha desarrollado este proyecto que está destinado a elaborar una Guía de Prácticas que servirá de herramienta de enseñanza del proceso de maquinado de elementos mecánicos mediante la programación a través del software NX que posteriormente se transferirá hacia el controlador GSK980TD del torno CNC GSK GT40a del Laboratorio de Máquinas-Herramientas de Ingeniería Mecánica, para manufacturar los elementos propuestos en la Guía de Prácticas.

Para el desarrollo de la Guía de Práctica se propone una serie de once prácticas de laboratorio, las que están distribuidas de manera que el estudiante pueda ir desarrollando sus habilidades en el manejo del software. Se ha estructurado un formato de Guía de Práctica y formato del informe que permitan al estudiante entender de una manera fácil y sencilla como programar el modelado y fabricación de un elemento.

Las prácticas de laboratorio estarán estructuradas de manera que permita al estudiante ser parte de la preparación y desarrollo de la práctica, con el fin de que el estudiante pueda con cada práctica ir mejorando el manejo del software y obteniendo conocimientos de procesos de manufactura, que le permitirán mejorar tiempos de fabricación y reduciendo costos de materiales.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo principal el desarrollar e implementar una guía de prácticas para la elaboración de elementos maquinados de geometría compleja realizados en el Torno CNC. Para este se desarrolla una nueva estrategia de fabricación mediante la utilización del software NX, el software proporciona nuevas técnicas de desarrollo en la producción, mediante las herramientas de CAD/CAM, permitiendo conseguir elementos maquinados de alta calidad gracias a la automatización del proceso de fabricación.

En el capítulo 1, se describe cual fue evolución que tuvieron las máquinas-herramientas, descripción de los diferentes tipos de tornos CNC que existen, generalidades y tipos de control numéricos que se conoce, diagnóstico de la tesis que antecedió a este proyecto, tipos de software que permiten realizar trabajos de CAD/CAM y los correspondientes objetivos y alcances del proyecto.

En el capítulo 2, se realiza una breve explicación a lo que se refiere a producción por virutaje, se describe que es el en software NX y como se relaciona con el CAD, CAM y CAE, así como también una explicación acerca de los tutoriales del NX.

En el capítulo 3, se analiza los diferentes métodos de enseñanza, estructura de la guía de prácticas e informe, con el fin de que el estudiante pueda realizar con facilidad las prácticas propuestas. Y en el capítulo 4, se procede a dar las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido al realizar el correspondiente proyecto de titulación.

La guía de prácticas desarrollada se encuentra en los anexos del presente proyecto, la cual está enfocada en el diseño y fabricación de distintos elementos mecánicos con geometría que resultan de difícil elaboración en las máquinas convencionales, los cuales se encuentran detallados paso a paso su diseño y fabricación, y los parámetros del torno y normas de seguridad.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1.INTRODUCCIÓN

Debido a necesidad que tiene hoy en día la industria de elaborar piezas que poseen una geometría compleja y que es muy difícil de manufacturar a través de las máquinas o equipos convencionales, o ante la necesidad que presenta la industria actual, debido al avance que presenta con lo que tiene relación a tecnología, ya sea está a través de software o maquinaria, se ha visto en la necesidad de contar con nuevas herramientas informáticas y equipos de última generación los cuales permitan facilitar la fabricación de elementos que hoy en día son necesarios para el continuo desarrollo industrial.

Debido a que uno de los mayores limitantes que se tiene en la industria es el campo económico, se requiere de alternativas de producción que permitan reducir costos, y con esto se consiga abrir nuevas políticas de mercado.

Todo esto se relaciona con la libre competencia que existe hoy en día y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias con herramientas informáticas y tecnológicas a fin de que puedan satisfacer el reto diario al que nos vemos inmersos. Todo esto conlleva a un solo campo la automatización de la industria, para estar a la par con el desarrollo tecnológico que evoluciona a diario. Este cambio aunque necesario se debe realizar de una forma programada para no dejar a un lado el desarrollo económico y de producción del cual subsiste la industria.

Debido al desarrollo tecnológico de los últimos tiempos, se tiene que uno de los elementos más importantes dentro del surgimiento de la automatización son las Máquinas-Herramientas con Control Numérico Computarizado (CNC). La máquina-herramienta, debido a que las máquinas-herramientas tuvieron un desarrollo considerable a partir de la revolución industrial, las mismas han jugado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo, por lo

que se podría decir que el desarrollo industrial estuvo directamente ligado con el desarrollo que tuvieron hasta la actualidad las máquinas-herramientas.

Las máquinas- herramienta de Control Numérico Computacional fusionan distintos campos como son la microelectrónica, la automática y la informática industrial, que en los últimos años han presentado un desarrollo acelerado y una plena incorporación a los procesos productivos, desplazando progresivamente a las máquinas convencionales, y a la mano de obra humana, dejando a un lado la experiencia del operador y solo necesitando a un programador el cual es el encargado de ingresar el lenguaje al sistema.

Estos cambios a la vez que benefician a la industria, también deberán ser un factor que beneficie al resto de personas, con la fabricación de elementos en las máquinas-herramientas con Control Numérico Computarizado el costo de fabricación se reducirá notablemente mejorando con esto el estilo de vida, también se controlara mejor los desechos que se produzca cuidando con esto el medio ambiente y por lo tanto la salud de las personas que estén alrededor del equipo.

1.2. DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

La evolución de las máquinas-herramientas ha iniciado desde la prehistoria hasta nuestros días, los avances que han tenido los distintos equipos y máquinas has sido para facilitar al trabajador su manipulación y por consiguiente mejorar la producción y calidad de las piezas elaboradas, por lo tanto se obtiene una reducción en tiempos y costos de producción.

El progreso de las distintas máquinas-herramientas a través de la historia se puede resumir en distintas etapas de evolución que han conllevado al desarrollo y perfeccionamiento de las mismas, se puede describir la evolución de las máquinas-herramientas a través de los siguientes periodos:

1.2.1. EVOLUCIÓN HASTA EL SIGLO XVII

Desde la antigüedad las personas han buscado un trabajo en conjunto de las máquinas con las herramientas para lograr un trabajo en conjunto que ayude al operador producir de una mejor manera distintos elementos artesanales o mecánicos, obtenido con esto un binomio herramienta-máquina. De esta manera se buscó crear máquinas –herramientas que mediante el movimiento sea del material o de la herramienta se consiga manufacturar la pieza deseada.

La primera máquina-herramienta que se conoce es el llamado “torno de arco de violín”, instrumento de accionamiento giratorio alternativo compuesto de un arco y una cuerda (ver Figura 1.1). Hacia 1250 nació el torno de pedal y pértiga flexible accionado con el pie (ver Figura 1.2), representando un gran avance sobre al accionado con arco de violín puesto que permitía tener las manos libres para el manejo de la herramienta de torneado.

Figura 1. 1 Torno de arco de violín

Fuente: http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html

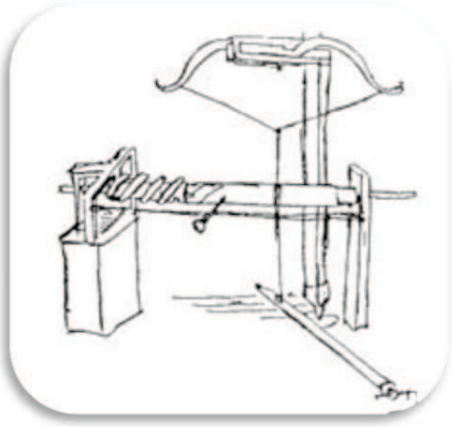

Figura 1. 2 Torno de pedal y doble pértiga de Leonardo da Vinci.

Fuente: http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html

Hasta finales del siglo XV lo único que se conoce son bocetos realizados por Leonardo da Vinci de varios modelos de tornos que sirvieron para desarrollar las futuras maquinas herramientas. Para principios del siglo XVI Leonardo da Vinci había diseñado las tres principales máquinas para el acuñado de monedas: la laminadora, la recortadora y la prensa de balancín. Posteriormente se produjo el torno de giro continuo llamado de pedal y rueda, que tuvo la introducción de algunas mejoras como elementos elaborados por fundición y para el año 1650 Blaise Pascal descubrió el principio de la prensa hidráulica, perfeccionada en 1770 en Londres. Los tornos tuvieron una mayor aplicación en los siglos XVII y XVIII para la elaboración de partes de relojes e instrumentos científicos.

1.2.2. EVOLUCIÓN HASTA EL SIGLO XVIII

En los inicios del periodo del siglo XVIII el hombre empezó a emplear nuevas fuentes de energía tras conocer el principio de la máquina de vapor, lo que dio origen a la creación de nuevas máquinas con fines industriales diseñadas por James Watt. Debido a las constantes guerras de la época se puso de manifiesto la necesidad de elaborar piezas en el armamento, con lo cual el inglés Henry Maudslay en 1897 construyó un torno para cilindrar que marcó una nueva era en la en la fabricación de máquinas-herramienta (ver Figura 1.3). Cuyas principales

innovaciones fueron: la construcción de la estructura totalmente metálica, la inclusión de guías planas de gran precisión para el deslizamiento del carro porta-herramientas y la incorporación de husillos roscados-tuerca de precisión para el accionamiento de los avances.

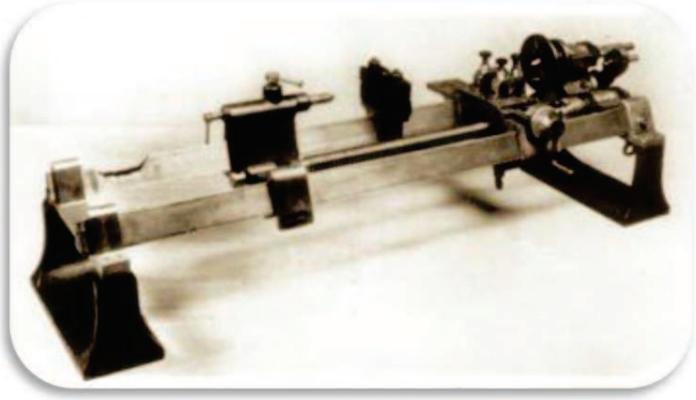

Figura 1. 3 Torno para cilindrar de Maudslay

Fuente: http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html

1.2.3. EVOLUCIÓN HASTA EL SIGLO XIX

Con la aparición de las primeras máquinas-herramientas se vio en la necesidad de construir un elemento permita verificar las dimensiones del elemento, ante esta necesidad se construyó un micrómetro de tornillo en 1805. El inicio del desarrollo industrial del siglo XIX fue posible gracias al diseño y fabricación de diversos tipos de máquinas y procesos de trabajo, aplicados a la fabricación de elementos para diferentes usos.

Este siglo estuvo influenciado por los más importantes fabricantes: Richard Roberts, Joseph Whitworth y James Nasmyth quienes durante el siglo XIX construyeron una diversidad de máquinas-herramienta para la producción de elementos pe producción continua y que requieran gran calidad. Entre sus principales inventos se tienen los siguientes: Whitworth fabricó un pequeño cepillo puente para mecanizar piezas, James Nasmyth en 1836 diseña y construye la primera limadora, bautizada con el nombre de “brazo de acero de Nasmyith” y en

1840 Whitworth perfeccionó esta máquina-herramienta, incorporando un dispositivo automático descendente del carro porta-herramientas.

Hacia 1817 el mecánico alemán Dietrich Uhlhöm construye una prensa acodada conocida como prensa monedera. Ante la necesidad de elaborar armamento para las guerras de la época Ely Whitney diseñó y construyó en 1818 la primera máquina de fresar (ver Figura 1.4), que años después fue modificada por Howe quien incorporo poleas de tres escalones y desplazamientos en sentido vertical.

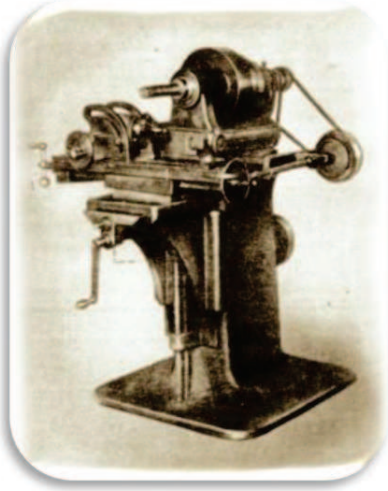

Figura 1. 4 Primera fresadora

Fuente: http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html

Con la fresadora universal construida en 1884 por Cincinnati, se logró un adelanto importante, que tuvieron influencia en la construcción de los actuales centros de fresado de CNC, en 1840 se desarrolla una máquina que era imprescindible para el forjado de piezas de ferrocarril. Ante la necesidad de taladrar piezas de acero, Nasmyth en 1838 diseña un taladro de sobremesa totalmente metálico y Whitworth perfecciono el modelo fabricando el primer taladro de columna accionado por transmisión a correa y giro del eje porta brocas, a través de un juego de engranajes cónicos. Este fue el inicio del dominio americano en el ámbito mundial en la fabricación de maquinaria ligera. En 1870 se desarrollaron tornos automáticos para elaborar piezas en serie, con la invención de nuevas muelas de

desbaste en 1870 Brown Sharpe, fabrica y ofrece al mercado la primera rectificadora universal.

A partir de 1898, con el descubrimiento del acero rápido por parte de Taylor y White, se fabrican nuevas herramientas con las que se triplica la velocidad.

1.2.4. EVOLUCIÓN HASTA INICIOS DEL SIGLO XX

En los inicios del siglo XX no se requería de precisión en los trabajos realizados en las máquinas-herramientas superiores a 0,001 de pulgada, por dos razones, la primera era que para la época era innecesaria la precisión en los trabajos que se fabricaban y, la otra razón fue que las máquinas-herramienta de la época no habían alcanzado grado de precisión requerido. Pero a partir de 1910 se presentó la exigencia de emplear tolerancias en milésimas de metro en los trabajos de manufactura. Con el nacimiento del control numérico (CN) se buscó controlar de una forma automática los movimientos que realizaban las distintas máquinas-herramientas pero se conservó las formas arquitectónicas de las distintas máquinas que hasta la fecha existían. La evolución de las máquinas herramientas logro desarrollarse con el descubrimiento de nuevas herramientas de corte como: carburo de silicio, acero rápido y, a partir de 1926, se produce otro avance importante con el descubrimiento por parte de la empresa alemana Krupp del carburo cementado metal duro, presentado en la feria de Leipzig en 1927 con la denominación de Widia.

1.2.5. EVOLUCIÓN DESDE EL SIGLO XX HASTA LA ACTUALIDAD

A partir de 1943 se presenta un desarrollo en los distintos procesos de trabajo, con los nuevos procesos a partir de 1950 aparecieron las primeras máquinas-herramientas (ver Figura 1.5), cuya principal innovación fue la incorporación un generador, un tanque para el dieléctrico, electrodo con la forma del molde a mecanizar, etc. En 1955, se construyeron las primeras máquinas de electroerosión concebidas como tales para realizar mecanizados por penetración algunos años después y basándose en el control numérico (CN), se desarrolla la electroerosión por hilo, que permite el corte de perfiles complicados y precisos. En 1948, John

Parson fusiona el control numérico a la máquina-herramienta, con el objeto de resolver el problema maquinado de superficies complejas tridimensionales para la aeronáutica, un año después y con ayuda del Instituto Tecnológico de Massachusetts se diseñan servomecanismos de control para una fresadora. En 1952 funcionaba un control experimental, aplicado a una fresadora Cincinnati en 1952 fue la primera máquina-herramienta en funcionar con un control experimental.

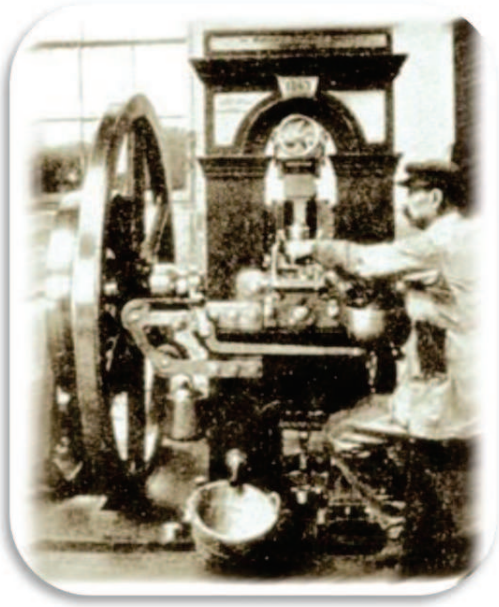

Figura 1. 5 La primera máquina-herramienta

Fuente: http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html

Durante la década de los años setenta se presentó un desarrollo considerable de la microelectrónica, dando paso a la evolución del control numérico CN a un control numérico por computadora (CNC) por la integración de una computadora en el sistema, desarrollada posteriormente durante los años ochenta cuando se produce la aplicación generalizada del CNC, la aplicación del control numérico se extendió a mandrinadoras, tornos y taladros. Con el pasar de los años se concibió

la idea de una máquina-herramienta que realizara el trabajo de diferentes máquinas, este nuevo concepto de máquina se denominó “centro de mecanizado”.

En la actualidad el avance tecnológico del CN ha sido la base para desarrollar a todas las máquinas-herramienta, incluso a las universales, pasando a ser de esta manera máquinas más simples.

1.3. TIPOS DE TORNOS CNC

Si bien es cierto, los tornos CNC se caracterizan porque son automáticos, existen dos tipos de máquinas especiales para cada proceso: verticales y horizontales, esta última se clasifica en tornos de bancada plana o taller, tornos de bancada inclinada o de producción en serie, torno de cabezal móvil o suizo y torno automático de husillos múltiples. A continuación, se citan las características de cada uno de estos equipos.

1.3.1. TORNOS VERTICALES CNC (ver Figura 1.6)

Los tornos verticales son equipos diseñados para mecanizar piezas de gran tamaño que se sujetan al plato de garras u otros operadores y que, por sus dimensiones o peso, son difíciles de fijar en un torno horizontal. Este tipo de torno posee guías cuadradas (eje X y Z) para poder marcar un mejor corte acompañado de un controlador digital.

Figura 1. 6 Torno CNC vertical

Fuente: *http://www.directindustry.es/prod/lywentech-co-ltd/tornos-verticales-cnc-79241-891925.html*

1.3.2. TORNOS HORIZONTALES

Encontramos distintas clases de tornos horizontales entra los enunciamos los siguientes:

1.3.2.1. Torno CNC de bancada inclinada (ver Figura 1.7)

Los tornos de bancada inclinada se caracterizan porque producen grandes lotes de producción, dado que cada una de las partes de este tipo de máquina funciona automáticamente, la torreta de herramientas, por ejemplo, es automática y en ella se pueden ubican de 8 a 12 herramientas que giran, de acuerdo al proceso que se esté adelantando.

Por ser estas máquinas de bancada inclinada, permiten más espacio en la manufactura de piezas que las de bancada plana.

Figura 1. 7 Torno CNC de bancada inclinada

Fuente: *http://www.directindustry.es/prod/okuma/tornos-cnc-de-alto-rendimiento-bancada-inclinada-7402-506332.html*

1.3.2.2. Torno CNC de bancada plana (ver Figura 1.8)

Pertenecen a la familia de los tornos horizontales, son equipos diseñados para producir piezas únicas o lotes de producción pequeños, la bancada de este tipo de máquinas es plana y aunque permite el maquinado de piezas grandes, el avance de los carros es mucho menor que el de bancada inclinada. La gran mayoría de los tornos de taller tienen componentes manuales, tales como el husillo y la torreta.

Figura 1. 8 Torno CNC de bancada plana

Fuente: http://*www.maquinariacatalogo.com/productos-tornos-cnc-de-bancada-plana-ck6232.html*

1.3.2.3. Torno CNC de cabezal móvil o suizo (ver Figura 1.9)

Se emplean para el maquinado de piezas con diámetros pequeños, generalmente piezas de relojería y piezas para implantes dentales o quirúrgicos en titanio o en acero inoxidable. Una de las características principales de este tipo de máquina es que el desplazamiento longitudinal del cabezal se realiza, a través de un mecanismo de palanca y de leva, siendo este último el elemento que impulsa, por contacto directo, a un dispositivo llamado seguidor.

Figura 1. 9 Torno CNC de cabezal móvil

Fuente: http://mx.dmg.com/es,turning,speed20-8linear?opendocument

1.3.3. TORNO DE HUSILLOS MÚLTIPLES (ver Figura 1.10)

Este tipo de torno se utiliza para el mecanizado de altas producciones, pues dispone de cuatro a ocho husillos y cada uno de ellos es sujetado a una barra de material.

En lugar del cabezal, la máquina dispone de un tambor con un número de husillos determinado que giran a diferentes velocidades para llevar a cabo, operaciones de roscado interior o exterior y estampado.

Figura 1. 10 Torno de husillos múltiples

Fuente: *http://www.directindustry.es/prod/okuma/tornos-cnc-de-dos-husillos-26786-487191.html*

1.3.4. TORNOS CNC PARALELOS UNIVERSALES (ver Figura 1.11)

Lo característico de este tipo de torno es que se pueden realizar en el mismo todo tipo de tareas propias del torneado, como taladrado, cilindrado, afinado, ranurado, roscado, mediante diferentes tipos de herramientas y útiles intercambiables. Utilizados en producción en serie de piezas en materiales no ferrosos y acero. Los ejes son los planos cartesianos X y Y dos ejes cada uno.

Figura 1. 11 Torno CNC paralelo

Fuente: *http://lima.evisos.com.pe/fotos-del-anuncio/vendo-torno-cnc-universal-romi-c-420-id-96275*

1.3.5. TORNOS CNC PETROLEROS (ver Figura 1.12)

Son mayormente utilizados para la reparación de líneas de tubos petroleros, metalúrgicos e hidroeléctricos. Se les conoce por ser muy eficientes en trabajos de torneado convencional y excéntrico.

Figura 1. 12 Torno CNC petrolero

Fuente: *http://monterrey.olx.com.mx /torno-petrolero-cnc-mazak-power-master-2009-14-spindel-bore-iid-253747879*

1.4.CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO

1.4.1. INTRODUCCIÓN

El acrónimo CNC significa Control Numérico por Computadora, y se refiere al control de máquinas-herramienta por medio de computadoras, con el propósito de elaborar elementos mecánicos que posee geometrías complejas.

La tecnología CNC se aplicó en máquinas-herramienta después de la segunda guerra mundial, las primeras máquinas CN funcionaban mediante tarjetas perforadas las cuales contaban con las órdenes que debía cumplir la máquina-herramienta, con estos equipos se logró realizar trabajos en serie con una mejor precisión. En los años 60 aparecieron las primeras máquinas-herramientas con control numérico computarizado (CNC), los primeros estudios se realizado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts

Las principales máquinas-herramienta CNC que se conoce en la industria son: taladros, cortadoras de plasma, tornos, fresadoras, centros de mecanizado y ruteadores o pantógrafos. Con la aplicación de la tecnología CNC se mejoró en la producción y calidad de las piezas elaboradas, reducción de costos y tiempos de fabricación, se evita fallas por parte del operador, permite al operador controlar

varios equipos al mismo tiempo y facilita la fabricación de elementos con geometría compleja.

1.4.2. ANTECEDENTES DEL CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL

El control numérico computacional o CNC tuvo su inicio en la revolución industrial, en 1770 las máquinas eran operadas a mano, y se buscó llegar a la automatización de las diferentes máquinas-herramientas de vapor, electricidad y materiales avanzados, que hasta la fecha existían. En 1945 al fin de la 2da guerra mundial se desarrolló la primera computadora electrónica. Durante la década de los años 50 se logró el trabajo en conjunto de la computadora con una máquina-herramienta. No paso mucho tiempo hasta que la computación fue incorporada masivamente a la producción. En los inicios de los años 60 con aparición de primeros los chips se reducen los costos de los controladores, que eran necesarios para gobernar los movimientos de las máquinas.

Hacia 1942 surgió lo que se podría llamar el primer control numérico verdadero, debido a una necesidad impuesta por la industria aeronáutica para la realización de hélices de helicópteros de diferentes configuraciones. Hoy día el Control Numérico Computacional es una herramienta imprescindible en la industria metal mecánica, sobre todo en las encargadas de manufacturar productos desde los básicos elementales hasta los más complejos.

1.4.3. DEFINICIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL

Quizá la definición más clara en lo que se refiere al CN aplicado a las máquinas-herramienta sea la siguiente:

Sistema que aplicado a una máquina-herramienta automatiza y controla todas las acciones de la misma, entre las que se encuentran:

- Los movimientos de los carros y del cabezal.
- El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte.

- Los cambios de herramientas y de piezas a mecanizar
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina (bloqueos, refrigerantes, lubricación, etc.)
- El estado de funcionamiento de la máquina (averías, funcionamiento defectuoso, etc.)
- La coordinación y el control de las propias acciones del CN (flujos de información, sintaxis de programación, diagnóstico de su funcionamiento, comunicación con otros dispositivos, etc.)."

1.4.4. MÁQUINAS-HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMÉRICO MHCN

Las máquinas-herramientas con control numérico (MHCN), representan una nueva forma de automatización que facilita los trabajos para la industria, mediante la programación de un lenguaje para CNC permite maquinar elementos mecánicos con geometría complejas en serie; los software actuales para CNC sustituyen a los programadores convencionales de las máquinas-herramientas, mejorando los trabajos y permitiendo realizar ajustes o cambios a los programas generados a través del paquete computacional.

Las máquinas con control numérico (CN) cuentan con torres porta-herramientas rotatorias, que albergan una variedad de herramientas. El programa de la computadora selecciona la herramienta a utilizar, de este modo, mediante el programa generado por la computadora, una máquina puede encargarse de realizar distintas operaciones. Reduciendo tiempos de fabricación de elementos que se producen en serie en la industria.

Las máquinas de Control Numérico en un futuro remplazaran al ser humano en la fabricación de elementos que se deban producir en serie o trabajos que sería difícil realizar en máquinas convencionales, facilitando el trabajo y la producción.

Para determinar la conveniencia de estas máquinas en términos de costo, es necesario analizar la mano de obra, la disponibilidad de operarios especializados, tipo y grado de precisión requerida, fiabilidad de las máquinas, etc.

1.4.5. ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA CNC

Todos los programas deben tener un nombre o un número de identificación. Algunos controles numéricos solo aceptan números. Los programas CNC están compuestos por bloques sucesivos.

Cada uno de éstos es una instrucción para el control. Los bloques pueden estar numerados o no. De no estarlos el control los ejecutaré en el orden en que los vaya encontrado. La numeración de los bloques puede no ser de uno en uno. Puede ser de cinco en cinco, de diez en diez, etc. Esto es conveniente para introducir luego bloques intermedios sin alterar toda la numeración. La numeración debe ser siempre creciente. Si existiera un bloque cuyo número sea menor al interior, el control detiene la ejecución del programa.

En el caso de realizar la programación a través de un paquete computacional, el programa se regirá a la configuración de trabajo del mismo, el cual puede ser en bloque o no.

1.4.6. CÓDIGO DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL

El método tradicional de programación de las máquinas-herramienta se apoya en códigos estandarizados en forma de instrucciones de máquina (ver Tabla 1.1).

En la industria actual los fabricantes de las diferentes máquinas-herramientas, no cuentan con una norma universal para el lenguaje de la máquina, por tal motivo se producen muchos problemas al momento de realizar la programación, principalmente cuando la programación es automática a través de un paquete computacional. Por lo cual es necesario conocer los grupos o funciones que estructuran el programa de CNC.

Tabla 1. 1 Descripción del código de letras

N	Número de Secuencia
G	Funciones Preparatorias
X	Comando del Eje X
Y	Comando del Eje Y
Z	Comando del Eje Z
R	Radio desde el Centro Especificado
A	Ángulo contra los punteros del reloj desde el vector +X
I	Desplazamiento del Centro del Arco del Eje X
J	Desplazamiento del Centro del Arco del Eje Y
K	Desplazamiento del Centro del Arco del Eje Z
F	Tasa de Alimentación
S	Velocidad de Giro
T	Número de la Herramienta
M	Función Miscelánea

De cierta forma el lenguaje que se dé al programa serán las órdenes que debe seguir la máquina para que los ejecute.

A continuación se describirán los diferentes grupos o funciones que gobiernan el funcionamiento de un programa de control numérico.

1.4.6.1. Números de secuencia N

Se denomina secuencia al conjunto de órdenes no contradictorias que se pueden dar de una sola vez a la máquina. Se identifican por la letra N, y en un torno normal se pueden dar has 9999 órdenes sucesivas. Si el programa no es muy largo se pueden numerar de 10 en 10, por si es necesario introducir alguna orden complementaria no prevista, así tendremos N10, N20, N30, etc. o podríamos tener, N10, N11, N20, etc.

1.4.6.2. Grupos G y M

La función o código G es un lenguaje sencillo construido a partir del sistema de coordenadas cartesianas, para el control de movimiento en una máquina herramienta. El código G es también el nombre de cualquier comando incluido en un programa CNC, que comienza con la letra G. Por lo general cada instrucción en código G le indica a la máquina que acción deberá realizar seguidamente.

La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

La función M es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derecha o a izquierda, cambio de herramienta, etc. La dirección M va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

1.4.6.3. Función X, Y y Z

Las funciones X, Y, Z, son aquella que determina las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta. Estas cotas o medidas se pueden programar en forma absoluta o relativa, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.

1.4.6.4. Grupos F, S y T

La función F controla la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min

El grupo o función S es la encargada de controlar la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.

La función T es la encargada de determinar dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas

1.4.7. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL CONTROL NUMÉRICO

El control numérico presenta las siguientes ventajas y limitaciones frente a su aplicación sobre los métodos convencionales de control de máquinas herramientas:

- Mejora el método de operación, así como la capacidad de maquinar piezas con formas complicadas y que requieren una buena precisión dimensional, puede elaborar trabajos en serie, existe una reducción en el desperdicio de material, grandes tasas de producción, alta productividad, alta calidad de los productos, reducción de tiempos de producción.

- Se reducen los costos de herramientas, debido a que se presentan insertos con formas predeterminadas y no requiere que el operador deba estar afilando o generando la forma deseada.

- Es fácil realizar una corrección en el programa, a través de la utilización de un computador en el cual se podrá realizar los cambios que se requiera en el programa.

- Es posible efectuar más operaciones con cada preparación, y el tiempo de inicio para preparación y el maquinado es menor, en comparación con los métodos convencionales. Además, se facilitan los cambios de diseño y se reduce el inventario.

- Los programas pueden ser manipulados según se requiera y ser empleados de forma inmediata en el torno.

- Es posible una producción más rápida de prototipos.

- Se requiere menor capacitación por parte del operador, solo se necesita de un programador que conozca las operaciones de manufactura y programación que la de un mecánico especializado, y el operador tiene más tiempo para realizar otras actividades mientras el equipo realiza el trabajo de torneado.

Pero también se presentan las siguientes limitaciones:

- 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.

1.4.8. DIFERENCIAS ENTRE UNA MÁQUINA-HERRAMIENTA CONVENCIONAL Y UNA CON CNC

Se considera que una máquina-herramienta es convencional, si requiere de un operador con experiencia que realice las distintas operaciones de maquinado, la máquina con CNC, en cambio, no requiere la presencia constante del operador, ya que una vez programada, ejecuta el maquinado sin ayuda del programador, el operador solo debe estar presente para verificar que el trabajo de manufactura se realice de una forma adecuada.

De esta manera en la Tabla 1.2 se muestran las principales diferencias que existen entre una máquina herramienta convencional y una con control numérico computarizado.

Tabla 1. 2 Diferencias entre maquina convencional y una maquina con CNC

Máquina convencional	Máquina con CNC
Se opera por una sola persona	Una persona puede operar muchas máquinas.
Es necesario localizar por los planos.	No es necesario localizar las dimensiones.
Es necesario la experiencia	No es necesario la experiencia
El operador tiene el control de profundidad, avance, etc.	El programa tiene todo el control de los parámetros de corte
Existen trabajos que es imposible realizar.	Luego que se ejecuta el programa virtualmente se realiza cualquier trabajo.

1.5. TIPOS DE CONTROL PARA EL TORNO CNC

En la actualidad se presentan una serie de Controladores CNC, los cuales son representados por distintas firmas que lideran, bajo especificaciones técnicas sus propios controladores, entre las principales se pueden citar las siguientes:

FANUC, SIMUMERIK, MITSUBISHI, GSK, HNC, KND, WA, SKY, HAAS, GREAT, RENHE, FAGOR, DASEN.

1.5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLES NUMÉRICOS

Las distintas máquinas-herramientas requieren de un controlador numérico (CN) que gobierne las distintas funciones del equipo, estos controladores deben cumplir con los requerimientos del operador o la empresa que requiere su utilidad, en el mercado existen distintos tipos de CN los cuales se indican a continuación:

- Según el sistema de referencia
- Según el control de las trayectorias

- Según el tipo de accionamiento
- Según el bucle de control
- Según la tecnología de control

1.5.1.1. Clasificación según el sistema de referencia[1]

Para programar los sistemas de CN es necesario establecer un sistema de referencia estándar en el que puedan ser especificadas las diferentes posiciones relativas de la máquina herramienta con respecto al trabajo a realizar. Para facilitar las cosas de cara al programador la pieza a ser maquinada se fija a una mesa de trabajo mientras que la máquina herramienta se mueve en torno a ella. De este modo el sistema de referencia se fija con respecto a la mesa de trabajo.

El propósito de los sistemas de referencia es localizar la herramienta en relación con la pieza a ser maquinada. Dependiendo del tipo de máquina de CN el programador puede tener varias opciones para especificar esta localización. En el caso de sistemas de referencia fijos, el origen siempre se localiza en la misma posición con respecto a la mesa de trabajo. En el caso de sistema de referencia flotante, más común en las modernas máquinas de CN, permiten que el operador fije el origen del sistema en cualquier posición de la mesa de trabajo. A esta característica se le llama origen flotante. El programador es el que decide donde debe estar situado el origen. Esta decisión corresponde a la conveniencia de la parte de programación.

1.5.1.2. Clasificación según el control de las trayectorias

Estos se pueden clasificar en:

- CN punto a punto
- CN paraxial

[1] Control Numérico; http://www.sitenordeste.com/mecanica/control_numerico.htm#class

- CN continuo o de contorneado

1.5.1.2.1. Control numérico punto a punto:

En un sistema punto a punto, el control determina, a partir de la información suministrada por el programa y antes de iniciarse el movimiento, el camino total a recorrer. Posteriormente se realiza dicho posicionamiento, sin importar en absoluto la trayectoria recorrida, puesto que lo único que importa es alcanzar con precisión y rapidez el punto en cuestión.

1.5.1.2.2. Control numérico paraxial:

Se puede decir que un equipo de control numérico paraxial puede efectuar los trabajos que realiza un equipo punto a punto y un equipo de contorneo podrá realizar los trabajos propios de los equipos punto a punto y paraxial

1.5.1.2.3. Control numérico de contorneado:

Este tipo de control de contorneado se aplica a tornos, fresadoras, centros de mecanizado y, en general, a cualquier tipo de máquina que deba realizar mecanizados según una trayectoria más o menos compleja. Los sistemas de contorneo gobiernan no sólo la posición final sino también el movimiento en cada instante de los ejes en los cuales se realiza la interpolación. En estos equipos deberá existir una sincronización perfecta entre los distintos ejes, controlándose, por tanto, la trayectoria real que debe seguir la herramienta. Con estos sistemas se pueden generar recorridos tales como rectas con cualquier pendiente, arcos de circunferencia, cónicas o cualquier otra curva definible matemáticamente. Estos sistemas se utilizan, sobre todo, en fresados complejos, torneados, etc.

1.5.1.3. Según el tipo de accionamiento

Los controladores numéricos según el tipo de accionamiento pueden se clasifican en tres grupos: hidráulicos, eléctricos o neumáticos.

1.5.1.4. Según el bucle de control

El control del sistema se puede realizar de dos formas:

- Los sistemas de bucle abiertos reciben las instrucciones y las ejecutan al pie de la letra, deteniendo su acción cuando los sensores reciben la información de que se ha cumplido con lo programado.
- Los sistemas de bucle cerrado son aquellos que tienen retroalimentación, esto quiere decir que cuando los sensores reciben información diferente a la que deben estar recibiendo tratan de corregir la operación del motor.

1.5.1.5. Clasificación según la tecnología de control

Si atendemos a la clasificación según la forma física de realizar el control encontramos los siguientes tipos de CN:

- Control Numérico (CN)
- Control Numérico Computarizado (CNC)
- Control Numérico Adaptativo (CNA)

1.5.1.5.1. Control Numérico (CN)

El Control Numérico (CN) se emplea en donde las funciones no están controladas por un computador, cada una de las funciones que realiza la máquina-herramienta están gobernadas por un circuito electrónico que únicamente está destinado a este fin.

1.5.1.5.2. Control Numérico Computarizado (CN)

En este caso las funciones de la máquina-herramienta están gobernadas por un computador, a través del computador la máquina obedecerá

instrucciones que con anterioridad se han programado a través de un software o programación manual.

1.5.1.5.3. Control Numérico Adaptativo (CNA)

El Control Numérico Adaptativo es la tendencia actual de los controles. En este tipo el controlador detecta las características del mecanizado que está realizando y en función de ellas optimiza los parámetros como: las velocidades de corte y los avances; es decir., adapta las condiciones teóricas o programadas del mecanizado a las características reales del mismo. Para ello, usa sistemas sensoriales de fuerza y deformación en la herramienta, par, temperatura de corte, vibraciones, potencia, entre otros.

1.6. DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO TESIS REALIZADO POR LOS INGENIEROS: MAURICIO JAVIER CAMACHO CAMACHO, MARCO VINIVIO GUAMAN ALARCON.

Este punto tiene como fin el analizar los distintos capítulos del proyecto, se realizara un diagnóstico de los diferentes puntos del correspondiente capitulo y se determinara qué información adicional requiere o que información es innecesaria, de este análisis de puede proceder a desarrollar el nuevo proyecto en el cual no será necesario volver a hacer referencia a información que ya está presente en este proyecto.

Del diagnóstico realizado de los diferentes capítulos y con la información recopilada para el desarrollo del presente proyecto se realizó un análisis o consideraciones de temas con los cuales debió constar el proyecto de titulación, y son los que se presentan a continuación:

1.6.1. DIAGNÓSTICO DEL CAPÍTULO I

El capítulo I está dirigido a dar al estudiante una introducción a los procesos de CAD/CAM y como pueden ser empleados los mismos para la realización de trabajos de manufactura en este caso en el Torno, también está dirigido a explicar

cuál es del Control Numérico (CN) dentro un equipo y como este sistema gobierna los diferentes procesos que tienen como fin mecanizar un elemento en bruto y obtener finalmente la pieza que se ha diseñado con anterioridad.

Del diagnóstico realizado al presente capítulo se puede presentar el siguiente análisis:

- Es necesario realizar una explicación detallada de las funciones más importantes que se emplean en la programación manual y las funciones que se generan al postprocesar la información de un ejercicio que se ha realizado empleando un paquete computacional, debido a que si bien el resultado es el mismo con respecto al maquinado de la pieza, información que se transfiere hacia el torno es diferente debido al meto de trabajo.

- Describir las analogías y diferencias que existen al realizar la programación manual o empleando un paquete computacional de CAD/CAM, como la mayoría de las funciones son las mismas para cualquier método de programación, existen también funciones que gobiernan las operaciones como por ejemplo el refrentado, tronzado, roscado, etc., y presentan distintos métodos de trabajo por lo cual se presenta cambios en las funciones, por lo cual es necesario conocer cuáles son los ajustes que se deben hacer al programa para que funcione con normalidad.

1.6.2. DIAGNÓSTICO DEL CAPÍTULO II

El capítulo II contiene una recopilación de datos, datos en los que se basaron para estructurar las distintas propuestas de prácticas de laboratorio, así como para estructurar la guía de prácticas. Muestran los diferentes métodos de enseñanza que se pueden emplear, como están distribuidas las distintas prácticas para las diferentes áreas del taller y una descripción general acerca de los parámetros más importantes del torno CNC y del controlador GSK 980TD.

Del diagnóstico realizado del correspondiente capítulo se puede realizar el siguiente análisis:

- Con respecto a este capítulo la recomendación que se puede dar es con respecto a la distribución de las prácticas de laboratorio, sería mejor una propuesta de prácticas en las que se apliquen los procesos de manufactura de las tres áreas, se podría generar propuestas de prácticas que tengan distintos niveles de dificultad, como por ejemplo en la programación para el maquinado.

- Debido a que la guía de prácticas está basada en un método de enseñanza actual, es necesario incluir un tema en el cual indique métodos en los cuales el alumno pueda trabajar conjuntamente con el instructor para realizar la práctica, siendo importante distribuir el desarrollo de la práctica en los siguientes puntos: explicación de la práctica por parte del instructor, recopilación de datos y preparación de la práctica a realizar por parte del estudiante, realización de la práctica y presentación del informe. De esta manera se logra que el estudiante trabaje en conjunto con el instructor.

- Es necesario realizar un estudio a cerca de un lineamiento de laboratorio que el estudiante debe cumplir, en cual se indique las obligaciones el cual debe constar de normas y obligaciones que el estudiante debe cumplir durante la realización de la práctica propuesta para que no exista convenientes durante su realización.

Estos son los puntos de mayor consideración que se pudieron tener en cuenta al realizar el diagnóstico del actual capítulo.

1.6.3. DIAGNÓSTICO DEL CAPÍTULO III

El capítulo III está dirigido a mostrar cómo va a estar estructuradas las distintas propuestas de las prácticas de laboratorio, la forma de desarrollar los informes a ser presentados y la propuesta de las diferentes prácticas de laboratorio.

Del diagnóstico realizado del capítulo se tiene el siguiente análisis:

- El desarrollo de las distintas prácticas están desarrolladas de forma que el estudiante no participa en la preparación de la práctica que se va a realizar, de tal manera que estudiante no tiene la obligación de buscar información adicional para desarrollas las distintas practicas propuestas.

- La estructura de la guía de prácticas presenta información innecesaria, es información que es estudiante puede consultar y desarrollar, recopilando información que servirá para el desarrollo de la práctica propuesta, con la guía de práctica se puede mostrar de una forma más sencilla para el estudiante en la que se muestra solo la información necesaria que el estudiante necesita, obligando al estudiante a trabajar conjuntamente con el instructor.

- En el punto referente a la presentación del informe, es necesario presentar un formato de informe es el que se presente: tipo y tamaño de fuente para cada títulos, párrafos figuras, referencias, etc., de cada sección de la práctica, valor de los márgenes, etc., de esta forma el informe a ser presentado por los estudiantes presentaría un mismo formato de informe.

- Con respecto a las funciones que se emplean en este capítulo para la realización de las distintas propuestas de práctica, es necesario analizar las funciones con las cuales trabaja un paquete computacional, debido a que estas son muy diferentes a las que se emplean cuando se realiza una programación manual, cuando se realiza una programación empleando un paquete computacional (software NX para este proyecto) para el modelado y manufactura de la pieza que se va a fabricar, al momento que se realiza el postprocesado el programa genera nuevas funciones que cumplirán las mismas operaciones a las funciones que se emplean al realizar la programación manual.

Estos son los puntos de consideración que se obtuvieron al analizar el capítulo III y que serían un complemento para mejorar una futura guía de práctica que se puedan llegar a desarrollar.

1.7. DIFERENTES SOFTWARE PARA EL DISEÑÓ Y CONSTRUCCION DE PIEZAS MECANICAS EN LOS TORNOS CNC.

En la actualidad se presentan una cierta cantidad de programas de CAD/CAM/CAE que permiten al usuario pudiendo ser este un estudiante, un trabajador o una empresa una fácil y rápida simulación acerca del proceso de fabricación que va a requerir para realizar su producto.

Entre estos paquetes de CAD/CAM/CAE encontramos a los siguientes:

1.7.1. SOFTWARE MASTER CAM

El software Máster CAM es uno de los paquetes computacional más empleados en el mundo, ya que brinda un apoyo a la generación de programas de control numérico y el más usado por programadores de CNC en el mundo. Este software brinda al programador varias herramientas para modelar elementos en dos y tres dimensiones, ofreciendo soluciones para torneado, fresado, etc.

Con el programa Máster CAM, (Manufactura Asistida por Computadora), se puede diseñar y mecanizar desde el editor de operaciones (ver Figura 1.13) y permite al programado trabajar en conjunto con otros programas de diseño.

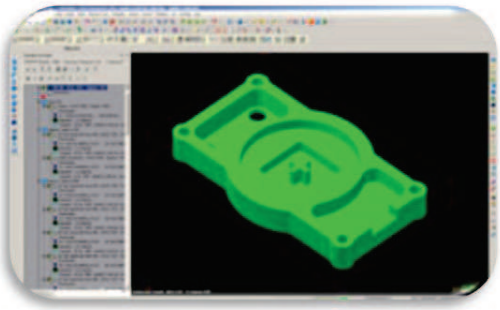

Figura 1. 13 Diseño de Máster CAM

Fuente: http://www.cimco.com.mx/8_mails/Mastercam_Solids_Informacion.html

1.7.2. SOFTWARE BOBCAD-CAM

BobCAD-CAM es uno de los paquetes computaciones que más se utiliza en la actualidad por industrias que emplean los sistemas de CAD/CAM/CAE para el diseño y manufactura de elementos, brinda al usuario herramientas de modelado en 2 y 3 dimensiones , así como también herramienta que le permiten simular diferentes procesos de manufactura (ver Figura 1.14).

Este software es muy empleado en la industria, porque permite al operador programar hasta tornos de 2 Ejes de una manera más productiva y eficiente.

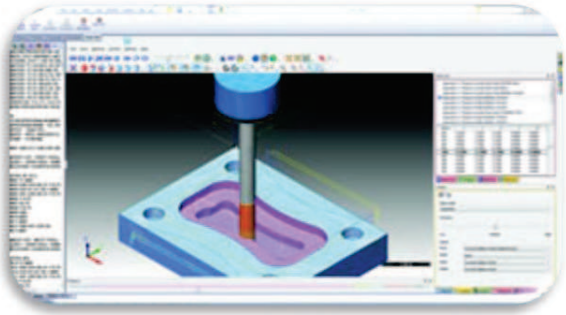

Figura 1. 14 Diseño de BOBCAD-CAM

Fuente: http://www.solidworks.es/sw/products/details.htm?productID=4037

El módulo de manufactura del software para Torno, le ofrece herramientas que permiten un diseño mejorado, trazo de herramienta CAM y Código G como soluciones de programación para su torneado en máquinas CNC.

1.7.3. SOFTWARE NX

NX es uno de los productos de CAD/CAM/CAE más avanzado y estrechamente integrado al mundo del desarrollo de soluciones. Que abarca toda la gama de desarrollo de producto, NX ofrece un inmenso valor a las empresas de todos los tamaños. Simplifica los diseños de producto complejo, acelerando así la proceso de introducción de productos al mercado.

El software NX integra principios basados en el conocimiento, diseño industrial, modelado geométrico, análisis avanzado, simulación de manufactura (ver figura 1.15). Además del modelado de piezas de geometría estándar, permite al usuario diseñar formas complejas de forma libre. También fusiona técnicas solidas de modelado en una potente herramienta de ajuste.

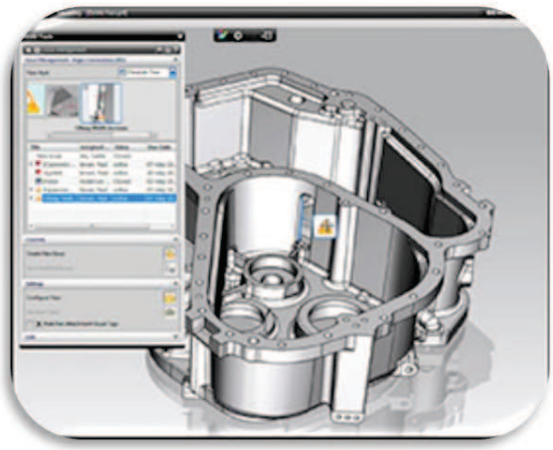

Figura 1. 15 Diseño del software NX

Fuente: http://www.plm.automation.siemens.com/es_es/products/nx/8-5/for-design/

1.7.4. SOLID WORKS[2]

SolidWorks es un programa (CAD/CAE), que permite al programador realizar modelos de piezas y conjuntos (ver Figura 1.16), simulación y análisis de esfuerzos, es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del

[2] http://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks

diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto y poder visualizar el elemento en tres dimensiones. Posteriormente se puede obtener planos y ficheros de intercambio que son una ayuda para su posterior fabricación.

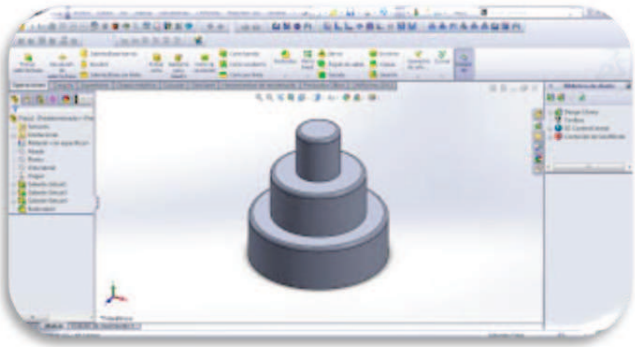

Figura 1. 16 Diseño de SolidWorks

Fuente: http://cursodemaquinadocncfanuc.blogspot.com/2012/06/extruir-vs-revolucion-en-solidworks.html

1.7.5. CATIA

El software CATIA (computer-aided three dimensional interactive application) es un programa de CAD/CAM/CAE, desarrollado para proporcionar al programador una ayuda desde la concepción del diseño hasta la producción y el análisis de productos (ver Figura 1.17).

Fue inicialmente desarrollado para servir en la industria aeronáutica. Se ha hecho un gran hincapié en el manejo de superficies complejas. CATIA también es ampliamente usada en la industria del automóvil para el diseño y desarrollo de componentes de carrocería. La industria de la construcción también ha incorporado el uso del software para desarrollar edificios de gran complejidad.

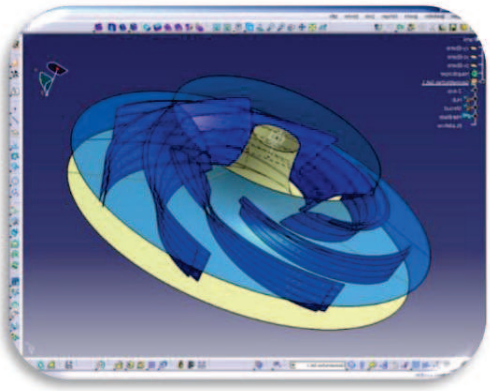

Figura 1. 17 Diseño de CATIA

Fuente: *http://aula.carmanconsultoria.es/course/info.php?id=24*

1.8.OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

Aplicar el software del NX para la construcción de piezas de máquinas con geometrías complejas en el torno CNC modelo GSK980TD y la elaboración de la guía respectiva.

1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la revisión del Proyecto de Tesis de los Ingenieros: Mauricio Javier Camacho Camacho, Marco Vinicio Guamán Alarcón para tener un conocimiento general del funcionamiento del Torno CNC.
- Construir piezas de geometrías complejas en el Torno CNC modelo GSK980TD mediante la programación realizada en el software NX.
- Guiar a las personas interesadas en el proceso de manufactura con procedimientos avanzados, mediante la implementación de una guía de prácticas para el Torno CNC.
- Alcanzar la capacidad de fabricar piezas de gran complejidad en el Torno CNC.

- Proveer tanto al profesor como al estudiante de pre-grado y post-grado de una guía de prácticas para la fabricación de elementos de máquinas, en el Torno CNC, mediante la aplicación del software NX.

1.8.3. ALCANCE

- Se realizará un diagnóstico completo del proyecto anterior de guías de prácticas del torno CNC.

- Se aplicará una metodología para el diseño de las distintas piezas que van a cubrir todos los procesos de torneado antes de empezar el mecanizado, comenzando desde un proceso simple a un complejo para facilitar el uso de la guía.

- Se construirán los diferentes prototipos que servirán para la elaboración de la guía para fortalecer el conocimiento adquirido en el material investigado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1.PRODUCCION POR VIRUTAJE PARA EL TORNEADO

El presente tema tiene como fin el explicar los diferentes parámetros que influyen directa o indirectamente al mecanizado de piezas de revolución, pretende que el estudiante sea capaz de controlar estos parámetros obteniendo un mecanizado de alta calidad, reduciendo tiempos de maquinado y por lo tanto reduciendo costos de materia prima.

A continuación se explican los puntos más importantes que se deben tomar en cuenta para realizar una correcta programación de la pieza que se va a manufactura.

2.1.1. GEOMETRÍA DE CORTE EN EL TORNEADO

El rendimiento de una herramienta de corte depende de varios factores. De ellos, hay algunos que el operario no puede modificar debido a que ya son predeterminadas de fábrica, como la potencia de la máquina, el material de la herramienta, el material de la pieza, etc.

Sin embargo, hay otros que pueden ser variados, como:

- La velocidad de corte;
- La velocidad de avance;
- La profundidad de pasada;

2.1.1.1. Velocidad de corte (Vc)

La velocidad de corte para trabajo en un torno se puede definir como la velocidad con la cual un punto en la circunferencia de la pieza de trabajo pasa por la herramienta de corte en un minuto.[3]

Este parámetro expresa en metros por minuto (m/min.).

$$Vc = \frac{\pi * D * N}{1000}$$

Ec. 1 [2.1]

Vc = Velocidad de corte (m/min)

D = Diámetro de las piezas o herramienta (mm)

N = velocidad del giro (r.p.m.)

2.1.1.2. Velocidad de avance (Vs)

El avance de un torno se define como la distancia que avanza la herramienta de corte a lo largo de la pieza de trabajo por cada revolución del husillo.[4]

Se expresa en milímetros por vuelta para unas máquinas, en milímetros por minuto para otras y, en las de movimiento rectilíneo alternativo, suele hacerse en milímetros por minuto o en milímetros por carrera útil. (Ver figura 2.1)

[3] Velocidades y Avances para corte; http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/Practicas/Torno-Desarrollo/Capi8.htm

[4] Velocidades y Avances para corte; http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/Practicas/Torno-Desarrollo/Capi8.htm

Figura 2. 1 Movimientos de corte y avance

Fuente: http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3981/1/T-ESPEL-0105.pdf

2.1.1.3. Profundidad de pasada (a)

Es el desplazamiento dado a la herramienta o a la pieza, en el movimiento de penetración (Figura 2.2). Se le llama también profundidad de corte, pasada simplemente y carga.

Se expresa en milímetros de desplazamiento de la herramienta o de la pieza, el cual se obtiene siempre a mano.

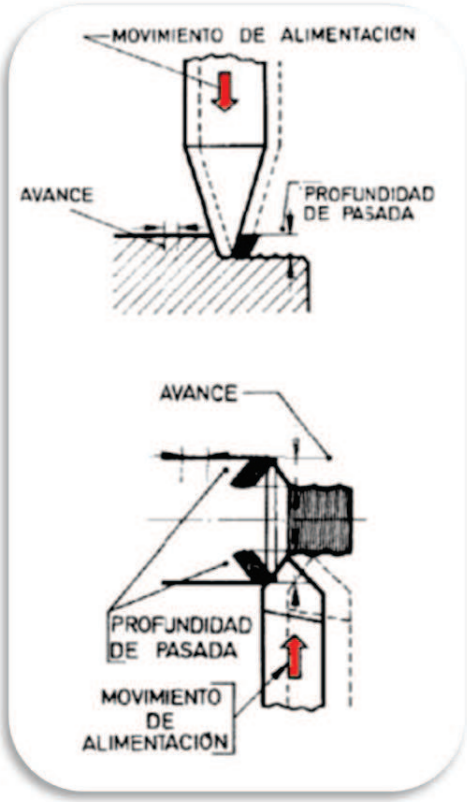

Figura 2. 2 Profundidad de pasada

Fuente: http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3981/1/T-ESPEL-0105.pdf

2.1.1.4. Sección de viruta (A)

Se puede definir a la sección de viruta como la superficie de la sección transversal de la viruta. Se expresa en mm y se calcula por la ecuación:

$$A = Vs * a$$

Ec. 2 [2.2]

Vs = avance.

a = profundidad de pasada.

2.1.1.6. Cálculo de la velocidad angular (r/min).

Para poder calcular las velocidades por minuto (r/min) a las cuales se debe ajustar el torno, hay que conocer el diámetro de la pieza y la velocidad de corte del material.

Aplique una de la siguiente ecuación para calcular la velocidad en r/min a la cual se debe graduar el torno.

Cálculo en milímetros.

Las rev/min del torno cuando se trabaja en milímetros se calculan como sigue:

$$r/_{min} = \frac{Vc\ (m) * 1000}{\pi * diametro\ (mm)}$$

Ec. 3 [2.3]

2.1.1.6. Cálculo del tiempo de maquinado

A fin de calcular el tiempo requerido para maquinar cualquier pieza de trabajo se deben tener en cuenta factores tales como velocidad, avance y profundidad del corte. El tiempo requerido se puede calcular con facilidad con la ecuación (3) siguiente:

$$Tiempo\ requerido = \frac{longitud\ de\ corte}{avance * r/min}$$

Ec. 4 [2.4]

2.1.2. DESGASTE DE LAS HERRAMIENTAS

En general, el desgaste de la herramienta es un proceso gradual, muy parecido al desgaste de la punta de un lápiz ordinario. La rapidez del desgaste depende de los materiales de la herramienta y de la pieza, la forma de la herramienta, el fluido

de corte, los parámetros del proceso (como la velocidad de corte, avance y profundidad de corte) y las características de la máquina herramienta.[5]

Tanto el rozamiento como el calor son causas inmediatas del desgaste de las herramientas, actuando de la siguiente forma:

- El rozamiento desafila la herramienta porque el material de la pieza "erosiona" la cara de incidencia, la de ataque y el filo, disminuyendo su capacidad de corte. Al perder sus ángulos de afilado, el rozamiento es mayor y el desgaste aumenta, y así sucesivamente.

- El calor a determinada temperatura, según el material de las herramientas, reblandece el filo, acelerando el desgaste por rozamiento. Pero además, a mayor rozamiento mayor temperatura.

Los insertos que se emplean en el maquinado, son cerámicas que trabajan mejor a altas temperaturas pero que tienen como desventaja que ya no pueden ser reafiladas, es por esta razón que debido al rozamiento estas se irán desgastando llegando al fin de su vida útil

2.1.3. RENDIMIENTO DE UNA HERRAMIENTA

Se llama así a la cantidad de viruta, expresada en kg, que una herramienta puede cortar entre dos afilados consecutivos. Pero en este caso será la cantidad de viruta que pueda eliminar hasta que el filo del inserto cumpla con su vida útil.

De esta manera se tiene distintos factores que influencian que el inserto llegue al final de su vida útil, siendo las principales:

[5]Desgaste y Vida de las Herramientas de Corte; Portugal, P ;http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/Desgaste%20y%20Vida%20de%20las%20Herramientas.pdf

2.1.3.1. Influencia del material de la herramienta y de la pieza

El desgaste de las herramientas es causado directamente por el rozamiento y por la elevación de la temperatura. De ello se deduce que la duración del filo del inserto depende de los siguientes aspectos:

- De la dureza de la herramienta y de la temperatura hasta la que conserva dicha dureza.
- De la dureza del material que se trabaja. En general, cuanto más duro es un material mayor resistencia opone a ser cortado, y, por tanto, el rozamiento de la herramienta contra la pieza aumenta y, con él, la temperatura.
- Incorrecta manipulación de los parámetros de velocidad de corte, avance y profundidad de maquinado, provocando que la herramienta pierda su filo con mayor rapidez.

2.1.3.2. Influencia de la velocidad de corte

Experiencias realizadas con una determinada herramienta, trabajando el mismo material y sin modificar el avance y la profundidad de pasada, han demostrado que:

Para bajas velocidades de corte el rendimiento es pequeño;

- Aumentando la velocidad, aumenta el rendimiento.
- A partir de una velocidad de corte más elevada, el rendimiento de la herramienta disminuye notablemente, por el aumento de temperatura, que reblandece el filo.

2.1.3.3. Influencia del avance y de la profundidad de pasada

Cuando se aumenta la sección de la viruta, debe disminuirse la velocidad de corte, para que la duración del filo del inserto de la herramienta sea la misma. Sin

embargo, tal reducción no es proporcional ni con el avance, ni con la profundidad de pasada.

2.1.4. ELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CORTE

De lo dicho hasta aquí se deduce que, en cada trabajo que se realiza en una máquina del taller, se presenta un problema: determinar la velocidad de corte, el avance y la profundidad de pasada, para obtener el máximo rendimiento. Esto es debido a los muchos factores que influyen a la hora de tomar una decisión. Tales son, resumidos, los que se indican seguidamente en la Tabla 2.1:

Tabla 2. 1 Factores de las condiciones de corte

Por la herramienta	El material
	La forma y robustez
Por el elemento a fabricar	El material
	La forma y sujeción
Por la máquina	La potencia
	La robustez
	El estado de conservación (desajustes
Por el trabajo de la herramienta	La fase de mecanizado: desbaste o acabado
	La continuidad del corte

2.1.5. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE

Algunas operaciones de corte se realizan en seco, es decir, sin la aplicación de un fluido de corte o refrigerante y otras operaciones requieren de un fluido de corte, esto dependerá de la operación que se esté realizando, herramienta de corte que se emplea y material a ser maquinado.

El refrigerante básicamente cumple tres funciones principales dentro del proceso de maquinado y estas son las siguientes:

2.1.5.1. Para lubricar y reducir la fricción entre la viruta y la herramienta

Reducir el coeficiente de fricción entre la herramienta y la pieza y entre la herramienta y la viruta que está siendo eliminada.[6]

Continuamente se presentan velocidades donde se acumula lubricante en el borde, dicha acumulación se desplaza a velocidades más altas, donde se desarrolla una zona de adhesión, la longitud de ésta se reduce. En todas las velocidades, el acceso del lubricante a la cara del flanco es posible produciendo un reducción de la fricción, mejorando el acabado superficial y por lo tanto una reducción en el desgaste del inserto.

2.1.5.2. Para reducir el calor generado durante el corte

Porque el calor excesivo y la fricción pueden entorpecer una herramienta, el líquido refrigerador ayuda a ampliar vida de la herramienta. Usando agua/aceite recomendada el cociente es importante. Demasiado a menudo, los usuarios alterarán este cociente perceptiblemente en un esfuerzo para reducir coste. Esto puede hacer vida de la herramienta disminuir rápidamente.[7]

2.1.5.3. Remoción de la viruta

El fluido debe retirar eficientemente la viruta lejos de la zona de operación para no interferir en el proceso y permitir la calidad superficial requerida.[8]

Los lubricantes de corte y refrigeración para trabajar en las máquinas-herramienta diversos materiales, se muestran en la Tabla 2.2. Para el caso particular del mecanizado, se emplea el refrigerante de clase 4 o 5, porque ayuda a la disipación del calor generado durante la creación de la viruta y protege a la pieza, herramienta y máquina, contra la oxidación y corrosión.

---

[6] Fluidos de Corte; Proyecto Fittema; http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3087.pdf
[7] Función o importancia de la Taladrina; Kumar, P; http://www.comunidadindustrial.com/viewtopic.php?t=15138&p=22712
[8] Fluidos de Corte; Proyecto Fittema; http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3087.pdf

Tabla 2. 2 Tipo de lubricante para torneado

Material a trabajar	Clase de trabajo	
	Tornear	Taladrar
Acero inoxidable	3	3,6
Aluminio y sus aplicaciones	4,5	5
Cupro-aluminio, bronce y latón	1,2	2
Materiales plásticos	1	1

Clave de los lubricantes y refrigeración de la Tabla 2.3

1= en seco

2= En agua con 5 % de aceite soluble (taladrina)

3= Agua con 8 % de aceite soluble (taladrina)

4= Petróleo

5= Petróleo con 10 % de aceite mineral

6= Aguarrás 40 %, Azufre 30%, Albayalde 30 %

2.1.5.4. Protección frente a la corrosión

El fluido acuoso podría oxidar y corroer la pieza, la herramienta o la máquina, para evitarlo las formulaciones incorporan protectores frente a la corrosión.[9]

2.2. SISTEMAS CAD/CAM/CAE

En la actualidad existen varios paquetes computaciones, los mismos que brindan al usuario ayuda en el modelado, manufactura y simulación, esto se realiza a través de los sistemas CAD/CAM/CAE que brindan herramientas que facilitan al trabajador realizar su trabajo, en la actualidad los software más empleados en el mundo son: Master CAM, BobCAD-CAM, CATIA y NX, software con diferentes características pero que cumplen el mismo objetivo.

[9] Fluidos de Corte; Proyecto Fittema; http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3087.pdf

2.2.1. BREVE HISTORIA DEL DESARROLLO DE CAD/CAM/CAE

Para hablar del origen de las tecnologías CAD/CAM actuales, hay que volver al antigua Egipto en donde los ingenieros de esa época reconocieron la comunicación gráfica. El desarrollo verdadero de los sistemas CAD/CAM comenzó en la década de 1950, de ahí denominada como la era de la infografía interactiva.

Laboratorio de mecanismos demostrado el concepto de control numérico (NC) sobre un eje de tres fresadoras. Desarrollo en esta época fue frenado por las deficiencias de los equipos en el tiempo. Durante finales de 1950 del desarrollo de automáticamente programado herramientas (APT) comenzó y General Motors exploró el potencial de graphics.interactive interactivo

La década de los años 60, Iván Sutherland desarrolló un sistema sketchpad, que demostró la posibilidad de crear dibujos y altercados de objetos de forma interactiva en un tubo de rayos catódicos (CRT). El término CAD empezó a relacionarse con la palabra 'diseño'. En esa misma década General Motors anunció que su sistema DAC-1 y tecnologías Bell introdujeron el gráfico 1 sistema de visualización remota.

Durante la década de los años 70, los esfuerzos de investigación de la década anterior en realizar gráficos con la ayuda de un computador, empezaron a rendir frutos, y realizó el potencial de la infografía interactiva en la mejora de la productividad por la industria.

En la década de los años 80, aparecieron nuevas teorías y algoritmos que permitieron la integración de varios elementos de diseño y fabricación, que fue muy importante para el desarrollado de estos sistemas, permitiendo realizar diseños geométricos tridimensionales. El desarrollo de CAD/CAM de hoy en día se centra en la integración eficiente y rápida y automatización de varios elementos de diseño y fabricación junto con el desarrollo de nuevos algoritmos. Existen muchos paquetes comerciales de CAD/CAM para usos directos que son fácil de usar y muy eficiente.

2.3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOFTWARE CAD/CAM/CAE

Esta sección tiene como fin el analizar los paquetes computaciones más empleados en la actualidad por las industrias para los procesos de modelado, manufactura y simulación y seleccionar el software que tenga las mejores herramientas en los sistemas CAD/CAM/CAE, y sea más compatible con el usuario.

Para realizar la selección del software se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderaros.

2.3.1. MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERAROS

Cuando se realizan proyectos la mayor parte de las veces, se presentan varias alternativas, y es necesario seleccionar una de ellas entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Para realiza esta selección de una manera correcta es recomendable emplear el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

El presente método se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas.
- 0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas.
- 0 Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución).

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

2.3.2. ALTERNATIVAS DE SOFTWARE

Actualmente se presentan en la industria varios software que permiten realizar trabajos de modelado, manufactura y simulación, estos software son uno más completo o amigable con el usuario, que el otro. De esta manera se han considerado los siguientes paquetes computacionales para el respectivo análisis y selección del mejor software para realizar los trabajos de diseño.

En la industria de nuestro país los software que tienen mayor aceptación son siguientes:

- Master CAM (alternativa A),
- BobCAD-CAM (alternativa B),
- CATIA (alternativa C),
- NX (alternativa D).

2.3.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Los diferentes software que se analizara para determinar cuál es el paquete computacional más conveniente, para la industria y para la educación, se procederá analizando los siguientes criterios de evaluación:

- Herramientas CAD/CAM/CAE
- Compatibilidad con el programador.

- Tiempo de modelado y manufactura.
- Aplicación a la educación y la industria

2.3.3.1. Evaluación del peso específico para cada criterio

Considerando los diferentes criterios se estima una ponderación a cada uno de ellos para determinar cuál es el criterio que mayor importancia tiene en un software CAD/CAM/CAE y mediante esto seleccionar una alternativa, la ponderación se realizara mediante la Tabla 2.3.

Tabla 2. 3 Evaluación de criterios

Criterio	Herramientas	Compatibilidad	Tiempo	Aplicación	∑	Ponderación
Herramientas		0,5	0	0	1,5	15,00
Compatibilidad	0,5		0	0,5	2	20,00
Tiempo	1	1		0,5	3,5	35,00
Aplicación	1	0,5	0,5		3	30,00
				Suma:	10	100

2.3.3.2. Evaluación del peso específico del criterio de herramientas CAD/CAM/CAE

Se realiza la comparación de los criterios de las diferentes alternativas para determinar que software tiene las mejores herramientas CAD/CAM/CAE, la evaluación de criterios se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2. 4 Evaluación del criterio de herramientas CAD/CAM/CAE

Herramientas	A	B	C	D	∑+1	Ponderación
A		0,5	0	0	1,5	0,15
B	0,5		0	0	1,5	0,15
C	1	1		0	3	0,3
D	1	1	1		4	0,4
				Suma:	10	1,00

2.3.3.3. Evaluación del peso específico del criterio compatibilidad con el programador

Es necesario analizar que alternativa es más compatible con el usuario, de otra manera se desea determinar que software presenta la configuración más asequible para poder realizar el modelado y programación, la evaluación se realiza en la Tabla 2.5.

Tabla 2. 5 Evaluación del criterio de compatibilidad con el usuario

Compatibilidad	A	B	C	D	∑+1	Ponderación
A		0,5	0	0	1,5	0,15
B	0,5		0	0	1,5	0,15
C	1	1		0,5	3,5	0,35
D	1	1	0,5		3,5	0,35
				Suma:	10	1,00

2.3.3.4. Evaluación del peso específico del criterio tiempo de modelado y manufactura.

Es necesario analizar que alternativa permite realizar las operaciones de modelado y programación de manufactura en un tiempo reducido, el estudio de evaluación del criterio se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2. 6 Evaluación del criterio de tiempo de modelado y manufactura

Tiempo	A	B	C	D	∑+1	Ponderación
A		0,5	0,5	0	2	0,20
B	0,5		0	0	1,5	0,15
C	0,5	1		0,5	3	0,30
D	1	1	0,5		3,5	0,35
				Suma:	10	1,00

2.3.3.5. Evaluación del peso específico del criterio de aplicación a la educación y la industria

Se analiza la alternativa que es más recomendable para ser empleado como herramienta de enseñanza y en la industria, mediante la Tabla 2.7 se realiza la evaluación del criterio propuesto.

Tabla 2. 7 Evaluación del criterio de aplicación a la educación y la industria

Aplicación	A	B	C	D	∑+1	Ponderación
A		0,5	0	0	1,5	0,15
B	0,5		0	0	1,5	0,15
C	1	1		0,5	3,5	0,35
D	1	1	0,5		3,5	0,35
				Suma:	10	1,00

2.3.4. RESULTADOS

2.3.4.1. Tabla de selección de alternativas

En la siguiente tabla se muestra los resultados de las evaluación de los diferentes criterios analizados, y cualitativamente se muestra cual es la mejor alternativa para ser utilizado en la Tabla 2.8.

Tabla 2. 8 Tabla de resultados

Criterio	Herramientas	Compatibilidad	Tiempo	Aplicación	∑	Ponderación
A	0,15	0,15	0,20	0,15	0,65	16,25
B	0,15	0,15	0,15	0,15	0,60	15,00
C	0,3	0,35	0,30	0,35	1,30	32,50
D	0,4	0,35	0,35	0,35	1,45	36,25
				Total	4,00	100,00

Se muestra que la mejor alternativa D, que corresponde a el software NX, y será el paquete computacional que se empleara para desarrollar el proyecto.

2.4. SOFTWARE NX

NX es uno de los productos de CAD/CAM/CAE más avanzado y estrechamente integrado del mundo desarrollo de soluciones. Que abarca toda la gama de desarrollo de producto, NX ofrece inmensas valor a las empresas de todos los tamaños. Simplifica los diseños de producto complejo, acelerando así la proceso de introducción de productos al mercado.

El software NX integra principios basados en el conocimiento, diseño industrial, modelado geométrico, análisis avanzado, simulación gráfica e ingeniería

concurrente. El software tiene poderosos híbrido capacidades de modelado mediante la integración de funciones basadas en la restricción explícita y modelado geométrico. Además de modelado de piezas de geometría estándar, permite al usuario diseñar formas complejas de forma libre como airfoils pariente y colectores. También fusiona sólida y superficie técnicas de modelado en una potente herramienta de ajuste.

2.4.1. APLICACIONES

El software NX es mucho más que un conjunto de aplicaciones CAD, CAM y CAE integradas. Es un paquete computacional que permite realizar los procesos de ingeniería mediante el software de Siemens, es una solución para el desarrollo del producto con un valor superior a la suma de sus componentes. Todas las aplicaciones de desarrollo del producto están interconectadas en un entorno. Las herramientas de gestión del proceso de ingeniería y datos del producto proporcionan una fuente única de información que coordina todas las fases de desarrollo, mejora la colaboración y permite la mejora continua de los procesos de diseño, ingeniería y fabricación.

Con el software NX se podrá realizar las siguientes actividades:

- Realizar modelados, rediseños, creación de partes para refacciones, moldes, troqueles, electrodos, maquinado, diseño industrial, análisis de partes, estructuras, mecanismos etc.
- Mejorar la productividad, ya que reduce tiempo en los procesos de modelado y manufactura.
- Crear productos más innovadores, con las herramientas de diseño con las que cuenta el software, por lo tanto se logra una mejor eficacia en el proceso
- Reducción de costos por el tiempo de diseño.

2.4.2. SOFTWARE NX CAD/CAM/CAE

A continuación se describen los las diferentes herramientas de CAM/CAD/CAE con las cuenta el software y que permite realizar de una forma más rápida y por lo tanto económica los diferentes trabajos de diseño o manufactura.

2.4.2.1. CAD (Diseño Asistido por computadora)

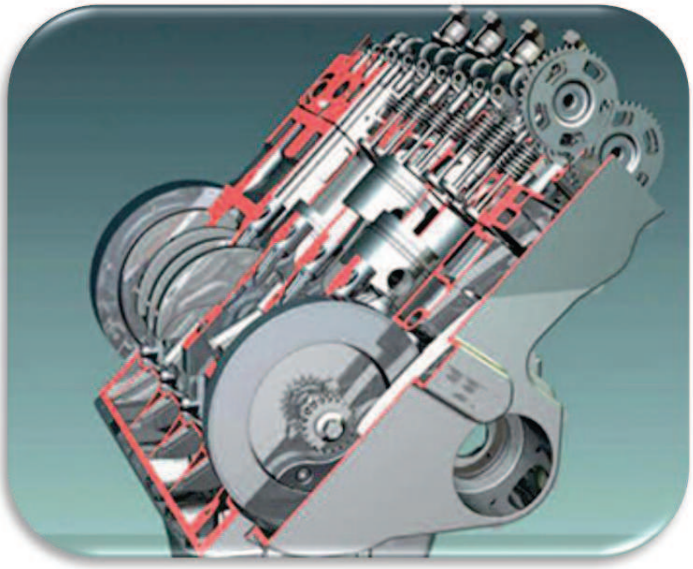

Figura 2. 3 Diseño en el ciclo de vida del producto

Fuente: *http://www.dsicadcamcae.com/NXCAD.html*

El sistema CAD del software NX, es una tecnología que mediante el uso de sistemas informáticos ayuda a la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño, la principal función de CAD es definir o modificar la geometría de diseño de una pieza mecánica, realizar ensamblables, estructura arquitectónica, planos, etc. Las mayores ventajas de los sistemas CAD son que pueden ahorrar mucho tiempo y reducir los errores causados por de lo contrario tener que redefinir la geometría del diseño desde cero cada vez que sea necesario.

2.4.2.2. CAM (Fabricación asistida por computador)

La tecnología CAM del software NX, implica herramientas que planifican, administran y controlan las operaciones de manufactura a través de la interfaz de la computadora que permite realizar la simulación del proceso de maquinado.

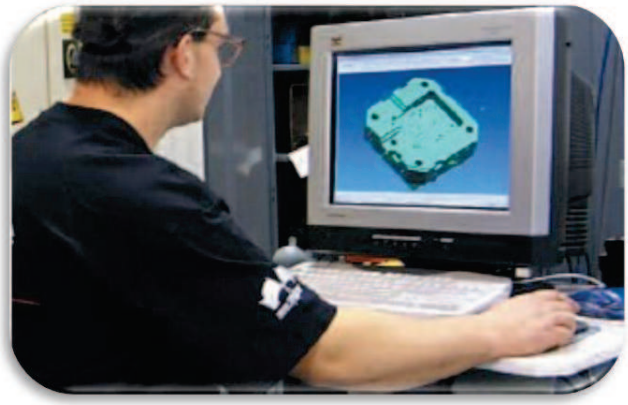

Figura 2. 4 Aplicación del CAM

Fuente: *http://www.dsicadcamcae.com/NXCAM.html*

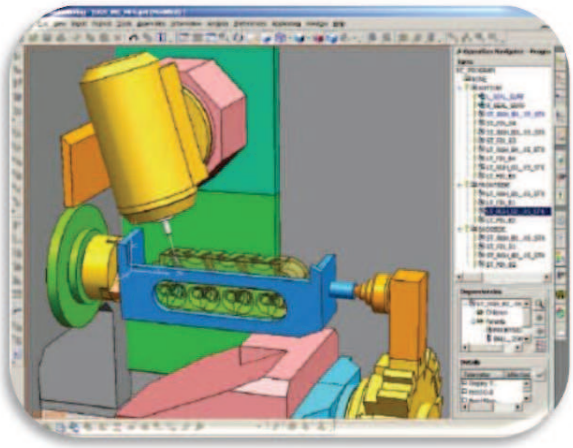

Figura 2. 5 Aplicación del programa NX a través del CAM

Fuente: *http://www.dsicadcamcae.com/NXCAM.html*

La tecnología con la que cuenta el software NX automatiza y acelera el la producción de elementos mecánicos, debido a que los procesos de mecanizado, NX proporciona el tipo de rendimiento CAM capaz de maximizar la rentabilidad de las inversiones en máquinas-herramienta avanzadas. NX, vinculado con controles

de datos y procesos probados, permite a las empresas gestionar la información con el fin de mejorar la productividad y la colaboración en operaciones de fabricación.

2.4.2.3. CAE (Computer Aided Engineering)

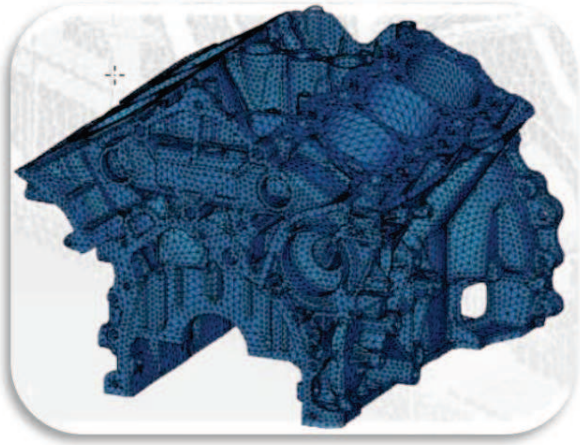

Figura 2.7 Aplicación del programa NX a través del CAE

Fuente: *http://www.dsicadcamcae.com/NXCAE.html*

La tecnología CAE del software NX, emplea un sistema que mediante la computadora, permite realizar el análisis de piezas creadas por el CAD, permitiendo que los diseñadores puedan simular y estudiar cómo se comportará el producto para que el diseño pueda ser refinado y optimizado, permite realizar estudios como por ejemplo: análisis cinemáticos, análisis dinámicos, análisis mediante el método de los elementos (FEM) empleado para determinar la tensión, deformación, calor transferencia, distribución de campo magnético, flujo de fluidos y otros problemas de campo continúo que son a menudo demasiado difíciles de resolver con cualquier otro enfoque.

2.5. TUTORIAL DE LAS DISTINTAS OPERACIONES DEL SOFTWARE NX

En el presente tema se propone explicar las distintas operaciones que son posibles realizar a través del software NX, también se dará una breve explicación de las distintas herramientas y parámetros para programar las distintas

operaciones, con esto se facilitara realizar las distintas operaciones y conseguir en producto final con una mayor rapidez y eficiencia.

2.5.1. DEFINIR LA GEOMETRÍA DE LA PIEZA Y EL MATERIAL EN BRUTO

En esta sección se explicar cómo debe definir el sistema de coordenadas en la pieza en la máquina (MCS), como definir los límites en bruto del elemento y definir la contención de la región de corte.

2.5.1.1. Pieza y límites en bruto

Los límites en bruto y pieza son necesarios para generar una trayectoria de la herramienta. Para crear límites en bruto y pieza, se inicia seleccionando los cuerpos sólidos (1) que contienen la pieza y el espacio en bruto. Curvas de sección transversales (2) que representa un corte transversal 2D de un cuerpo sólido se crean automáticamente. Estas curvas sirven como referencia para trayectorias de herramienta y contención de crear operaciones. A continuación, puede mostrar los límites (3) necesarios para generar una trayectoria de la herramienta.

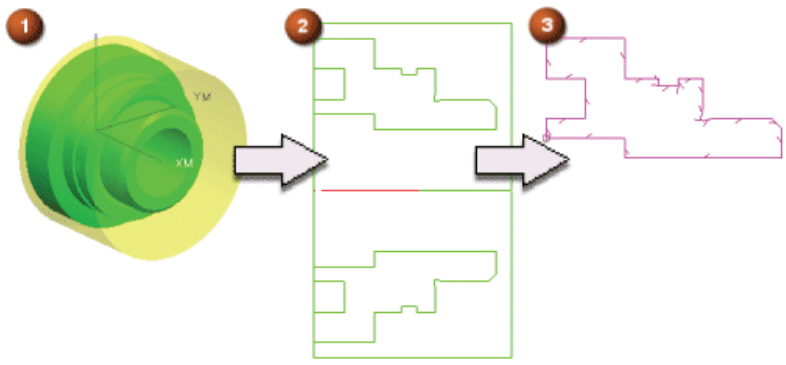

Figura 2. 6 Selección de geometría

2.5.1.2. El cuadro de diálogo crear geometría

Se deberá utilizar el cuadro de diálogo crear geometría para definir MCS_SPINDLE (1), WORKPIECE (2), TURN_WORKPIECE (3), TURN_PART (4), objetos de CONTAINMENT (5), y AVOIDANCE (6).

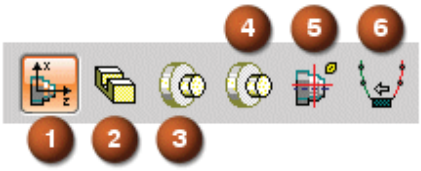

Figura 2. 7 Cuadro de dialogo para crear geometría

2.5.1.2.1. MCS_SPINDLE

Se utiliza la opción **MCS_SPINDLE** para crear, editar, almacenar la máquina y coordinar los sistemas utilizados para la definición de ejes.

En el cuadro de diálogo de MCS, se debe utilizar el plano ZM-XM, que es el sistema que reconoce el torno que estamos empleando.

Figura 2. 8 Cuadro de dialogo del huso de MCS

Como se ilustra a continuación, elegir "ZM-XM", especifica ZM-XM como el plano de trabajo de torno independientemente de la orientación de las WCS. Éste es el plano en que sección se crean curvas y trayectorias de herramienta.

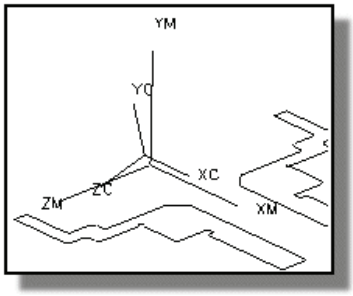

Figura 2. 9 Orientación de las WCS

A continuación se guardara el MCS definido. Para realizar los diferentes trabajos de manufactura.

2.5.1.2.2. WORKPIECE

Se usa la opción **WORKPIECE** para definir la geometría en bruto y la pieza seleccionando cuerpos sólidos**.**

Comience seleccionando los cuerpos sólidos (1) que contienen la pieza y el espacio en bruto. Curvas de sección transversales (2) que representa un corte transversal 2D de un cuerpo sólido se crean automáticamente y utiliza para crear límites (3) necesarios para generar una trayectoria de la herramienta.

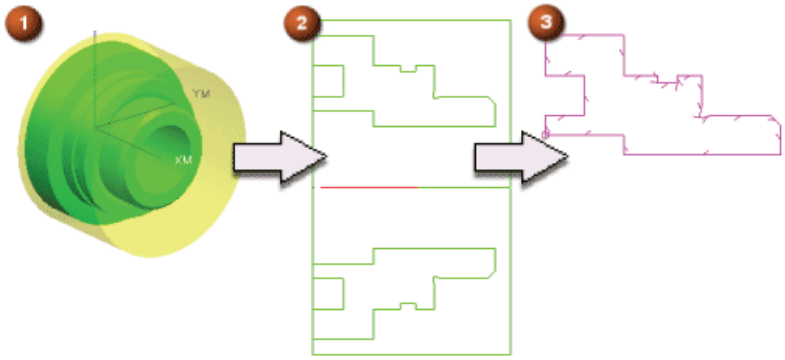

Figura 2. 10 Selección del material

Pieza de trabajo contiene las definiciones de geometría en bruto y la pieza del cuerpo sólido mientras que **TURN_WORKPIECE** contiene las curvas de sección transversales derivadas y límites.

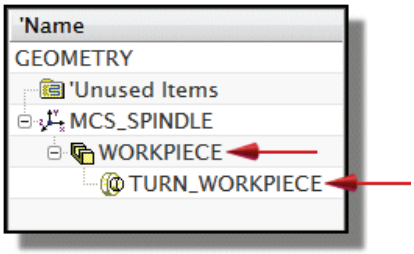

Figura 2. 11 Cuadro de dialogo del MCS_SPINDLE

2.5.1.2.3. TURN WORKPIECE

El icono de **TURN_WORKPIECE** contiene las curvas de sección transversales y los límites que se deriva automáticamente de la pieza y en bruto cuerpos definidos en la pieza de trabajo.

También permite definir límites de la pieza manualmente de caras (1), curvas (2) y puntos (3).

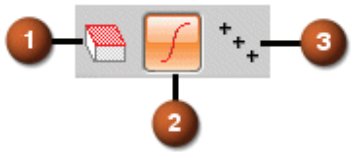

Figura 2. 12 Selección de límites de la pieza

Límites en bruto pueden definirse desde barra de stock, stock de tubo, curvas o la pieza de trabajo en proceso.

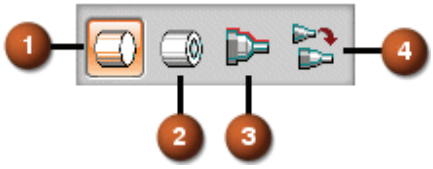

Figura 2. 13 Límites del material en bruto

1. Barra de Stock (opción de selección de parámetros en bruto)

2. Tubo Stock (opción de selección de parámetros en bruto)

3. A partir de la curva (geometría creada por el torno de sección transversal)

4. Desde el espacio de trabajo (hace referencia la pieza de trabajo en proceso)

La mejor opción es seleccionar Tubo Stock que elige toda la periferie de la pieza.

Lado de material está dentro o fuera de fronteras cerradas y a la izquierda o derecha para abrir fronteras. Para límites abiertos, cuando usted mira en la dirección de la frontera (1), si el material a permanecer a la derecha (2), luego el lado de Material debe especificarse como derecho.

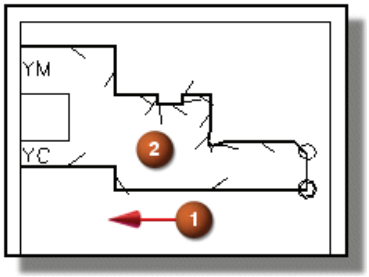

Figura 2. 14 Limites abiertos

2.5.1.2.4. TURN PART

El icono de **TURN_PART** le permite definir manualmente las fronteras de la pieza de caras, curvas y puntos y organizarlas en objetos independientes. Organizar objetos **TURN_PART** dentro de **TURN_WORKPIECE** objeto le da el que control sobre la pieza de cómo determinada límites se aplican a varias operaciones.

Dando objetos **TURN_PART** nombres descriptivos puede aliviar la confusión al crear programas. **PART_OD,** por ejemplo, contiene un límite de definir la geometría de las piezas de diámetro exterior, mientras que **PART_ID** contiene un límite definir dentro de la geometría de la pieza de diámetro.

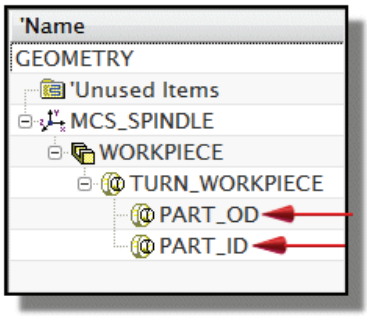

Figura 2. 15 Cuadro de dialogo de TURN_WORKPIECE

2.5.1.2.5. CONTAINMENT

El icono del **CONTAINMENT** restringe la región corte permitiendo colocar planos de cortes axiales y radiales y recortar puntos. Puntos de ajuste permiten

restringir la región corte además los límites impuestos por los planos de cortes axiales y radiales.

Un plano de corte axial (1) puede evitar colisiones con el portabrocas. Un plano de contención radial (2) puede evitar el corte a la línea central.

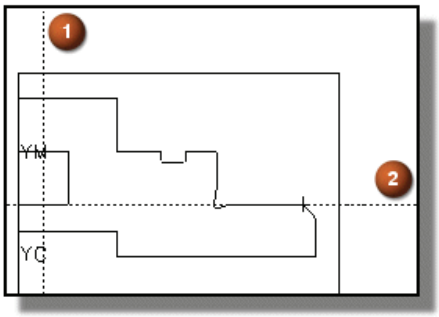

Figura 2. 16 Límites del CONTAINMENT

2.5.1.2.6. AVOIDANCE

El icono del **AVOIDANCE** específica la herramienta posiciones y movimientos como la herramienta se desplaza hacia o lejos de la pieza. Se puede definir el avoidance como una geometría del objeto cuando varias operaciones requieren los mismos parámetros de avoidance (p. ej. Operaciones de desbaste de OD, frente a las operaciones, ID operaciones de ranurado, etc...). Avoidance debe definirse dentro de las operaciones individuales cuando las operaciones requieren parámetros de avoidance único.

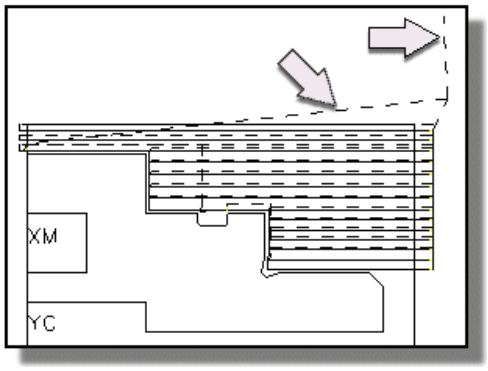

Figura 2. 17 Selección del AVOIDANCE

2.5.2. RECUPERAR Y CREAR HERRAMIENTAS

Esta sección explica la forma crear herramientas, las cuales posteriormente serán empleadas para la elaboración de las piezas diseñadas.

Operaciones deben utilizar herramientas del tipo apropiado. Operaciones de torneado, sólo puede utilizar herramientas de torneado. Operaciones de fresado, sólo puede utilizar herramientas de fresado.

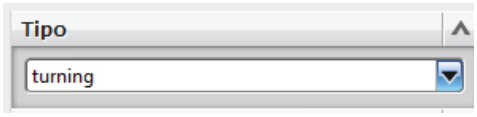

Figura 2. 18 Tipo de trabajo

(1) Se pueden crear nuevas herramientas o herramientas predefinidas pueden ser obtenidos de la biblioteca (2). Cuando la definición de operaciones multi-turret herramientas puede asignarse a bolsillos (3) (también llamados caras) dentro de las compañías (4).

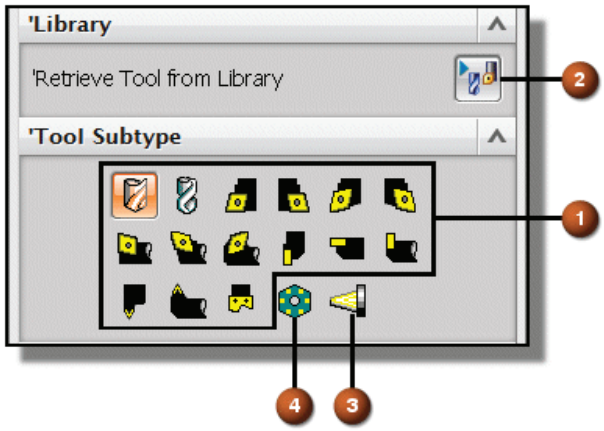

Figura 2. 19 Biblioteca de herramientas

Determinar el número de herramienta por el bolsillo en el que se coloca la herramienta es análogo a un operador de máquina recogiendo una herramienta y ponerla en un bolsillo de la máquina.

La herramienta es obtenida en la pieza y aparece en la operación Navigator. Obtenido de la biblioteca de herramientas tienen predefinidos herramienta números y no se puede poner en caras.

- Haga clic en Cancelar en el cuadro de diálogo herramienta de crear.

Deje esta parte abierta. Podrá seguir utilizando en la siguiente actividad.

Figura 2. 20 Cuadro para crear herramientas

2.5.2.1. Parámetros comunes

La ficha de herramienta muestra las opciones que permiten definir parámetros comunes para el subtipo especificado como el tamaño, forma, orientación y material de la herramienta de corte. Posición de inserción (1) define si el cortador se monta en la parte superior o la parte inferior del soporte. El sistema determina una rotación hacia la derecha o hacia la izquierda del eje basado en la posición especificada de insertar y la ubicación de la región de corte por encima o por debajo de la línea central.

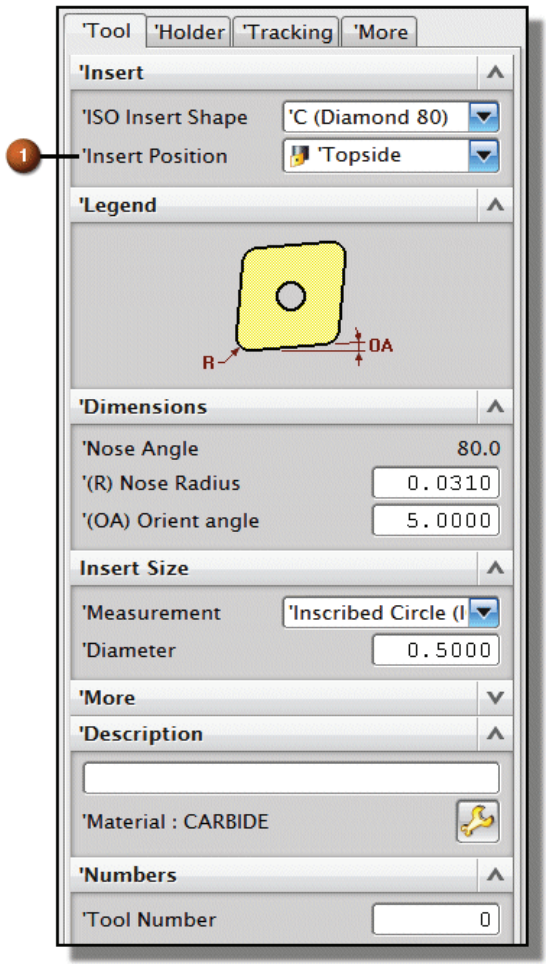

Figura 2. 21 Cuadro de dialogo para generar una nueva herramienta

2.5.2.2. Seguimiento de la herramienta

La ficha de seguimiento muestra opciones que definen puntos de seguimiento en la punta de la cuchilla. Internamente, el sistema calcula la salida de trayectoria de herramienta basada en estos puntos.

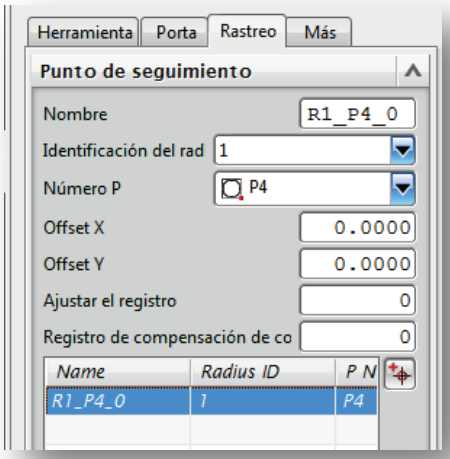

Figura 2. 22 Cuadro de dialogo de posicionamiento de la herramienta

- El **ID de radio** selecciona la esquina es la esquina activa.

- El **número de P** selecciona uno de los nueve puntos disponibles alrededor de la esquina activa como el punto de seguimiento. Se puede definir un punto de seguimiento para cada esquina disponible de la pieza de corte.

- El **ángulo de la herramienta** sigue la trayectoria de la herramienta de generación de la operación en el centro del radio de punta de la herramienta, pero pone el valor del parámetro del ángulo de la herramienta a disposición del postprocesador. Esto sólo está disponible cuando P9 es seleccionado como el número de P.

- El **radio** pistas la herramienta trazado de generación de la operación en el centro del radio de punta de herramienta esto sólo está disponible cuando P9 es seleccionado como el número de P.

- El **desplazamiento X** es la distancia entre el punto de referencia de la herramienta y su punto de seguimiento medido en el eje del husillo.

- El **desplazamiento Y** es la distancia entre la referencia de la herramienta y su punto de seguimiento mide normal al eje del husillo.

- El **registro de ajuste** proporciona la ubicación de la herramienta desplazamiento coordenadas en la memoria del controlador.
- El **registro de compensación** ajusta la trayectoria de la herramienta para permitir una variación en el tamaño del inserto.

2.5.2.3. Porta-herramienta

Las opciones del cuadro de dialogo permiten definir la forma y el tamaño de un soporte que es apropiado para el tipo de herramienta seleccionada.

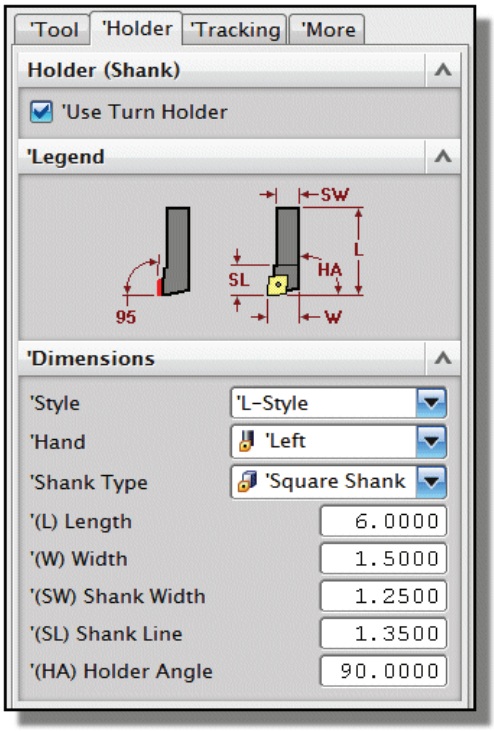

Figura 2. 23 Cuadro de dialogo del porta-herramientas

2.5.3. OPERACIONES DE DESBASTE

Las opciones de desbaste en el torneado permiten remover grandes cantidades de material y dejar el material necesario para realizar la operación de afinado.

2.5.3.1. Corte de patrones

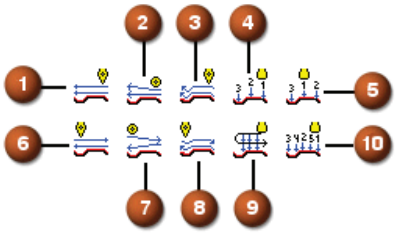

Figura 2. 24 Corte de patrones

- **Lineal Zig** es un corte recto en una dirección. Cada paso es paralela a la pasada anterior.
- **Tiempo de rampa Zig** es para cortes inclinado/declinado en una dirección.
- **Contorno Zig** son cortes paralelos de contornos en una dirección. Cada paso sigue el perfil de las piezas.
- **Penetración Zig** son cortes de inmersión típica en una dirección dentro de la región de corte.
- **Penetración cortes alternativos** con el corte alternando la dirección de ancho de paso. Cada inmersión posterior se aplica al lado opuesto de la primera inmersión.
- **Lineal Zig-Zag** es un corte recto con cada corte posterior paso en una dirección alterna.
- **Tiempo de rampa Zig-Zag** es para cortes inclinado/declinado en la alternancia de las direcciones.
- **Contorno Zig-Zag** son cortes paralelos de contornos con alternando la dirección. Cada paso sigue el perfil de la parte.

- **Penetración Zig-Zag** es para cortes de inmersión repetida a un determinado nivel y en 7direcciones alternas.

- **Penetración Castling** es un patrón único de inmersión que deja pilares entre introducciones y, a continuación, vuelve a cortar los pilares. El resultado es incluso presión sobre la herramienta de corte.

2.5.3.2. Ancho de paso (profundidad de corte)

Ancho de paso (para cortes de inmersión) y profundidad de corte (para cortes Zig y Zig_Zag) determinan cómo la herramienta se moverá de un nivel de corte a la siguiente. El patrón del corte determina los tipos están disponibles.

Tabla 2. 9 Tipos de profundidad de corte/ancho de paso y corte de patrones

Tipos	Lineal Zig	Rampa Zig	Contorno Zig	Lineal Zig-Zag	Rampa Zig-Zag	Contorno Zig-Zag	Plunge (Todo)
Constante	X	X	X	X	X	X	X
Variable Max.	X	X		X	X		X
Variable Avg.	X	X		X	X		X
# de niveles	X			X			
# de pases			X			X	
Individual	X		X	X		X	

- **Constante.-** Especifica la profundidad máxima de corte en cada pasada de desbaste. Este valor se utiliza tantas veces como sea posible y, a continuación, se elimina todo resto de material en una sola pasada.

- **Variable Max.-** Determina las regiones de cortes, cortes en el valor máximo tantas veces como sea posible y, a continuación, elimina los restos de material en una sola pasada si es mayor o igual al mínimo dentro de cada región separada.

- **Variable promedi**o.- Calcula el número mínimo de pasadas necesarias basada en nunca corte más que el máximo o menos que el mínimo para cada región.

- **Número de niveles.-** Produce iguales profundidades de corte por lo que le permite definir el número de niveles para el desbaste lineal.

- **Número de pasadas.-** Permite definir el número de pasadas de contornos para retirar el material.

- **Individual**.- Produce una serie de diferentes profundidades del corte por lo que le permite definir el número de pasadas en cada profundidad de corte.

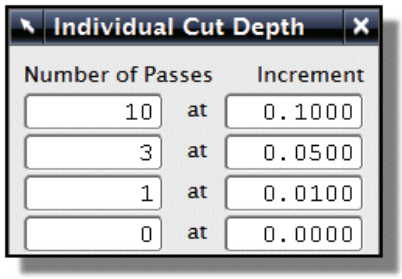

Figura 2. 25 Cuadro de incremento de pases

2.5.3.3. Acabado

Acabado es un paso adicional aplicado al final de la trayectoria de la herramienta diseñada para eliminar material como pasos (1) dejada por las anteriores pasadas de desbaste.

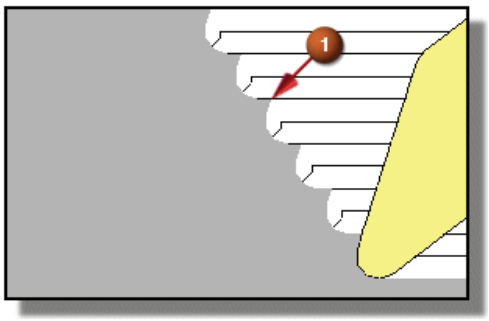

Figura 2. 26 Acabado superficial

Pasadas de limpieza pueden realizarse de varias maneras diferentes.

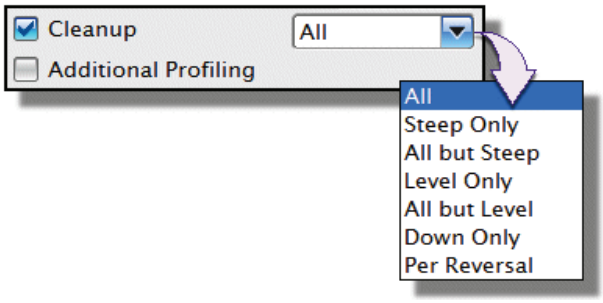

Figura 2. 27 Opciones de tipos de acabado

Tabla 2. 10 Tipos de acabado

Todo	Crea una limpieza en todos los contornos.
Pendiente	Pendiente sólo crea una limpieza en sólo los elementos empinados.
Empinadas	Los parámetros se definen mediante los tipos de contorno bajo el botón de corte.
Todos menos empinada	Crea una limpieza de toda la geometría que no califica como pendiente.
Nivel	Los parámetros se definen mediante los tipos de contorno bajo el botón de corte.
Todos menos nivel	Crea una limpieza en toda la geometría excepción la geometría que no califica como de nivel.
Abajo	Sólo crea una limpieza en una dirección hacia abajo. Esta opción se utiliza comúnmente en ranurado
Por inversión	Crea una limpieza en la reversión sólo.

2.5.3.4. Tipos de perfiles

En el cuadro de diálogo tipos de contorno cuadro define caras, diámetros, áreas escarpadas y zonas de nivel basadas en ángulos mínimo y máximo. Al hacerlo, caras pueden distinguirse de diámetros, y pueden distinguirse áreas escarpadas zonas de nivel, permitiendo que el sistema aplique cara y acción radial apropiadamente.

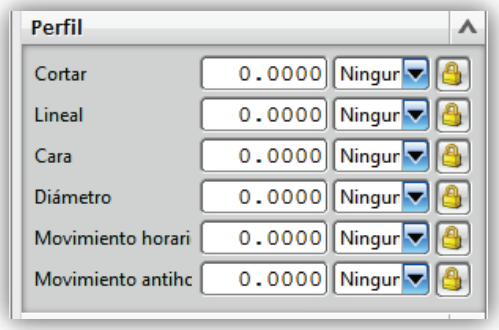

Figura 2. 28 Tipos de perfiles

Utilizando los valores de la cara y el diámetro indicado anteriormente, la figura siguiente ilustra cómo cualquier línea o curva con una inclinación entre 10 y -10 grados es reconocido como un diámetro (1), al que se aplica la acción Radial. Cualquier línea o curva con una pendiente entre 80 y 100 grados es reconocido como una cara (2), al que se aplica la acción de la cara.

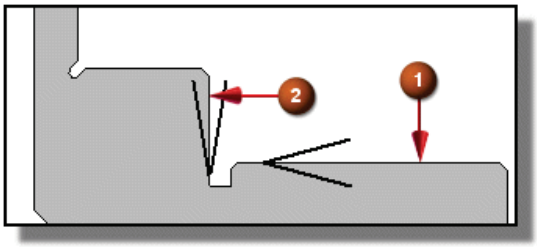

Figura 2. 29 Dirección de trabajo

2.5.3.5. Corte

Las opciones de corte permiten agregar control de herramienta adicional.

2.5.3.6. Tolerancia

Tolerancias permite establecer valores para Intol y Outtol. La tolerancia se aplica el límite de la parte y determina la cantidad de desviación del límite aceptable.

2.5.3.7. Ángulos de corte separación

Esta opción se utiliza como un espacio para el conductor y el ángulo del talón. Esta opción se utiliza para impedir el alza de la herramienta.

2.5.3.8. Espacio libre mínimo

Espacio libre mínimo define una distancia segura lejos de los límites en blanco. Puede definir las distancias individuales para diámetros y caras.

Espacio libre mínimo asegura que el posicionamiento se mueve entre las regiones de corte o durante un movimiento de salto, borra la pieza de trabajo en proceso.

2.5.3.9. Restricciones de cortes

Estas opciones permiten definir una profundidad mínima de corte y la longitud mínima de corte para la operación. Estas opciones sólo se aplican a las opciones de corte lineal.

2.5.3.10. Regiones de cortes

Esta opción le permite a todos los cortes de las regiones en una sola operación, reducir el número de las operaciones de su parte de la máquina de la máquina. Secuenciación de la región permite controlar la región de corte mecanizado de la secuencia. Secuencias incluyen sola dirección, la dirección inversa, suplente, y Bidireccional.

2.5.3.11. Control de corte

La opción de Control de corte permite controlar el punto de entrada de la herramienta en las áreas socavadas en la pieza de trabajo.

2.5.4. REFRENTADO

Esta lección le enseña de que se trata una operación de refrentado y cuáles son los parámetros que se deben tomar en cuenta al momento de realizar esta operación.

2.5.4.1. Refrentado

El refrentado elimina material de manera normal a la línea central. Muchos de los parámetros que se encuentran en la cara son comunes a otras operaciones de desbaste.

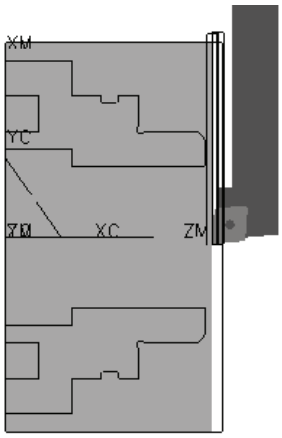

Figura 2. 30 Ejercicio de Refrentado

2.5.4.2. Definición de refrentado

El sistema define rostros basados en parámetros especificados en el cuadro de diálogo tipos de contorno (**Cutting→Settings**).

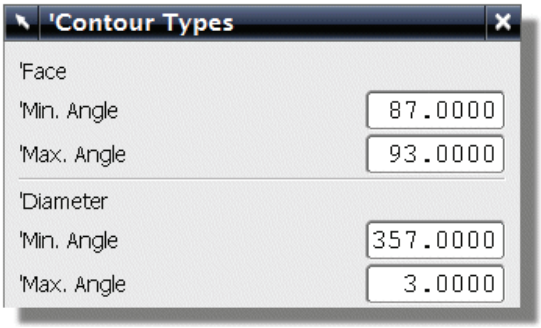

Figura 2. 31 Definición de contornos

Cuando los parámetros se especifican como se muestra arriba, cualquier línea o curva con una pendiente entre 3 y 357 grados (1) es reconocida como un diámetro, al cual Radial se aplica caldo.

Cualquier línea o curva con una pendiente entre 87 y 93 grados (2) es reconocida como una cara, a que se enfrentan se aplica la acción.

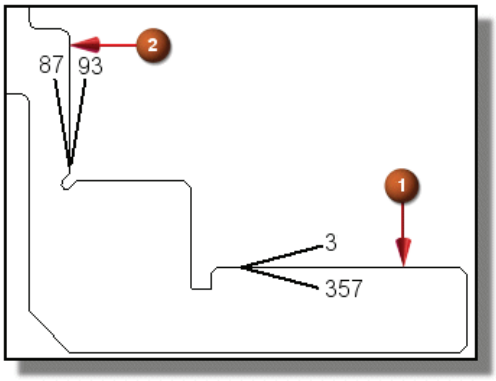

Figura 2. 32 Dirección de trabajo

2.5.4.3. Proceso de la pieza de trabajo

El proceso de la pieza de trabajo es el material restante en cada etapa del proceso de corte. El sistema de pistas y muestra gráficamente la pieza de trabajo en proceso como el avance del programa. Cada operación posterior utiliza la pieza de trabajo en proceso que avanza desde la operación a la siguiente.

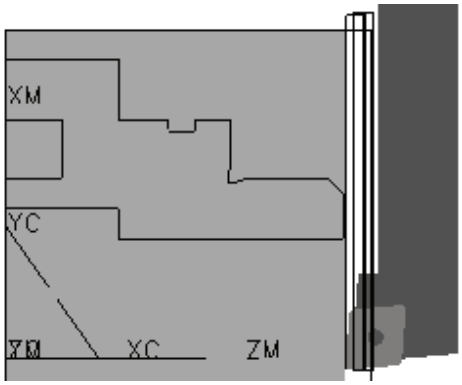

Figura 2. 33 Operación de Refrentado

Cortar las regiones y la región de corte automático de la detección

Las operaciones de desbaste (y acabadas) utilizan la detección de la región de corte automático. El sistema detecta el material restante entre la pieza de trabajo en proceso y la superficie de la pieza y, a continuación, utiliza la región de corte para la operación posterior.

El material que puede ser eliminado por una sola operación depende de:

- Forma de la pieza de trabajo en proceso.
- Límite de la pieza.
- Límite en bruto.
- Forma de la herramienta.

2.5.5. OPERACIONES DE RANURADO

Esta lección tiene como fin enseñar que es la operación de ranurado y describir los diferentes parámetros de la operación.

2.5.5.1. Ranurado

Ranurado es una operación que se utiliza para retirar el material en surcos o áreas de socavado.

2.5.5.1.1. Tipos de operación de ranurado

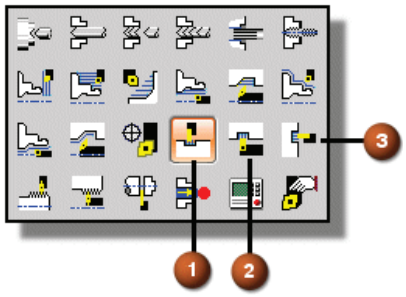

Figura 2. 34 Tipos de operación de ranurado

1. GROOVE_OD
2. GROOVE_ID
3. GROOVE_FACE

2.5.5.1.2. Patrones de corte

Hay cuatro patrones de cortes de corte.

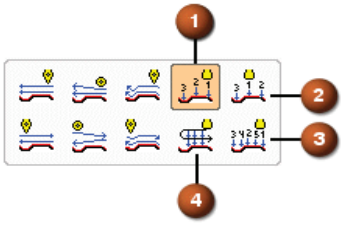

Figura 2. 35 Patrones de corte

- **Penetración Zig** son cortes de inmersión típica en una dirección dentro de la región de corte.

- **Penetración cortes alternativos** con alternando la dirección de ancho de paso. Cada inmersión posterior se aplica al lado opuesto de la primera inmersión.

- **Penetración Zig-Zag** hace que la herramienta para sumergirse a una profundidad de corte especificado y, a continuación, realizar una serie de cortes de inmersión para quitar todo el material a esa profundidad. Luego se sumerge nuevamente a la profundidad de corte y elimina todo el material en ese nivel. Estas series de cortes se realizan hacia adelante y hacia atrás en un patrón de zig zag hasta alcanza la parte inferior de la ranura.

- **Penetración Castling** es un patrón único de inmersión que deja pilares entre se precipita y luego regresa para cortar los pilares. El resultado es una presión de corte incluso en la herramienta.

Hay seis patrones de corte que corte por nivel.

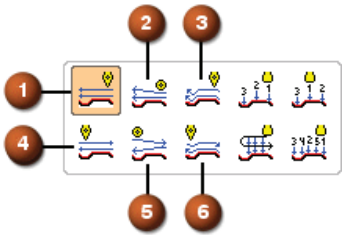

Figura 2. 36 Cortes por nivel

- **Lineal Zig** crea recortes lineales por nivel en una dirección dentro de la región de corte.
- **Rampa Zig** es para cortes inclinado/declinado en la alternancia de las direcciones.
- **Contorno Zig** crea cortes por nivel que siguen el contorno de la ranura en una dirección dentro de la región de corte.
- **Lineal Zig-Zag** crea recortes lineales por nivel en ambas direcciones dentro de la región de corte.
- **Tiempo de rampa Zig-Zag** es para cortes inclinado/declinado en la alternancia de las direcciones.
- **Contorno Zig-Zag** crea cortes por nivel que siguen el contorno de la ranura en ambas direcciones dentro de la región de corte.

2.5.5.1.3. Ancho de paso

El ancho de paso determina la cantidad que la herramienta se mueve entre introducciones. Tiene tres métodos de ancho de paso.

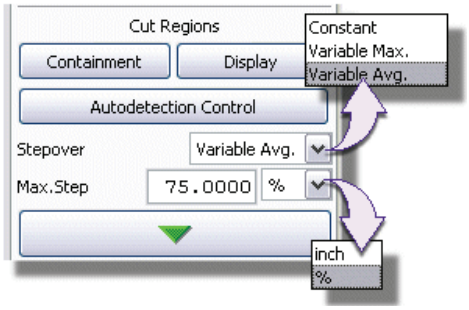

Figura 2. 37 Cuadro de dialogo

Las opciones de ancho de paso se definen en la tabla siguiente.

Tabla 2. 11 Opciones de ancho de paso

Constante	Especifica la profundidad máxima de corte en cada pasada de desbaste. Este valor se utiliza tantas veces como sea posible y luego los restantes material se corta en una sola pasada.
Máximo de la variable	Determina las regiones de cortes, corta al valor máximo tantas veces como sea posible y luego corta el material restante en una sola pasada si es mayor o igual al mínimo dentro de cada región separada.
Variable promedio	Calcula el número mínimo de pasadas necesarias basada en nunca corte más que el máximo o menos que el mínimo para cada región.

El valor de paso se basa en un porcentaje de la anchura de la herramienta o un valor especificado en pulgadas.

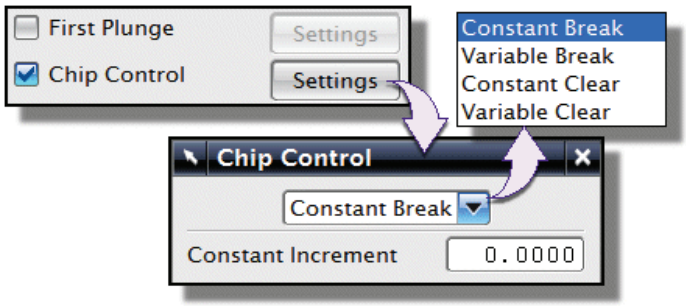

Figura 2. 38 Cuadro de dialogo de pasadas

2.5.5.1.4. Profundidad

Profundidad limita la profundidad de cada inmersión, lo que le permite precisamente control de la cantidad de material retirada por cada corte. Control de profundidad está disponible para sólo de cortes por penetración y puede especificarse dentro de la operación, así como la herramienta.

Para especificar dentro de la operación:

Figura 2. 39 Cuadro de dialogo de nivel

Para especificar la herramienta:

Figura 2. 40 Cuadro de dialogo de la herramienta

2.5.6. OPERACIONES DE ROSCADO

Esta lección le enseña que es una operación de roscado así como la explicación de los distintos parámetros más importante de esta operación.

2.5.6.1. Las operaciones de roscado

Las operaciones de roscado pueden ser desarrolladas para corte recto y cónico roscas. Pueden ser solo del comienzo o varios subprocesos de inicio que sean internos, externos, o hilos de cara (como el avance del hilo utilizado en un mandril de tres mordazas).

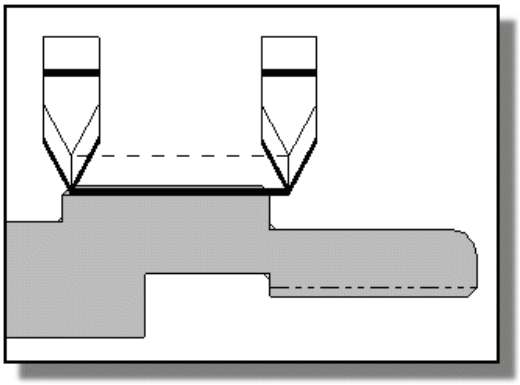

Figura 2. 41 Operación de roscado

2.5.6.2. Requisitos de la operación

Operaciones de roscado requieren especificar una línea de cresta, una línea de raíz y un tono. La línea de cresta (1) representa el extremo exterior de la rosca. Al final usted seleccione (2) determina el comienzo de la rosca. La línea de la raíz (3) determina la profundidad de la rosca. El paso (4) es la distancia entre correspondiente puntos de medición de un subproceso al siguiente.

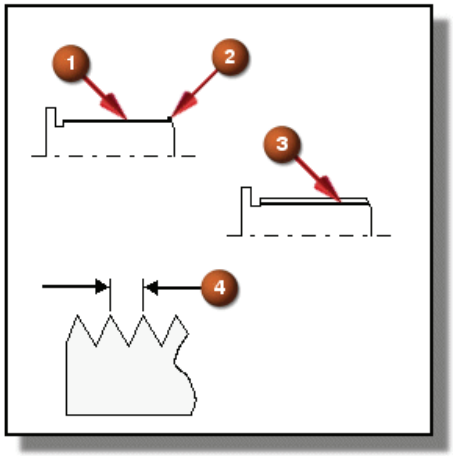

Figura 2. 42 Parámetros de la rosca

2.5.6.3. Línea de cresta

La línea de cresta representa el extremo exterior de la rosca.

El punto inicial es el punto en que comienza el movimiento de enhebrado.

El sistema determina la longitud y el ángulo del hilo basado en la línea seleccionada y muestra el inicio y final en cada extremo de la línea.

2.5.6.4. Raíz

La línea de la raíz determina la profundidad total del hilo. La profundidad total puede alcanzarse mediante incrementos constante, variable o porcentaje.

2.5.6.5. Paso

El Paso es la distancia entre puntos correspondientes mide desde un hilo hasta la próxima. Especificar el tono definiendo el Pitch y el plomo o definiendo las roscas por pulgada.

2.5.6.6. Geometría de hilo

Geometría de hilo define los puntos inicial (1) y final (2) de la rosca.

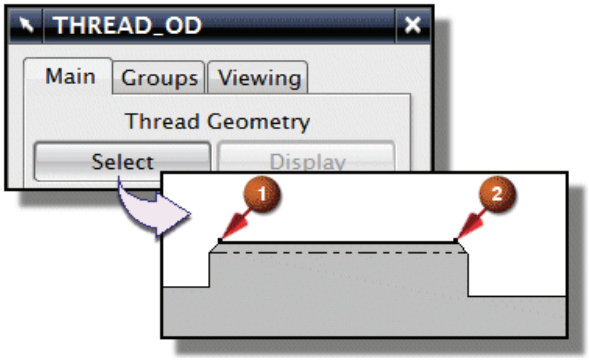

Figura 2. 43 Selección de la geometría

2.5.6.7. Offset/final de línea

Línea de desplazamiento/final ajusta el punto inicial y el punto final para el movimiento de hilo. Valores de desplazamiento positivos aumentan la longitud de la rosca; valores negativos de Offset acortar la longitud de la rosca.

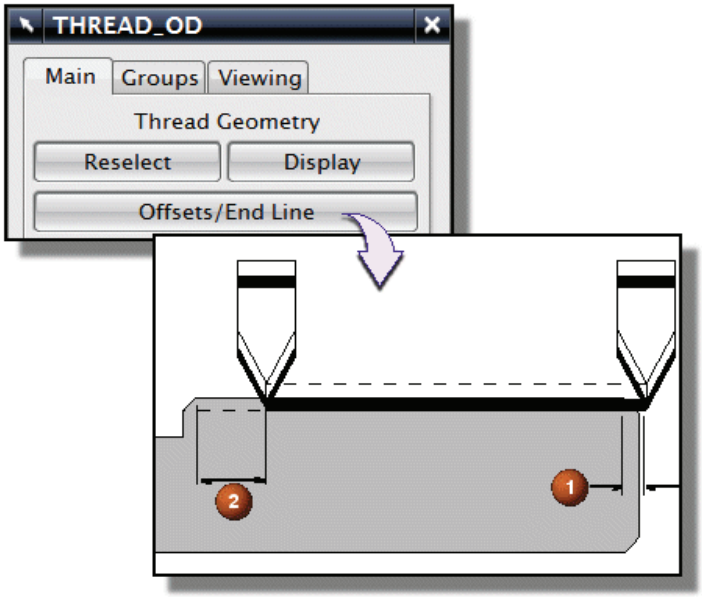

Figura 2. 44 Selección de la demasía

1. 0.1500 Iniciar desvío

2.-.05000 End Offset

Desvíos se miden a lo largo del ángulo de la rosca, que depende de si el método de la especificación de profundidad.

- **Inicio.-** ajusta el punto de partida de la rosca.
- **Final.-** ajusta el punto final de la rosca.
- **Entrada de la herramienta.-** hace que el sistema calcular el desplazamiento del final para que la herramienta borre el hilo.
- **Línea final.-** define el final del hilo seleccionando una línea que intersecta la Línea de cresta.

2.5.6.8. Profundidad total

Profundidad total determina la línea de la raíz de hilo.

La profundidad total le da opciones para establecer una línea de raíz utilizando el cursor para seleccionar una línea, o introduciendo valores de profundidad y ángulo.

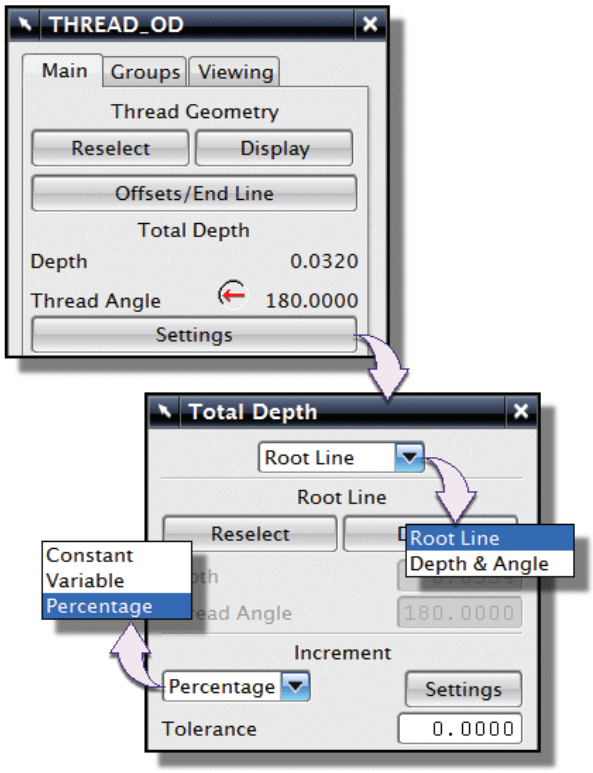

Figura 2. 45 Selección de la profundidad de corte

Cada método de incremento permite introducir un valor de tolerancia para controlar la última pasada de corte. El valor de tolerancia tiene efecto sólo si los valores de incremento no llegan a la profundidad de rosca especificada.

Hay dos escenarios posibles:

1. Si el valor de tolerancia es mayor o igual que el grueso del resto, el resto se agrega en el último corte, resultando en una mayor profundidad de corte.

2. Si el valor de tolerancia es menor que el espesor del resto, el sistema crea dos pases de profundidad igual, cada uno de ellos es la mitad del valor que de lo contrario daría lugar a la mayor profundidad de corte.

Constante - especificar un valor de incremento solo a lo largo de la trayectoria de la herramienta. Puede utilizar este método cuando se especifica relativamente pocas pasadas de desbaste, ya que la presión de la herramienta aumenta rápidamente con cada pasada. La herramienta desplaza la distancia de entrada como se corta a lo largo del ángulo del hilo hasta el comienzo de las pasadas de acabado.

En la siguiente ilustración, se ha especificado un incremento constante de 0.0150. El sistema toma el promedio de los dos últimos pases para mantenerlos lo más cerca posible al valor especificado incremento constante.

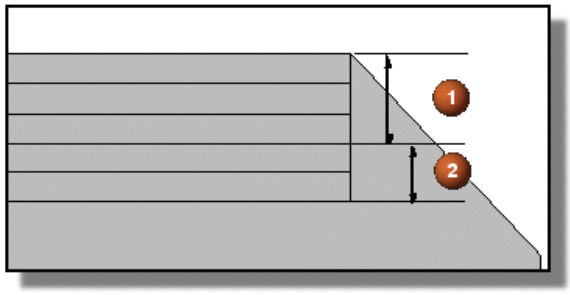

Figura 2. 46 Selección del incremento de pasadas

1. Tres pases en profundidad 0.0150 cada

2. Dos pases en profundidad 0.0140 cada

Variable - especificar un conjunto de incrementos de las variables y el número de veces que cada uno tiene que repetirse. Esto permite el mayor control sobre los pases individuales.

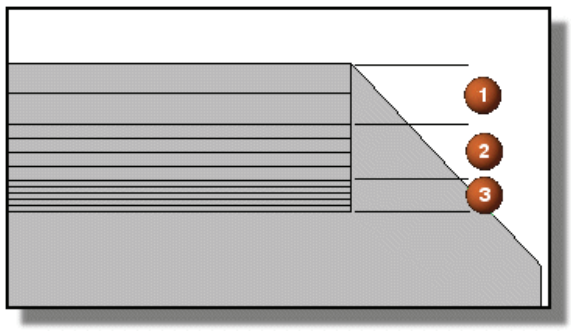

Figura 2. 47 Selección de pasadas variables

1. Dos pases en profundidad 0.0150 cada

2. Cuatro pases en profundidad 0.0070 cada

3. Restantes profundidad en 0.0030 por pasada

Si la suma de los incrementos no es igual el inicio de la profundidad final pasadas, el sistema repetirá el último valor distinto de cero incremento hasta alcanza la profundidad adecuada. Si la suma de los incrementos supera el inicio de la profundidad final pasadas, el sistema ignora los incrementos del exceso.

Porcentaje - este método es especialmente útil en desbaste roscas porque se asemeja a la técnica de acabado (incluso permitiéndole eludir esa opción y utilizando la opción de Chase en su lugar) y es fácilmente modificaciones para adaptarse a diferentes materiales, paso de rosca, cambios RPM.

Este método le permite especificar la profundidad de incremento de cada pasada como un porcentaje de la total profundidad que queda en el momento de la pasada de desbaste. Esto hace que la profundidad de cada pasada de corte para disminuir el movimiento de la herramienta más profundo en la rosca. El valor máximo impide que las pasadas iniciales corte demasiado profundo. Como la herramienta acerca a la profundidad Total, la profundidad de incremento puede llegar a ser muy pequeña. Para controlar el número de pasadas, por lo tanto, debe

introducir un valor de incremento mínimo para que la herramienta alcance la profundidad total.

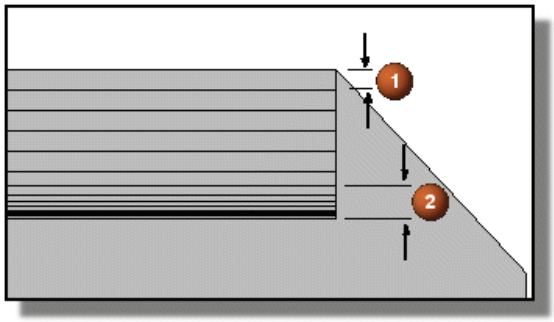

Figura 2. 48 Selección del número de pasadas

1. 0.0100 Máximo

2. Cada pasada es del 30% de profundidad restante

2.5.6.9. Paso/avance/Hilos por pulgada

Debe especificar el Paso y avance (1) o hilos por pulgada (2).

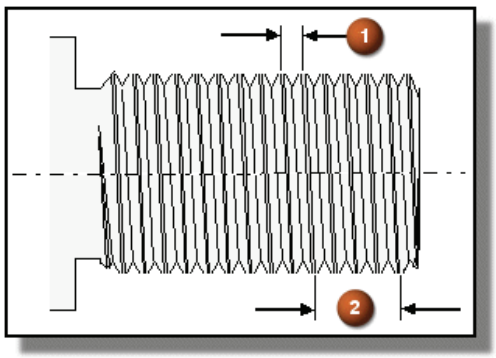

Figura 2. 49 Parámetros de la rosca

El número de comienza determina el Paso y el cable como se muestra en el ejemplo siguiente de una rosca de 1/4-20:

Roscas por pulgada = 20

Paso = (1 (pulgadas) / 20) =.05

Avance =.05 x 1 (no. de arranques)

En este caso, el paso y el avance son.050 porque hay sólo un inicio. Si hay dos salidas, el conductor sería.100 o dos veces a la cancha.

Cuando elige el botón especificar, aparece el siguiente cuadro de diálogo.

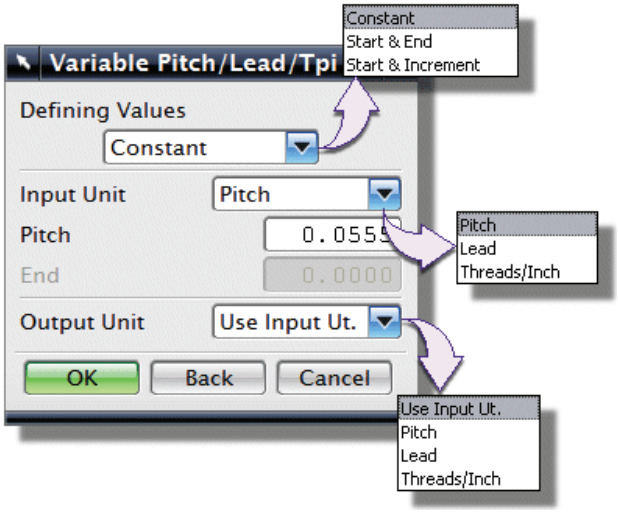

Figura 2. 50 Cuadro de dialogo de los parámetros de la rosca

2.5.6.10. Enganche/retracción

Las opciones de enganche/retracción permiten establecer el ángulo de movimiento de la herramienta dentro y fuera de la rosca.

Entrada es el ángulo en el que la herramienta se desplaza a la profundidad de la pasada. Es extraíble el ángulo en el que la herramienta se retrae de la rosca. La herramienta se desplaza hacia adentro o afuera en el hilo de la velocidad de avance. Para especificar entrada y extraíble puede seleccionar entre Auto (1), el Vector (2) y el ángulo (2).

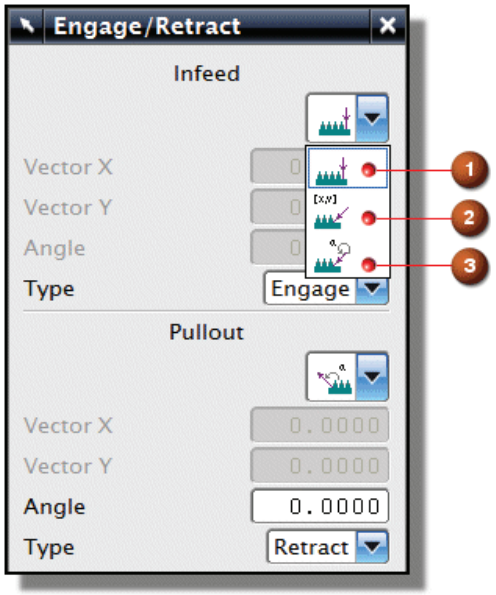

Figura 2. 51 Selección del ángulo de movimiento

Si especifica automáticamente, los ángulos de entrada y retirada son calculados por el sistema, basado en el ángulo del hilo, el tipo de trabajo (ID, OD, revestimiento) y posición de la línea de cresta de la rosca (por encima o por debajo de la línea central). Los vectores resultantes son perpendiculares al vector de hilo. Por ejemplo, para el OD por encima de la línea central a 180 grados, el calculado automáticamente entrada está enhebrado 270 grados y el ángulo de la retirada es 90 grados.

Si especifica un ángulo de entrada y auto para el método de retirada y, a continuación, el ángulo de retirada es el mismo que el ángulo de entrada (moviendo en la dirección opuesta).

2.5.6.11. Pasadas de acabado

Puede especificar un número de acabado pasa e incrementa cuando cortar roscas. Cuando se genera una trayectoria de herramienta de hilo, la herramienta corta al diagrama de instalación hilo Profundidad utilizando el número de pases que se determinó por el método de incremento y datos especificados en la opción de profundidad Total. La herramienta entonces se procede a la profundidad de

rosca de acabado utilizando el número de veces determinado por los datos de pasadas de acabado especificado.

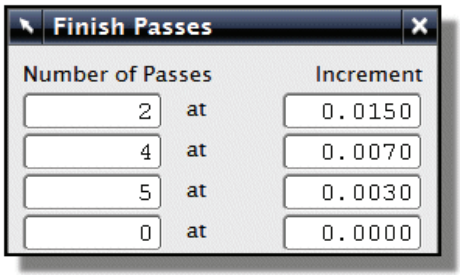

Figura 2. 52 Selección de pasadas de acabado

2.5.6.12. Pases Adicionales

Puede especificar un número de pasadas de resorte para controlar el tamaño de rosca y minimizar la desviación de la herramienta utilizando la opción de pases de adición. Los pases se hacen en total pase de profundidad.

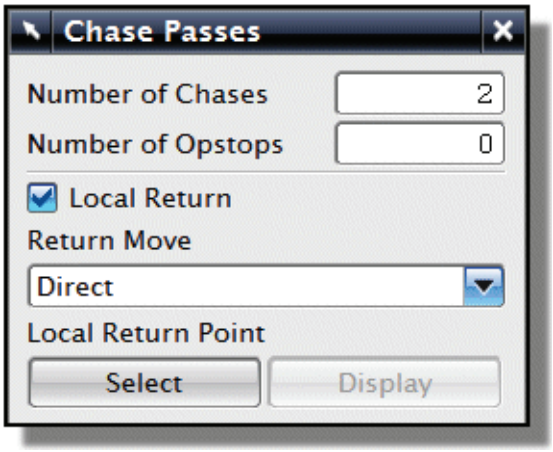

Figura 2. 53 Selección de pases adicionales

También puede especificar el número de OPSTOPS ser salida y un movimiento de retorno local.

Las pasadas adicionales siempre figuran entre corchetes por OPSTOP, OPSKIP/ON y comandos OPSKIP/OFF.

CAPÍTULO III

DESARROLLO, IMPLEMENTACION DE LAS PRÁCTICAS

3.1. INTRODUCCIÓN

En las diferentes prácticas de laboratorio lo más importante es la experimentación, con el fin de que el alumno desarrolle sus habilidades y con el pasar del tiempo se útil en su vida profesional, este capítulo consta de prácticas que ayudaran al alumno a ver el desarrollo de elementos mecánicos desde el diseño hasta el proceso de fabricación.

Para esto las diferentes prácticas propuestas proporcionan métodos y procedimientos que se han revisado con anterioridad que ayudan al alumno a desarrollar sus habilidades en el manejo de software de diseño y como este se complementa al unirlo con una máquina con Control Numérico Computacional generando un crecimiento en la formación y desarrollo de habilidades propias.

3.2. MÉTODOS DE ENSEÑANZA

Son los recursos necesarios de la enseñanza, son los vehículos mediante los que se puede realizar una enseñanza ordenada, metódica y adecuada de la misma. Los métodos y técnicas conllevan a una eficiente dirección del aprendizaje.

3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS ENSEÑANZA

A continuación se indica la clasificación general de los métodos de enseñanza, los que servirán de base para estructurar la práctica, esta clasificación muestra cómo se puede involucrar al trabajo al profesor con el alumno, mediante una organización en el proceso educativo. Los aspectos que se tienen en cuenta para esta clasificación son: en cuanto a la forma de razonamiento, coordinación de la materia, concretización de la enseñanza, sistematización de la materia, actividades del alumno, relación del profesor con el alumno, aceptación de lo que enseñado y trabajo del alumno.

En la Tabla 3.1 se indica la clasificación de los diferentes métodos de enseñanza.

Tabla 3. 1 Clasificación de los métodos de enseñanza

Forma de razonamiento	**Método Deductivo:** Cuando el método de estudio procede de lo general a lo particular.
	Método Inductivo: Cuando el método de estudio se presenta por medio de un caso particular y tiende a conducir a un principio general.
	Método Analógico o Comparativo: Cuando se presentan temas o datos particulares, permiten al estudiante generar o establecer comparaciones que posteriormente conllevan a una conclusión del problema o asunto.
Coordinación de la materia	**Método Lógico:** Es cuando los datos o los hechos son presentados en orden de antecedente y consecuente, obedeciendo a una estructuración de hechos que van desde lo menos hasta lo más complejo.
	Método Psicológico: Es cuando la presentación de los métodos no sigue tanto un orden lógico como un orden más cercano a los intereses, necesidades y experiencias del educando.
Concretización de la enseñanza	**Método Simbólico:** Se da cuando todos los trabajos de la clase son ejecutados a través de la palabra. El lenguaje oral y el lenguaje escrito adquieren importancia decisiva, pues son es el único medio de realización de la clase.
	Método Intuitivo: Se presenta cuando la clase se lleva a cabo con el constante auxilio de objetivaciones o

	concretizaciones, teniendo a la vista las cosas tratadas o sus sustitutos inmediatos.
Sistematización de la materia	**Rígida:** Es cuando el esquema de a clase no permite flexibilidad alguna a través de sus ítems lógicamente ensamblados, que no dan oportunidad de espontaneidad alguna al desarrollo del tema de la clase.
	Semirígida: Es cuando el esquema de la lección permite cierta flexibilidad para una mejor adaptación a las condiciones reales de la clase y del medio social al que la escuela sirve.
Actividades de los alumnos	**Método Pasivo:** En este método prescinde de la participación de los alumnos, solo se requiere de la participación del instructor.
	Método Activo: Fomenta la participación de los alumnos, durante el desarrollo de la clase, genera un trabajo maestro-alumno.
Relación profesor-alumno	**Método Individual:** Es el destinado a la educación de un solo alumno. Es recomendable en alumnos que por algún motivo se hayan atrasado en sus clases.
	Método Recíproco: Se llama así al método en virtud del cual el profesor encamina a sus alumnos para que enseñen a sus condiscípulos.
	Método Colectivo: El método es colectivo cuando tenemos un profesor para muchos alumnos. Este método no sólo es más económico, sino también más democrático.
Trabajo del	**Método de Trabajo Individual:** Este método consiste en que

alumno	el instructor genera trabajos que el alumno debe cumplir individualmente, provocando que no pueda compartir sus ideas con sus compañeros y viceversa.
	Método de Trabajo Colectivo: Es el que se apoya principalmente, sobre la enseñanza en grupo. Es un método que lleva al grupo a exponer sus ideas y compartir conocimiento, es el más aconsejable para laboratorios. Puede ser llamado también Método de Enseñanza Socializada.
	Método Mixto de Trabajo: Este método consiste en planear actividades que contribuyan a su desarrollo de actividades socializadas e individuales.
Aceptación	**Método Dogmático:** Este método conlleva a que el estudiante crea ciegamente en las enseñanzas del profesor, evitando que el alumno tenga su análisis del tema.
	Método Heurístico: Este método lleva al instructor a incitar al alumno a la compresión, mediante el propio análisis del estudiante, que le obliga a investigar por su propia cuenta.
Abordaje del tema	**Método Analítico:** Este método implica tener un tema general y separarlo en varias partes para su respectivo análisis, o síntesis.
	Método Sintético: Implica reunir una base de datos o ideas que conlleven a generar una idea general.

3.4. MÉTODOS DE ENSEÑANZA PARA LABORATORIOS

En la enseñanza es necesario complementar la teoría con las prácticas de laboratorio, con el fin de que el alumno conozca los distintos procesos que se

aprendió teóricamente. Entre estos podemos señalar la siguiente clasificación que se puede emplear para elaborar una estructura para el desarrollo de prácticas de laboratorio:

a) **Métodos prácticos.-** Mediante la aplicación de este método el alumno el estudiante gana experiencia, nuevos conocimientos prácticos y teóricos, ya no solo es un espectador pasa a formar parte del desarrollo del conocimiento, existe un mayor participación por parte del alumno.
   El alumno aumenta sus conocimientos y experiencia mediante:

   - Trabajos de laboratorio.
   - Trabajos prácticos.
   - Experimentos y observaciones extradocentes.
   - Trabajo con el material distribuido.
   - Resolución de problemas.

Para realizar la prácticas de laboratorio, se recomienda los siguientes métodos según el campo de investigación: método reproductivo (cuando se quiere comprobar una ley), de búsqueda parcial (cuando no se dan todas las instrucciones) e investigativo.

b) **Método histórico.** El presente método presenta ciertas desventajas al ser: a) es un método lento, b) conlleva a conclusiones erróneas que para ser rectificadas conllevan tiempo.
c) **Método biográfico.** Este método pretende resaltar el perfil humano de los hombres de ciencia. La vida de los autores de los descubrimientos científicos es llevada al aula, directamente ligada a la lección, no es muy recomendable su aplicación.
d) **Método de grupos.** Es el clásico en las prácticas de laboratorio: La clase se divide en grupos y a cada uno se le asigna un trabajo o actividad a ser realizada.

3.5. RELACIÓN ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

La relación que existe entre la teoría que se ha aprendido en clase y las prácticas de laboratorio, es que son el conjunto para el desarrollo de los conocimientos del estudiante, mediante la utilización de equipos y máquinas el estudiante es capaz de tener una compresión más clara de los procesos en este caso de manufactura, mediante la utilización de un software de CAD/CAM/CAE, mediante el cual el estudiante puede simular los diferentes procesos de maquinado.

Al relacionar la teoría mediante la realización de prácticas de laboratorio el estudiante obtendrá experiencia en los distintos procesos de maquinado, que posteriormente le servirán en su vida laboral.

3.6. GUÍA DE PRÁCTICA

La Guía de Prácticas será un documento de referencia que servirá al estudiante de guía para el desarrollo de la práctica dentro del laboratorio.

En base al análisis de los métodos de aprendizaje que se presentan para las prácticas de laboratorio y la revisión de diferentes trabajos afines, se ha estructurado una Guía de Práctica que sea fácil de desarrollar por parte del estudiante.

3.6.1. ESQUEMA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA

El esquema de la guía de práctica a ser utilizada en este documento, estará estructurada de manera que sea fácil de entender por parte del estudiante o cualquier persona que vaya a utilizar la guía con fines de aprendizaje.

De tal modo la guía constara de los siguientes tópicos:

1. Título de la práctica
2. Introducción
3. Objetivos
4. Materiales y equipos

5. Plano

7. Procedimiento

8. Normas de Higiene y seguridad

9. Preguntas sugeridas

10. Informe

Título de la práctica:

La guía lleva el nombre del elemento que se va a fabricar en la práctica.

Introducción:

Se realiza una breve descripción del elemento que se va a fabricar y de los comandos más importantes a emplearse en la práctica.

Objetivos:

Son los objetivos que se han planteado para cada práctica y son los que se esperan cumplir durante la realización de la práctica.

Materiales y equipos:

En este tópico el estudiante realizara un resumen de la práctica realizada, en la cual conste que como realizo la práctica (transferencia de datos al torno, sujeción del material, puesta a punto del torno, etc.), equipos y herramientas utilizados durante el maquinado, normas utilizadas para realizar la práctica planteada, etc.

Plano de taller:

El alumno o grupo de trabajo deberá dirigirse a los respectivos anexos para obtener las dimensiones del elemento que se va a fabricar.

Procedimiento:

El alumno o grupo de trabajo se dirigirá al anexo que se adjunta a la tesis para tener un documento guía que servirá para realizar el programa del elemento a fabricar.

Normas de higiene y seguridad

Las normas de higiene y seguridad se encuentran en el anexo, el estudiante debe dirigirse al documento antes de realizar la correspondiente práctica.

Preguntas sugeridas:

Se propondrán preguntas que el estudiante deberá responder en base al desarrollo de la práctica e información que haya recopilado para su realización.

Informe:

El estudiante deberá desarrollar un informe en el cual resuma como llevo a cabo la práctica.

3.7. ESQUEMA DEL INFORME

El informe a ser presentado por el estudiante o grupo de trabajo deberá estar estructurado de manera que sea fácil para el instructor revisar, analizar y emitir la correspondiente nota.

De manera que el informe a ser presentado estará estructurado de la siguiente manera:

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos

- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

Encabezado:

El encabezado del informe se escribirá nombre de la universidad, facultad y nombre del laboratorio donde se realiza la práctica

Grupo y fecha

Constará el número del grupo, nombre de la persona o personas que realizan la práctica, fecha de realización de la práctica,

Título de la práctica:

El informe debe llevar el nombre del elemento que se fabricó en la práctica.

Objetivos generales:

Serán los objetivos planteados en la práctica, los cuales el estudiante tiene para la realización del informe.

Objetivos propios:

Son los objetivos que el estudiante se ha planteado para realizar la práctica los cuales complementaran los objetivos generales.

Resumen de la práctica:

En este tópico el estudiante realizara un resumen de la práctica realizada, en la cual conste que como realizo la práctica (transferencia de datos al torno, sujeción del material, puesta a punto del torno, etc.), equipos y herramientas utilizados durante el maquinado, normas utilizadas para realizar la práctica planteada, etc.

Fundamento Teórico:

Se presenta el fundamento teórico que el estudiante necesita para fundamentar lo que realiza en la práctica y lo que necesita saber para la realización del informe.

Materiales y equipos:

El estudiante debe dar una breve descripción acerca de los diferentes materiales y equipos utilizados durante la práctica.

Hoja de proceso:

El estudiante o grupo de trabajo debe realizar una hoja de proceso de acuerdo al formato que se indica en el anexo, en el que debe indicar los diferentes procesos, herramientas, dimensiones, velocidades de corte y avance, etc., que se empleó para fabricar el elemento. (Ver ANEXO B)

Conclusiones y Recomendaciones:

Las conclusiones deberán estar basadas en base a los objetivos de la práctica, deberán ser conclusiones concretas que justifiquen la realización de la práctica, con respecto a las recomendaciones serán sugerencias que ayuden en un futuro a mejorar el desarrollo de la práctica.

Preguntas:

El estudiante deberá contestar a las preguntas propuestas en la guía de prácticas, las cuales en su mayoría serán preguntas que el estudiante deberá analizar para dar una respuesta.

Referencia bibliográfica:

Se debe incluir todas las referencias bibliográficas (libros, páginas de internet, artículos, etc.) que haya servido al estudiante para preparar y realizar práctica. Y se presentara de la siguiente manera:

APELLIDO, Nombre, *Título del libro*, Editorial, Edición, Páginas consultadas. Si la información se obtuvo de una página web, deberán estar claramente especificadas.

3.8. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Esta es una guía que el estudiante deberá seguir para llevar a cabo las prácticas correspondientes al curso.

Hora de ingreso:

Hasta 5 minutos después de la hora establecida. Después de este tiempo no se permitirá el ingreso de los estudiantes al laboratorio y, como consecuencia, el informe tendrá una calificación máxima de 6 puntos sobre 10.

Presentación de los informes:

El informe deberá ser entregado en el laboratorio en el plazo de una semana (8 días), contada a partir de la fecha de realización del ensayo. No se aceptarán informes atrasados. Los informes deberán basarse en el esquema adjunto. Deberán además estar archivados en carpetas plásticas.

Sistema de unidades:

Si es necesario realizar cálculos se emplearan dos sistemas de unidades. El sistema principal es el S.I., y su equivalencia en el sistema inglés.

NOTAS:

- No se permitirá el plagio en los informes. En caso de existir, la calificación para los grupos involucrados será de 0 puntos.
- Los informes podrán ser elaborados por grupos de máximo tres personas.
- Si es necesario, se pueden fotografiar los equipos y materiales del laboratorio, para incluirlos como figuras en el informe.

Formato de presentación de los Informes de Laboratorio

Tipo de fuente: Arial

Tamaño de la fuente:	12 ptos
Márgenes:	Superior: 3,0 cm
	Inferior: 2,5 cm
	Izquierdo: 3,0 cm
	Derecho: 2,5 cm
Interlineado:	Sencillo
Espaciado:	Anterior: 10 pto
	Posterior: 0 pto
Sangría:	Primera línea en 1,0
Tablas:	Deberán ser numeradas con “Tabla ##.” y con su respectivo título. La numeración se ubicará en la parte superior de la tabla.
Figuras:	Deberán ser numeradas con “Fig. ##.” y con su respectivo título. La numeración se ubicará en la parte inferior de la figura.
Ecuaciones:	Las ecuaciones se deben escribir centradas dejando un renglón vacío arriba y debajo de las mismas.
Encabezado:	Escuela Politécnica Nacional
	Facultad de Ingeniería Mecánica
	Laboratorio de Máquinas-Herramientas
Pie de página:	(margen derecho) Página (i) de (n)

3.9. PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA

Para la realización de las diferentes prácticas propuestas en la correspondiente guía, se dividirá en 4 secciones las que se indican a continuación:

- Reconocimiento de la práctica
- Preparación de la práctica por parte del alumno
- Desarrollo de la práctica
- Desarrollo de informe

3.9.1. RECONOCIMIENTO DE LA PRÁCTICA

El reconocimiento de la práctica consiste en el estudiante deberá asistir al taller en el cual recibirá indicaciones por parte del instructor acerca de los equipos y herramientas que se va a utilizar, el reconocimiento se realizara con 8 días de anticipación, con el fin de que el alumno pueda tener las herramientas necesarias para realizar la práctica.

El instructor estará encargado de los siguientes puntos:

- Formar grupos de trabajo, los que deberán ser los mismos para la realización de las distintas prácticas propuestas.
- Dar una breve explicación de la práctica a realizarse, indicando equipos y materiales a utilizar, documentos a los que deben dirigirse para desarrollar el lenguaje del programa que se empleara para realizar la práctica.
- Adicionar indicaciones generales.

3.9.2. PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA POR PARTE DEL ALUMNO

Esta parte estará desarrollada por parte del grupo de trabajo, en la cual al grupo le corresponderá desarrollar el programa y obtener el lenguaje de programación, para esto del grupo de trabajo deberá dirigirse a la correspondiente guía en la cual se

basara para desarrollar el programa que posteriormente se exportara al torno para la realización la práctica.

3.9.3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

En esta sección se procederá a realizar la correspondiente práctica, cada grupo de trabajo se encargará de ejecutar el programa de maquinado (desarrollado en el software NX) en el torno, primero el programa deberá ser revisado, corregido si es necesario y aprobado su ejecución.

Una vez que el programa cumpla con los requerimientos se debe seguir los siguientes pasos:

- Encender el torno CNC.
- Encender el controlador.
- Cargar el programa en el sistema CNC del torno directamente sobre el panel de control o mediante el software de comunicación PC-CNC TDComm2.
- Ubicar y asegurar el material en las mordazas, asegurando que el material tenga las dimensiones en bruto con el cual fue programado, poner a punto el torno CNC (definir el cero pieza, editar parámetros, asegurarse que las herramientas están correctamente ubicadas, etc.)
- Ejecutar el programa de maquinado sobre la pieza de trabajo.

3.9.4. DESARROLLO DEL INFORME

Esta sección del documento consiste en el desarrollo del informe, donde el grupo de trabajo deberá realizar una documentación resumida de los resultados obtenidos durante la práctica, el alumno debe cumplir con el formato que se indicó con anterioridad, para lo cual debe recopilar la información que necesita para el desarrollo del informe correspondiente.

3.10. MANUAL DE GUÍA DE PRÁCTICAS (ver ANEXO A)

Para explicar el procedimiento que se empleó en la programación de los distintos elementos que se propuso para las diferentes prácticas y para dar una guía al estudiante de la manera correcta de realizar la fabricación de los elementos, se presenta la redacción de un manual, en el cual se indique como se modelo, fabrico, postprocesar la información y la manera de llevar la información al torno. De esta manera se indicara paso a paso la forma de emplear el software NX para manufacturar elementos mediante el Torno CNC.

3.11. PRÁCTICAS

En el siguiente punto se plantean las diferentes prácticas propuestas para que el estudiante desarrolle las actitudes de diseño y manufactura, con la realización de cada práctica, se pretende que el estudiante vaya adquiriendo conocimiento y experiencia en la utilización de paquetes computacionales de CAD/CAM y en procesos de manufactura, que posteriormente le servirán para su vida profesional.

A continuación se indica la información que requerirá el estudiante para poder realizar la práctica propuesta sin ningún inconveniente.

3.11.1. PRACTICA N° 1

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PROBETA DE FATIGA

INTRODUCCIÓN

La probeta de fatiga está basada en la norma ASTM, E 466 – 96 y en la ASTM E 739 – 91. El fin de la probeta es para ser ensayada para determinar la vida a fatiga de materiales metálicos sometidos a carga axial cíclica de amplitud constante en función del número de ciclos de carga.

Con esta práctica de laboratorio se realiza una introducción a la utilización y funcionamiento del software NX, para que el estudiante pueda conocer las partes más importantes del programa.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación de la probeta de fatiga mediante el software NX.
- Realizar el postprocesado del programa directamente del software NX y realizar las correcciones necesarias.
- Analizar las operaciones de desbaste, afinado y tronzado.
- Permitir al estudiante conocer una nueva herramienta de diseño.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 16 mm x 200 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 001

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Realice la programación manual de la probeta de fatiga y describa las principales diferencias que se tiene a la programación generada por el software NX?
2. ¿Qué ventajas y desventajas se presentan al realizar el postprocesado mediante el software NX?
3. ¿Describa las herramientas que se emplearon para realizar el elemento mecánico?

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico

- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.2. PRACTICA N° 2

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PIEZA DE AJEDREZ (PEÓN)

INTRODUCCIÓN

El peón (♙ ♟) es, en el juego del ajedrez, una pieza fundamental para el desarrollo de este deporte que se colocan en la segunda línea blanca y en la séptima negra por delante de los trabajos más importantes y que avanzan verticalmente por la hilera en la que se encuentran sin poder retroceder.

Se emplea el software NX para modelar y fabricar el elemento que presenta geometrías diversas que sería muy difícil realizar el maquinado en un torno convencional

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación del elemento de ajedrez (peón) mediante el software NX.
- Analizar las distintas operaciones de refrentado, desbaste, afinado y tronzado empleados en la fabricación de la pieza.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 25,4 mm x 140 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 002

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Cómo se realiza el cero pieza en un elemento a maquinar?
2. Describa los programas análogos al software NX y ¿Cuáles son ventajas y desventajas frente al software que se utiliza?
3. Describa la aplicación de las funciones G02 y G03.

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.3. PRACTICA N° 3

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PIEZA DE AJEDREZ (REINA)

INTRODUCCIÓN

La reina (♕ ♛), es la pieza más importante en el juego de ajedrez debido a la amplitud de movimientos que puede llegar a realizar, y en el juego vino a sustituir a fines del siglo XV a otra pieza menos poderosa y más antigua llamada alferza.

Mediante el software NX se presenta una alternativa para el diseño y manufactura.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación del elemento de geometría compleja (pieza de ajedrez) mediante el software NX.
- Analizar las principales funciones que aparecen en el postprocesado del elemento a fabricar.
- Permitir al estudiante conocer una nueva herramienta de diseño.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 25,4 mm x 170 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 003

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. Describa las funciones modales, no-modales e iniciales.
2. Describa la forma de realizar la compensación de herramientas en el torno CNC.
3. Realice una descripción de las principales herramientas empleadas en la fabricación del elemento propuesto.

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.4. PRACTICA N° 4

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PIEZA DE AJEDREZ (ALFIL)

INTRODUCCIÓN

El alfil es la típica pieza usada en una partida de Ajedrez. El Alfil es considerado una pieza menor y cada jugador comienza la partida con dos unidades.

Debido a que el elemento posee una geometría que dificulta su programación manual, se empleara el software NX para su correspondiente modelación y fabricación.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación del elemento de geometría compleja (pieza de ajedrez) mediante el software NX.
- Analizar el funcionamiento del programa de maquinado Izquierda-Derecha y el funcionamiento de las funciones que corrigen la compensación de la herramienta.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 25,4 mm x 140 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 004

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. Describa la aplicación de las funciones G41 y G42.
2. Describa la diferencia entre coordenadas absolutas y relativas.
3. ¿Cuál es la diferencia y aplicación de las funciones G00 y G01?

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.5. PRACTICA N° 5

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PIEZA DE AJEDREZ (TORRE)

INTRODUCCIÓN

La torre (♖ ♜), antiguamente llamada roque, es una pieza del juego del ajedrez. Al comienzo de la partida cada jugador dispone de dos, que se sitúan en las esquinas del tablero más cercanas a su posición.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación del elemento de geometría compleja (pieza de ajedrez) mediante el software NX.
- Realizar y practicar la compensación de las herramientas de corte en el torno CNC.
- Permitir al estudiante que cree nuevos métodos de fabricación

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 25,4 mm x 120 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 005

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Cuáles es la diferencia entre el Control Numérico (CN) y el Control Numérico Computacional (CNC)?
2. ¿Cuál es la aplicación de los radios de acuerdo en las herramientas de corte?
3. ¿Cuáles son las principales desventajas de realizar la programación del elemento propuesto manualmente?
4. Describa las funciones G74 y G75 y ¿Cuál es su aplicación?

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.6. PRACTICA N° 6

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PIEZA DE AJEDREZ (REY)

INTRODUCCIÓN

El rey (♔♚) es la pieza más importante del juego de ajedrez y, sin embargo, una de las piezas más débiles de todas; pero su importancia no gira en torno a su valor si no que el juego gira en torno a atrapar al rey enemigo, pues no se permite la captura de éste (jaque mate).

Mediante el software NX se procede a modelar y fabricar el elemento que consta de geometrías variables y que sería difícil su obtención mediante un torno convencional.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación del elemento de geometría compleja (pieza de ajedrez) mediante el software NX.
- Realizar y practicar la compensación de las herramientas de corte en el torno CNC.
- Permitir al estudiante tener una nueva herramienta de modelado.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 25,4 mm x 120 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 006

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. Realice la programación manual del elemento propuesto.
2. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de emplear el software NX en el modelado y fabricación del elemento propuesto?
3. ¿Por qué es necesario realizar la compensación de las herramientas?

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.7. PRACTICA N° 7

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA MANIJA

INTRODUCCIÓN

La manija es un elemento que se coloca al final de una palanca o al extremo de un volante y que permite transmitir con una mayor facilidad el torque, principalmente se localiza en máquinas-herramientas.

Mediante el software NX se aplicara una alternativa de modelado y fabricación que permitirá obtener el elemento de una manera fácil y económica.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación del elemento de geometría compleja (manija) mediante el software NX.
- Analizar las diferencias de la programación de las operaciones empleadas para modelar el elemento propuesto frente a la programación manual.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de aluminio de 3/4” (mm)

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 007

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Cuáles son las funciones que mayor importancia tienen en el postprocesado del elemento propuesto?
2. Realice una alternativa de modelado y fabricación del elemento propuesto.
3. ¿Por qué es necesario realizar cero máquina y cero pieza antes de realizar cualquier trabajo de maquinado?

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.8. PRACTICA N° 8

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PLOMADA

INTRODUCCIÓN

Una plomada es una pesa normalmente de metal de forma cilíndrica o prismática, la parte inferior de forma cónica, que mediante la cuerda de la que pende marca una línea vertical; de hecho la vertical se define por este instrumento.

Mediante el software NX se procede a modelar y fabricar al elemento por etapas logrando con esto facilitar la manufactura del mismo.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado y fabricación del elemento de geometría compleja (plomada)
- Realizar el modelado y fabricación del elemento por etapas.
- Analizar la necesidad de colocar las dimensiones del inserto y del portaherramientas.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de aluminio de Ø 38 mm x 140 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 008

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Por qué es necesario colocar las dimensiones del inserto y del portaherramientas?
2. Realice la programación manual del elemento propuesto en la práctica.
3. Mediante el software NX realice una manera alternativa de modelar y fabricar el elemento propuesto en la práctica.

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.9. PRACTICA N° 9

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PROBETA DE TENSION SEGÚN LA NORMA ASTM E8

INTRODUCCIÓN

Es una probeta fabricada bajo la norma ASTM E8, la misma que permite calificar distintas propiedades (Límite de fluencia, Resistencia a la tracción, elongación máxima, módulo de elasticidad, etc.) de diferentes tipos de materiales (aceros, hierro dúctil, bronce, cobre, etc.) para distintos trabajos según su requerimiento.

OBJETIVOS

- Permitir al estudiante generar un procedimiento de fabricación distinta a la programación manual.
- Modelar y fabricar el elemento empleando el software NX.
- Reconocer nuevos comandos de programación que se presentan en el postprocesado del elemento a fabricar.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 22 mm x 180 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 009

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de manufacturar la probeta de tensión mediante la utilización del software NX?
2. ¿Cuáles son las consideraciones más importantes que se tomaron en cuenta para la realización del ejercicio?
3. Realice la programación del modelado del elemento propuesto manualmente.

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.10. PRACTICA N° 10

MODELADO Y FABRICACIÓN DE LA PROBETA DE TENSION SEGÚN LA NORMA ASTM A48

INTRODUCCIÓN

Es una probeta de tracción para hierro gris construida bajo la norma ASTM A48. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la fundición de hierro gris de piezas destinadas al uso en ingeniería en general, donde al esfuerzo de tracción es la consideración principal.

Mediante el software NX se desarrolla otra alternativa de modelado y fabricación.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado de la pieza y determinar las principales diferencias frente a la programación manual.
- Fabricar el elemento mediante la utilización del torno CNC.
- Permitir conocer al estudiante un nuevo método de fabricación de elementos.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de acero rápido de Ø 22 mm x 200 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 0010

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Cuáles son las principales diferencias que se encuentra al realizar la programación manualmente a la obtenida mediante el software NX?
2. Realice una descripción de las funciones G32, G34, G92 y G76.

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.11. PRACTICA N° 11

MODELADO Y FABRICACIÓN "TORNEADO CÓNICO INTERIOR"

INTRODUCCIÓN

En la industria se presenta la necesidad de realizar trabajos interiores, por lo que se requiere de herramientas que faciliten el maquinado de los diferentes procesos, mediante el software NX se lleva a cabo el modelado y fabricación, de los procesos de torneado.

OBJETIVOS

- Realizar el modelado de una pieza que contenga un proceso de manufactura de interiores.
- Reconocer las principales herramientas e insertos para torneado interior.
- Conocer la forma correcta de realizar la compensación de herramientas para interiores.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de aluminio de Ø 38 mm x 120 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 0011

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. ¿Cuáles son las principales diferencias que se encuentra al realizar la programación manualmente a la obtenida mediante el software NX, para operaciones de interiores?

2. Realice una descripción de las funciones G empleadas para realizar torneado interior.

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

3.11.12. PRACTICA N° 12

MODELADO Y FABRICACIÓN “ROSCADO INTERIOR”

INTRODUCCIÓN

En la industria se presenta la continua necesidad de realizar roscado interiores que se puede realizar de diferentes maneras, mediante el software NX se presenta una alternativa de modelado y fabricación para realizar los procesos de roscado.

OBJETIVOS

- Reconocer las funciones G para realizar las operaciones de roscado interior.
- Analizar las diferencias que se presentan en las operaciones de interiores frente a las operaciones de exteriores.
- Permitir conocer al estudiante un nuevo método de fabricación de elementos.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Eje de aluminio de Ø 38 mm x 120 mm de longitud

Equipos

- Torno CNC modelo GT40a
- Calibrador
- Flexómetro

PLANO

Ver plano CAD/CAM 0012

PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Ver ANEXO A Manual para guía de prácticas

PREGUNTAS SUGERIDAS

A continuación se presentan una sugerencia de temas que los estudiantes pueden realizar para complementar su estudio.

1. Describa las principales diferencias que se presenta al realizar la programación manualmente.
2. Realice una alternativa de modelado y fabricación del elemento.
3. Realice una descripción de las funciones G para roscado interior.

INFORME

- Encabezado
- Título de la práctica
- Grupo y fecha
- Objetivos generales
- Objetivos propios
- Resumen de la práctica
- Fundamento Teórico
- Materiales y equipos
- Hoja de proceso
- Análisis de la práctica
- Preguntas
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En la industria y en la formación de profesionales es necesario emplear paquetes computacionales que faciliten el diseño y manufactura de piezas o elementos mecánicos, para lo cual se probó que el software NX es uno de los paquetes computacionales más aptos para ser empleados en cualquiera de los dos campos, debido a que demuestra ser un software que cuenta con las herramientas que existen en nuestro medio y cuya programación es adecuada para ser utilizado por un estudiante o por un profesional.

- Para realizar trabajos en los que se empleen insertos de derecha-izquierda y viceversa no es necesario emplear las funciones de compensación G41 y G42, solo es necesario realizar una correcta compensación de las herramientas, para garantizar las dimensiones del elemento modelado.

- Se implementó la guía de prácticas para el estudiante, con el fin de que sea un apoyo en el método de enseñanza empleado por el instructor de la materia, además de la implementación de un manual en el que se indica cómo realizar la fabricación de los diferentes modelados que se han propuesto.

- Se modeló y fabricó diferentes prototipos que poseían una geometría, cuyo maquinado sería difícil realizar en un torno convencional y llevaría mucho tiempo realizar una programación manual, pero que con la aplicación del software NX se presentó una reducción considerable en el tiempo de diseño y manufactura, presentándose así como una buena alternativa para la industria manufacturera.

4.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar cero máquina antes de iniciar el maquinado de cualquier elemento, esto garantizará que el controlador tenga un sistema de referencia para maquinar las diferentes dimensiones que están presentes en el lenguaje del programa.

- Para realizar la compensación de las herramientas en el torno CNC, es recomendable emplear instrumentos de precisión para realizar las medidas y obtener una compensación más segura que garantice obtener la pieza elaborada con las dimensiones que se modeló en el software.

- Es necesario que el instructor revise el postprocesado que se obtiene del software NX, para verificar el correcto funcionamiento del mismo y si es necesario realizar modificaciones para su correcto funcionamiento.

- Es necesario que el instructor conozca a fondo el funcionamiento del torno CNC y del controlador que gobierna las diferentes funciones del torno, para garantizar el correcto funcionamiento durante del maquinado de las distintas prácticas.

- Para todas las prácticas es recomendable realizar una simulación en vacío, para verificar el correcto funcionamiento del programa antes de realizar el maquinado, con esto se puede conocer la trayectoria de la herramienta y conocer si es necesario realizar correcciones en el postprocesado.

- Se debe tener presente las normas de seguridad e higiene que se muestran en los anexos, para evitar accidentes durante el desarrollo de las prácticas, tomando como prioridad las normas que hace referencia al proceso de mecanizado en el torno CNC.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- GSK EQUIPMENT CO., LTDA; GSK98OTD “Turning Machine CNC System” User Manual; China; 2006.
- RIBA, Carles; *“Diseño Concurrente”*; Editorial ETSEIB-UPC; España; 2002.

TESIS

- GUAMÁN, Marco y CAMACHO, Mauricio; 2009; Implementación de guía de prácticas para la enseñanza de la fabricación de elementos maquinados mediante el torno con control numérico computarizado del laboratorio de Maquinas-herramientas de Ingeniería Mecánica.
- BOLAGAY, Mayra y ROBAYO, Diana; 2011; Implementación de prácticas para la enseñanza de la fabricación de elementos maquinados mediante el torno con control numérico computarizado del laboratorio de Máquinas-herramientas de Ingeniería Mecánica.
- LARREA, Manuel; 2010; “Diseño y Manufactura Asistida por Computador (CAD-CAM) en la construcción de piezas con proceso de Torneado de Control Numérico (CNC)”.
- ARGUMEDO, Pablo; 2008; Programación del Torno didáctico con control numérico computacional BOXFORD 250.

PÁGINAS WEB

- http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html
- http://www.cimco.com.mx/2110__productos_CAD-CAM_Mastercam.html

- http://en.wikipedia.org/wiki/Bobcad
- http://www.plm.automation.siemens.com/es_es/products/nx/
- http://es.wikipedia.org/wiki/CATIA
- http://www.sitenordeste.com/mecanica/control_numerico.htm#class
- http://www.frlp.utn.edu.ar/mecanica/Materias/CNCMH/ClaseDemo.PDF
- http://programacioncnciso.blogspot.com/2009/11/la-estructura-de-un-programa-de-cnc.html
- http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3087.pdf
- http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/Desgaste%20y%20Vida%20de%20las%20Herramientas.pdf
- http://www.comunidadindustrial.com/viewtopic.php?t=15138&p=22712
- http://m.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/14547_tcm1224-67388.pdf
- http://es.scribd.com/doc/54774839/NX7-Manual
- http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3087.pdf
- http://www.monografias.com/trabajos15/metodos-ensenanza/metodos-ensenanza.shtml

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE GUÍA DE PRÁCTICAS

(SE ADJUNTA EL ARCHIVO)

ANEXO B: HOJA DE PROCESOS

Tabla B. 1 Hoja de procesos

EPN	HOJA DE PROCESO	No. de Pieza	Hoja No	No. de Hoja	Croquis:

Conjunto:		Material:
Plano:		Dimensiones en bruto:
Realizado por:	Fecha:	Revisado por:

Fase	Operación	Esquema	Descripción de la operación	Máquina	Herramienta	Control	Condición de corte				Longitud	Tiempo (min)	
							Vc (min)	N (rpm)	Vs (mm/N)	a (mm)	(mm)	Preparación	Trabajo

Vc= Velocidad de corte N= Revoluciones por minuto Vs= Velocidad de avance a= Profundidad de corte

ANEXO C. FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS EN LAS PRÁCTICAS

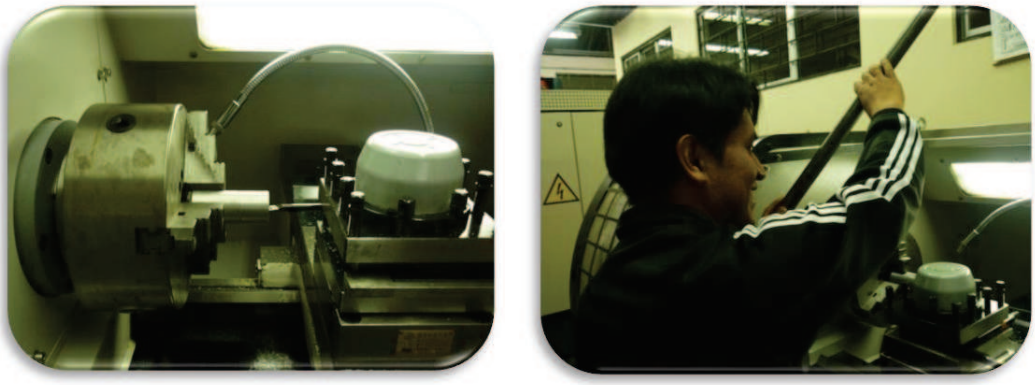

Figura C. 1 Sujeción del material en el torno CNC

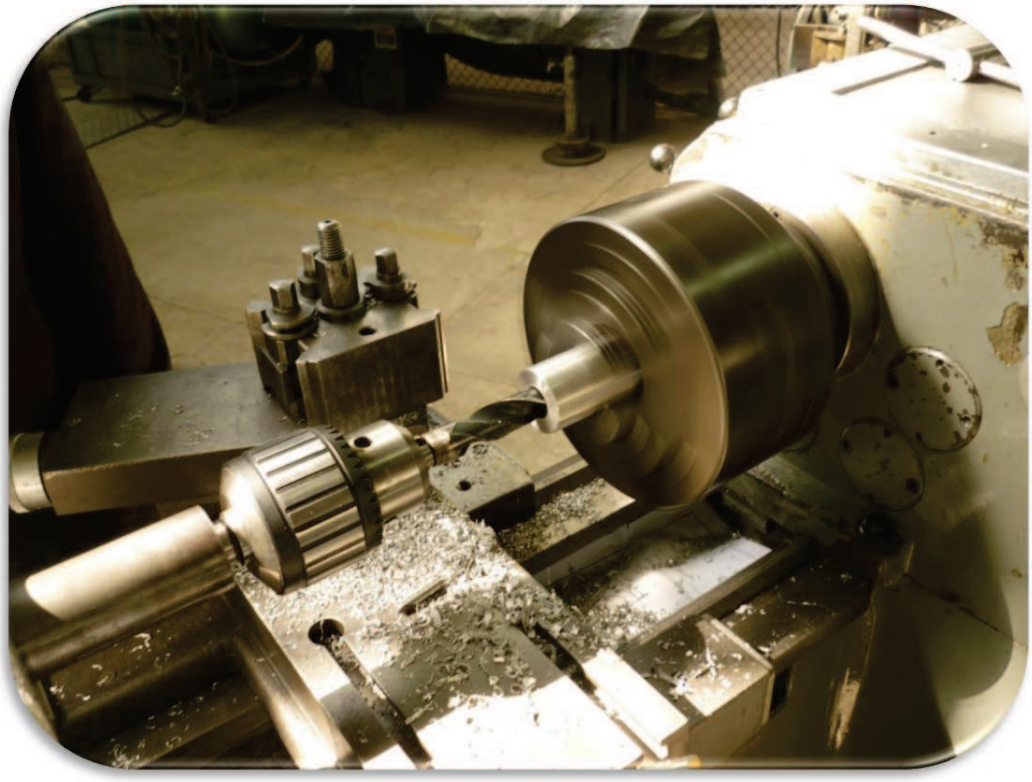

Figura C. 2 Preparación del material en el torno convencional

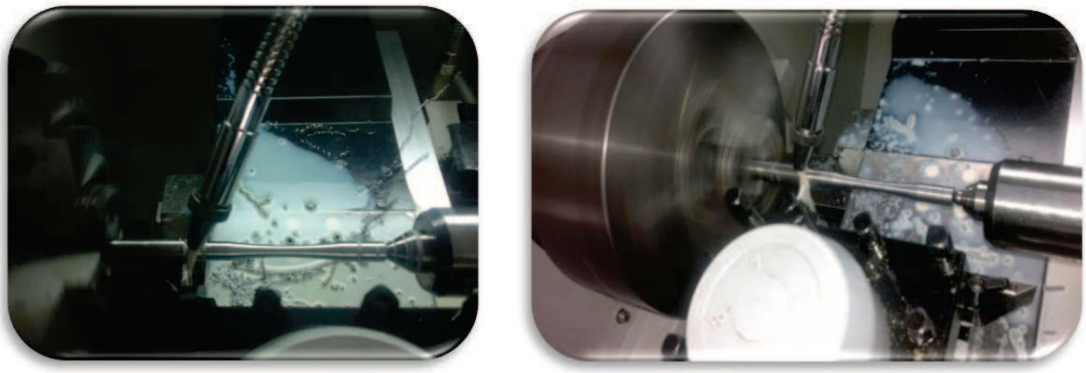

Figura C. 3 Fabricación de la probeta de fatiga

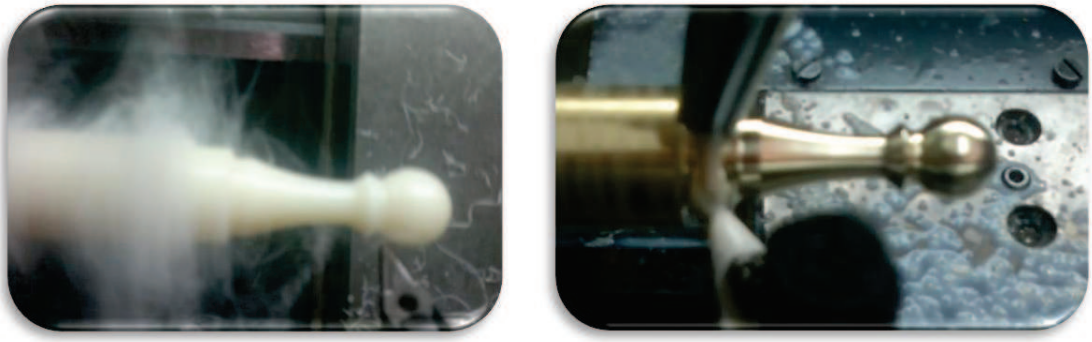

Figura C. 4 Fabricación de la probeta de fatiga en nylon y bronce

Figura C. 5 Verificación de dimensiones

Figura C. 6 Fabricación del elemento (REINA) en nylon y acero

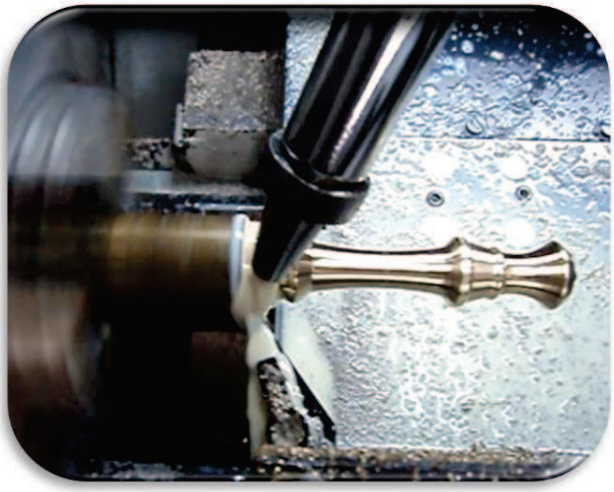

Figura C. 7 Fabricación del elemento (REINA) en bronce

Figura C. 8 Fabricación del elemento (ALFIL) en acero

Figura C. 9 Fabricación del elemento (ALFIL) en bronce

Figura C. 10 Fabricación del elemento (TORRE) en nylon

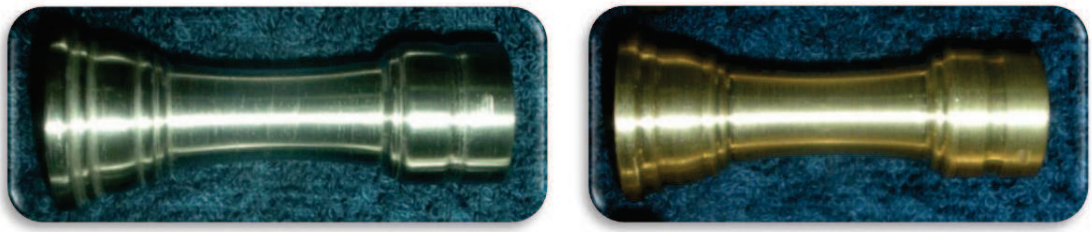

Figura C. 11 Elemento (TORRE) terminado

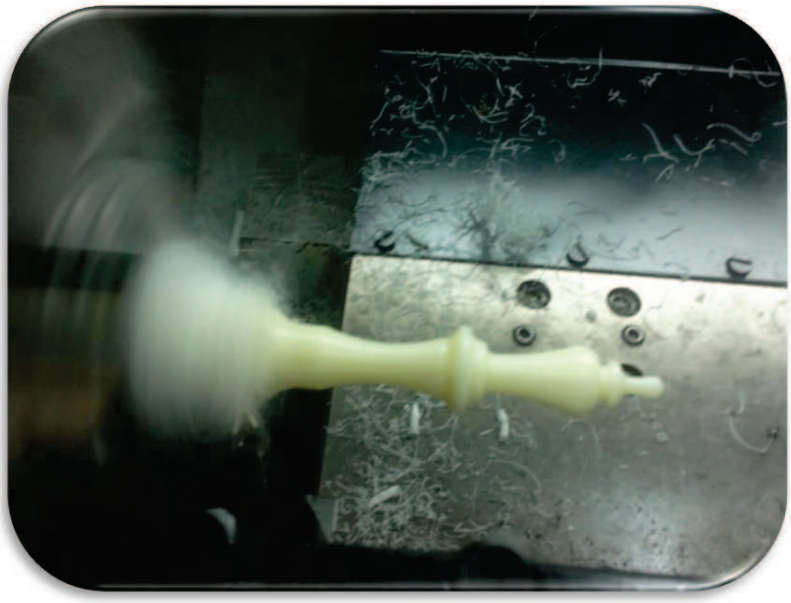

Figura C. 12 Fabricación del elemento (REY) en nylon

Figura C. 13 Elemento (REY) terminado

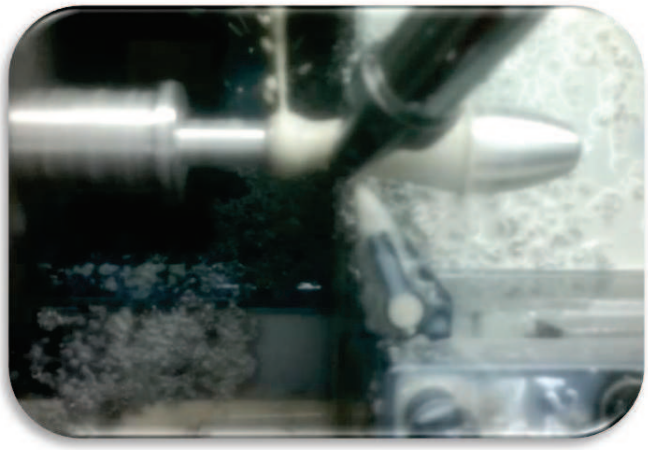

Figura C. 14 Fabricación del elemento (MANIJA) en aluminio en la proceso de desbaste

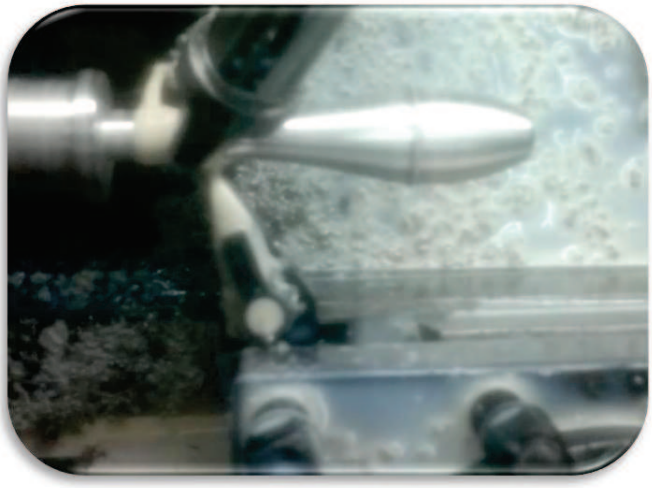

Figura C. 15 Fabricación del elemento (MANIJA) en aluminio en el proceso de afinado

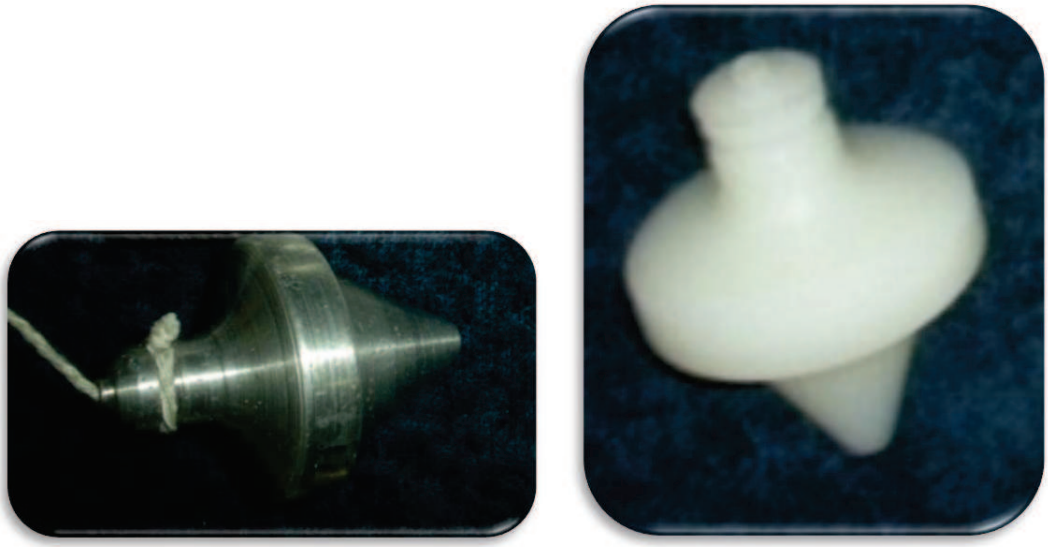

Figura C. 16 Elemento (PLOMADA) terminado

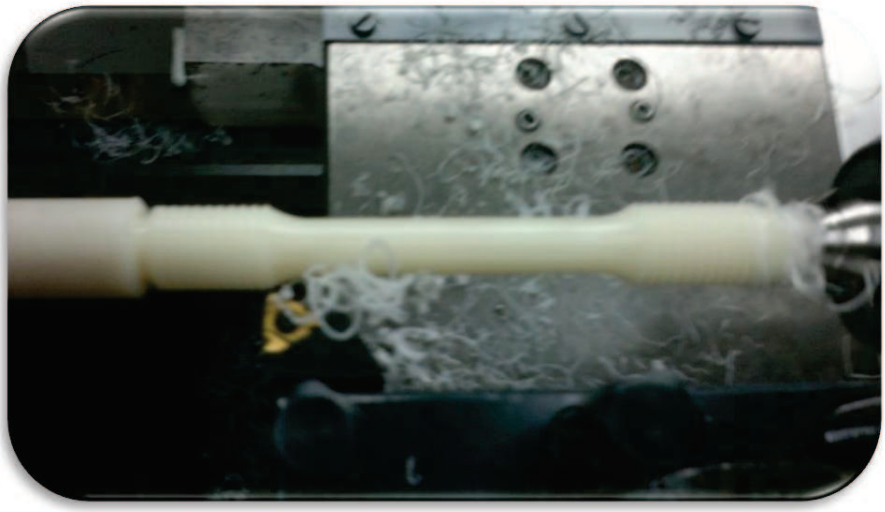

Figura C. 17 Fabricación de la probeta de tensión ASTM E8 en nylon en la operación de roscado

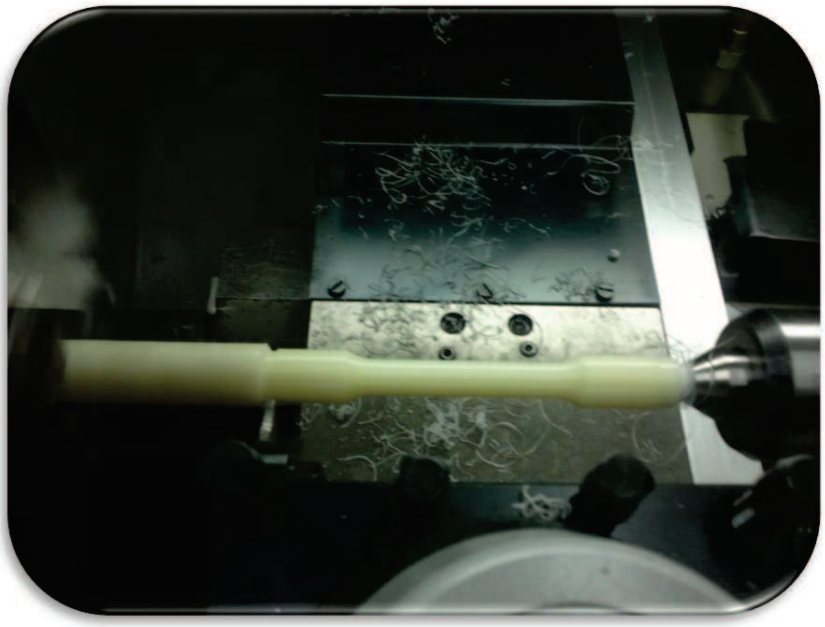

Figura C. 18 Fabricación de la probeta de tensión ASTM E8 en nylon en la operación de ranurado

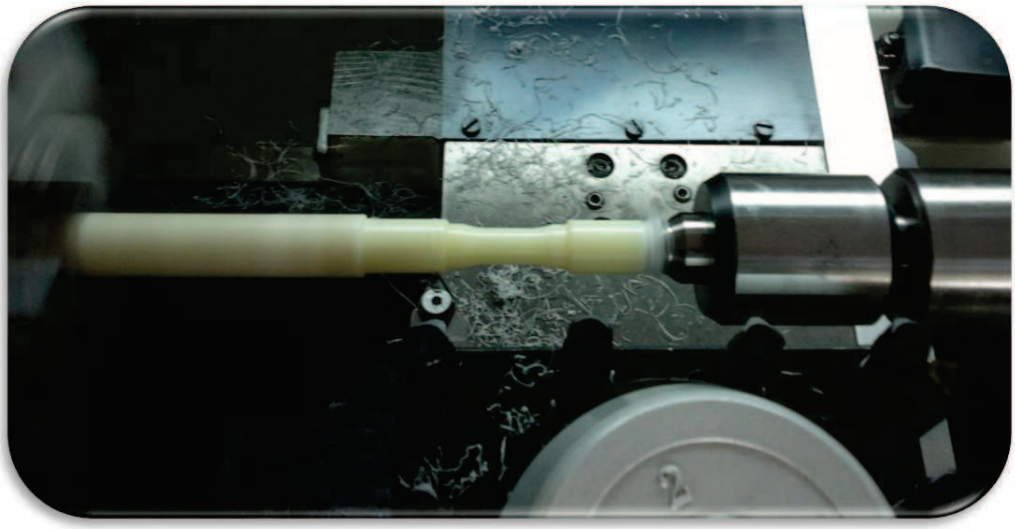

Figura C. 19 Fabricación de la probeta de tensión ASTM a48 en nylon

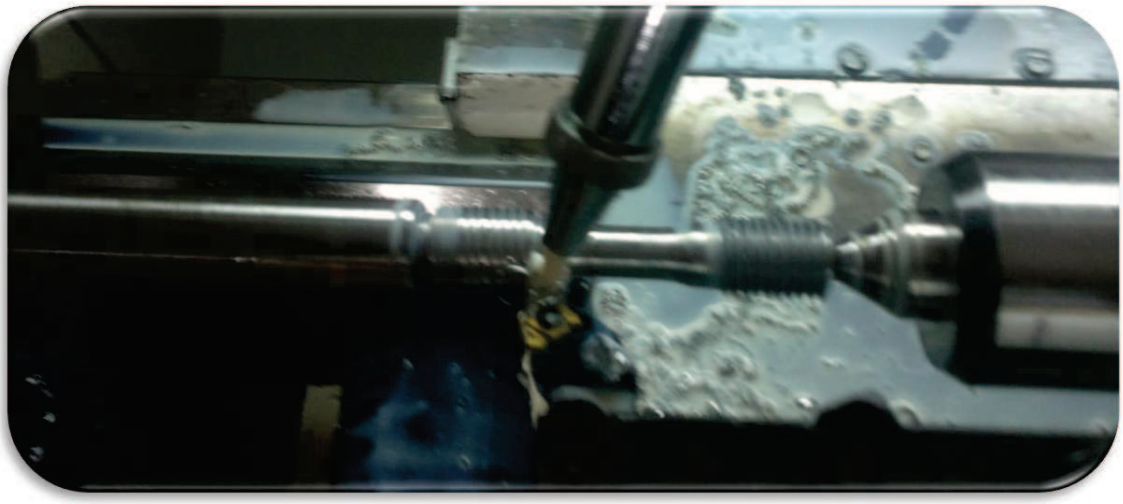

Figura C. 20 Fabricación de la probeta de tensión ASTM E8 en acero

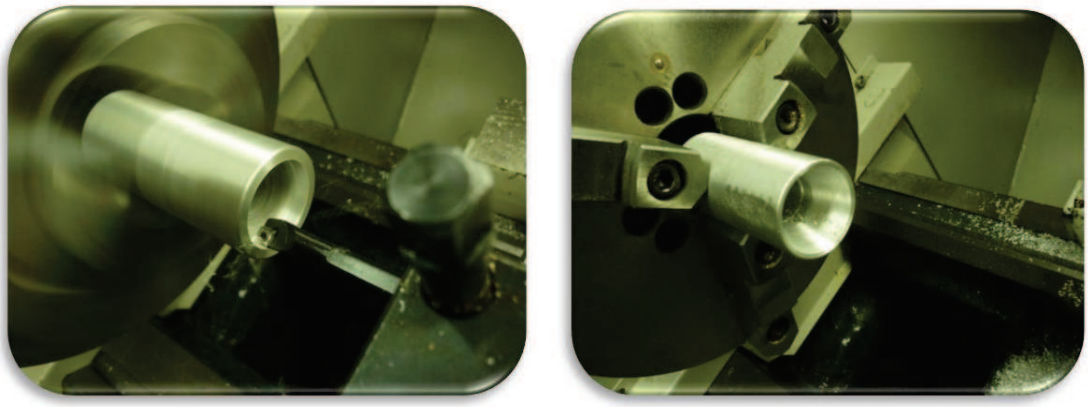

Figura C. 21 Fabricación del elemento con torneado interior en aluminio

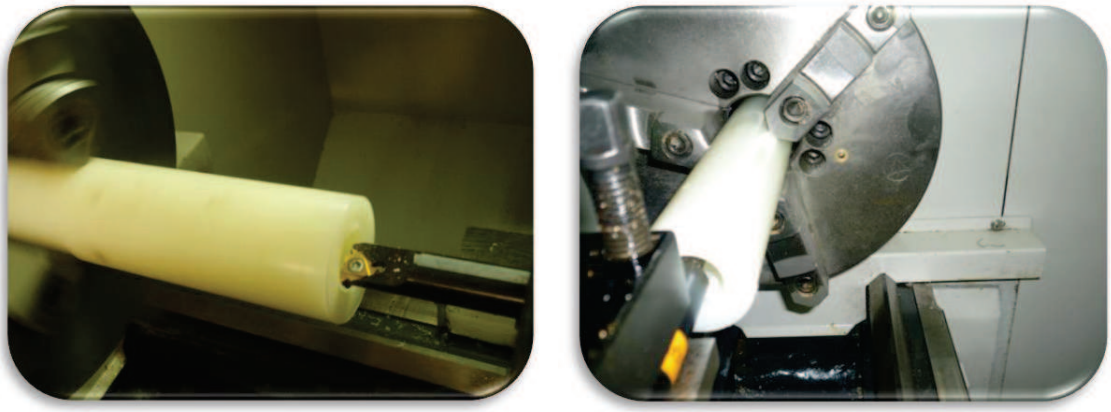

Figura C. 22 Fabricación del elemento con roscado interior en nylon

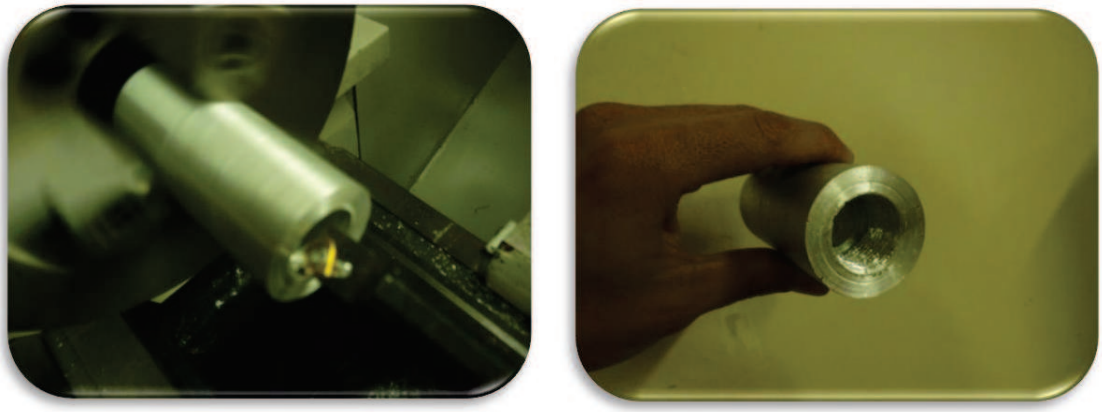

Figura C. 23 Fabricación del elemento con roscado interior en nylon

Figura C. 24 Elementos terminados en acero

Figura C. 25 elementos terminados en nylon

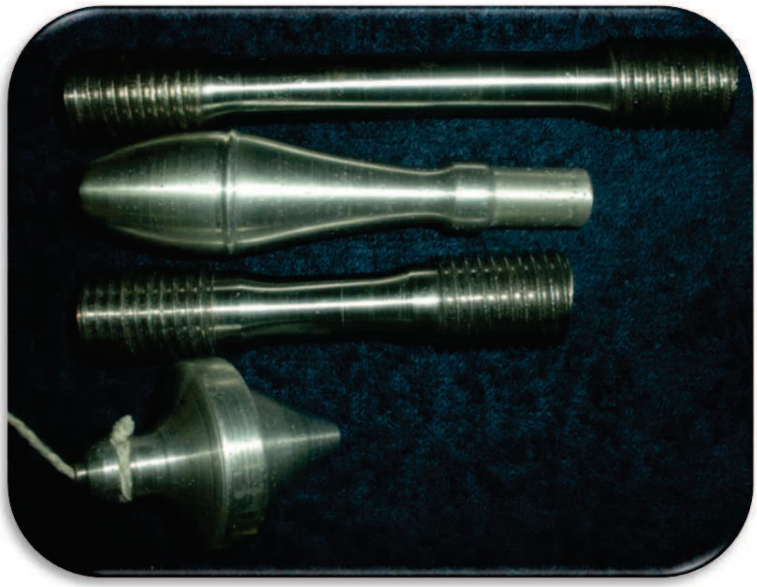

Figura C. 26 Elementos terminados en acero

Figura C. 27 Elementos terminados

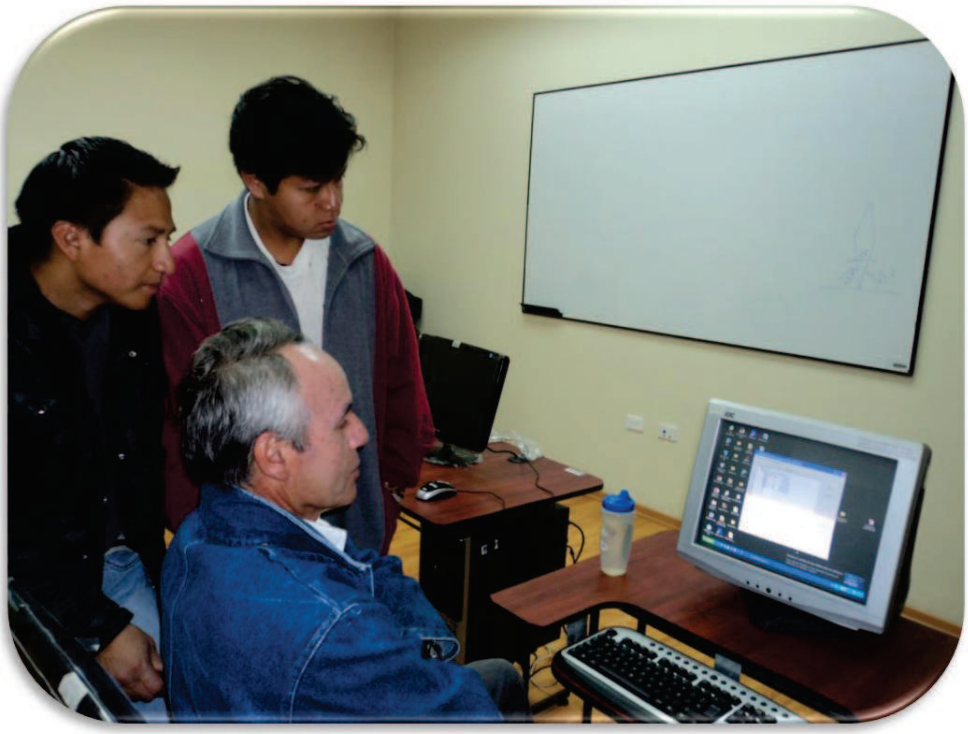

Figura C. 28 Implementación de las prácticas de laboratorio

Figura C. 29 Implementación de las prácticas de laboratorio en el torno CNC