

# **METODOLOGÍA PARA LA CAPACITACIÓN EN PROCESOS DE MECANIZADO EN TORNO CNC LEADWELL T 5 SEGÚN PMI**

AUTOR

Gabriel Humberto Bonilla blanco

Ingeniero de Procesos Industriales  
Bogotá, Colombia  
gabriel.bonilla@unimilitar.edu.co

TUTOR

Ing. Guillermo Roa Rodríguez, MSc

Ingeniero en Mecatrónica - Universidad Militar Nueva Granada

Especialista en Gerencia de proyectos de la Universidad Nueva Granada

Magíster en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nueva Granada

Coordinador Especialización en Gerencia Integral de Proyectos y

Maestría en Gerencia de Proyectos de la Universidad Militar Nueva Granada

PRINCE2 Foundation Certificate in Project Management Professional Scrum

Master PSM I

guillermo.roa@unimilitar.edu.co

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE  
PROYECTOS UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

JUNIO 2016

# METODOLOGÍA PARA LA CAPACITACIÓN EN PROCESOS DE MECANIZADO EN TORNO CNC LEADWELL T 5 SEGÚN PMI

Gabriel Humberto Bonilla Blanco  
Ingeniero de Procesos Industriales  
Bogotá, Colombia  
gabriel.bonilla@unimilitar.edu.co

## RESUMEN

El trabajo muestra el diseño de una metodología para el proceso de enseñanza a los estudiantes de los pregrados de Ingeniería mecatrónica e industrial de la Universidad Militar Nueva Granada en la asignatura de Tecnología en el área de mecanizado con máquinas CNC control numérico computarizado. La metodología se diseñó partiendo del levantamiento de información tanto del personal docente como de los alumnos, mostrando el paso a paso para el uso del torno desde sus implementos de protección personal, pasando por el conocimiento del equipo, su funcionamiento y la puesta en marcha, hasta llegar a la correcta programación para dar como resultado una pieza de altos estándares de acuerdo a lo requerido por el docente. Con la implementación de esta metodología se pretende facilitar herramientas de apoyo a docentes y estudiantes en la asignatura de tecnología mecánica que permita un mejor desempeño en los alumnos y facilite los procesos de capacitación en el manejo y programación del torno CNC LEADWLL T5 optimizando su utilización y permitiendo su uso a un mayor número de estudiantes por semestre.

**Palabras Clave:** Metodología, Procesos de capacitación, alumnos, profesores, torno, mecanizado, CNC (Control Numérico Computarizado), tecnología, implementación.

## INTRODUCCIÓN

### FORMULACIÓN DE PROYECTOS

Mediante la metodología para la capacitación en procesos de mecanizado en el torno CNC LEADWELL T5 se quiere desarrollar un sistema que permita la capacitación de los alumnos en el área de mecanizado especialmente en la asignatura de tecnología mecánica porque en la actualidad no hay un procedimiento definido y si existe no se está utilizando. Los profesores dictan la asignatura de acuerdo a sus experiencias sin ningún documento o información específica del tema

Con la aplicación de la metodología se le facilitaría a los profesores y alumnos un procedimiento y documento de apoyo para el proceso de capacitación minimizando los problemas existentes como pérdida de tiempo durante la clase y la baja motivación de los estudiantes para participar generada por los largos tiempos de espera para trabajar en la máquina. Al aplicar la metodología se le facilitaría al estudiante toda la información necesaria para interactuar con el procesador de la máquina logrando una mayor participación de los estudiantes durante la clase. Para el desarrollo de la metodología se contó con la participación de todas las personas que participan en el desarrollo de las clases en el taller de diseño mecánico en la Universidad Militar Nueva Granada para la ejecución de la actividad se contó con los recursos asignados a la asignatura de tecnología mecánica como son tiempo máquina y recurso humano de la asignatura.

## **METODOLOGÍAS DE FORMULACIÓN (PRINCE2, PMI)**

### **PMI**

PMBOK – Project Management Body of Knowledge, desarrollado por el Project Management Institute (PMI), corresponde al compendio de conocimientos y buenas prácticas en gerencia de proyectos, que se constituye como un estándar del tema. Dentro de los estándares de gerencia de proyectos, es el más difundido y reconocido a nivel mundial. Como estándar, se trata de un enfoque basado en el conocimiento que debe tener todo gerente de proyectos para logro de proyectos exitosos (en forma individual). El PMBOK está compuesto por 47 procesos, organizados en 5 grupos de procesos, y 10 áreas de conocimiento que contienen los conocimientos y habilidades que debe tener un gerente de proyecto. Se quiere plantear lo mejor de cada una de estas metodologías y motivar al uso de lo mejor de cada una de ellas a los gerentes de proyectos de nuestro entorno, puesto que traería beneficios en la planificación de los proyectos, además de que podría mejorar costos en tiempo y dinero. (Comparación de metodologías de gerencia de proyectos PRINCE2 Y PMBOK José Montes de Oca Salcedo, Manuel Darío Pérez López)

La inclusión de metodologías como fuentes de conocimiento en la disciplina de dirección de proyectos. Particularmente, éstas permiten la implantación de un sistema para la ejecución de proyectos de manera más cercana a las necesidades particulares de cada intervención. En general se puede apreciar que la puesta en práctica de la dirección de proyectos, se ha hecho habitualmente, con la orientación de algún cuerpo de conocimiento (BOK) o estándar, la implementación de una metodología, y el uso de técnicas y herramientas (Shenhar y Dvir, 2007; White y Fortune, 2002).

Con respecto a lo antes planteado, las metodologías son estructuras que permiten conseguir los objetivos en los proyectos, se conciben como un conjunto de procesos, recursos y actividades claramente definidos (Pharro & Bentley, 2007). Existen numerosas metodologías en este campo, y las organizaciones utilizan modelos propios o adaptados. Algunas de ellas son de dominio público, y otras, pertenecen a empresas públicas o privadas, desarrolladas sobre los requerimientos particulares de

cada organización. (Tomado de Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos, Maricela I. Montes-Guerra, Faustino N. Gimena Ramos, H. Mauricio Díez-Silva 1Articulo\_Rev-Tec-Num-2.pdf)

## **PRINCE2**

Es una metodología que es marca registrada de la Oficina de Comercio del Gobierno del Reino Unido (OGC, 2002), la cual ha ido incrementando su popularidad y ahora se ha convertido en un estándar para la gestión de proyectos, no solo en el Reino Unido donde se originó, sino en todo el mundo. Esta metodología, aplicada ampliamente en los proyectos del gobierno del Reino Unido y en algunos del sector privado, día a día se hace más conocida a nivel mundial. Tiene una estructura muy práctica que está dividida estructuralmente en Principios, Temáticas y procesos los cuales buscan llevar a la consecución del éxito de un proyecto basado en retribuciones que principalmente son económicas. PRINCE2 describe procedimientos para coordinar personas y actividades en un proyecto, cómo diseñar y supervisar el proyecto y los pasos a seguir si ocurre alguna desviación de lo planificado y es necesario realizar ajustes. (Comparación de metodologías de gerencia de proyectos PRINCE2 Y PMBOK José Montes de Oca Salcedo, Manuel Darío Pérez López)

## **ALCANCE, TIEMPOS, COSTOS**

### **Contexto**

Mediante la metodología para la capacitación en procesos de mecanizado en el torno CNC LEADWELL T5 se quiere desarrollar un sistema que permita la capacitación de los alumnos en el área de mecanizado especialmente en la asignatura de tecnología mecánica

### **Problema**

Los profesores no suministra un documentos especifico o adecuado a los alumnos para el desarrollo de los procedimientos adecuados para la programación de la maquina lo cual ocasiona mucha demora en la unificación de criterios en el momento de organizar el programa.

### **Objetivo**

Metodología para la capacitación en procesos de mecanizado en torno CNC Leadwell T5 según PMI

## **1. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.1. Descripción del área de procesos de mecanizado de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG)**

El laboratorio de diseño mecánico de la Universidad Militar Nueva Granada, se encuentra ubicado en el sótano del Edificio C. Al ingresar al laboratorio se encuentra un área destinada a la inyectora de plástico y sus equipos auxiliares, más al fondo están las fresadoras, el taladro fresador y dos erosionadoras

Así mismo contiguo al área previamente descrita, se encuentra la zona de tornos donde hay 4 máquinas horizontales convencionales, 3 esmeriles, 1 rectificadora, 1 sierra sin fin, 1 limadoras, 1 soldador para cintas y 1 malacate.

Junto a esta área se encuentra el área de máquinas de control numérico computarizado donde están el torno SAMSUNG y el torno LEADWELL T5 y todos los equipos auxiliares.

El área de laboratorio es de 7 m de ancho por 22 m de largo para un área total de 154 m<sup>2</sup> incluidos el almacén y la oficina, toda el área está iluminada con una serie de lámparas de tubos fluorescentes que se encienden en su totalidad al iniciar labores.

Se cuenta con un sistema de ventilación, un ducto de unos 15 mts de longitud que introduce aire fresco y otro de unos 7 mts de largo que extrae aire, esto hace que haya permanente circulación de aire.

El lugar de soldaduras cuenta con un gran extractor de gases. El laboratorio se encuentra en funcionamiento desde la 7 A.M. hasta las 9:30 P.M., de lunes a viernes y el día sábado funciona de las 7 A.M a la 1 P.M.

#### **1.1.1. Descripción del área de máquinas CNC**

El área destinada para los tornos CNC es de 4 m de ancho por 7 m de largo en total 28 m<sup>2</sup> en esta zona se encuentra el torno Leadwell T5 el cual ocupa un espacio de 4

m de largo por 2 m de ancho, al frente de este torno dejando un espacio de 3 m<sup>2</sup> se encuentra el torno Samsung Esmed con todos sus equipos auxiliares.

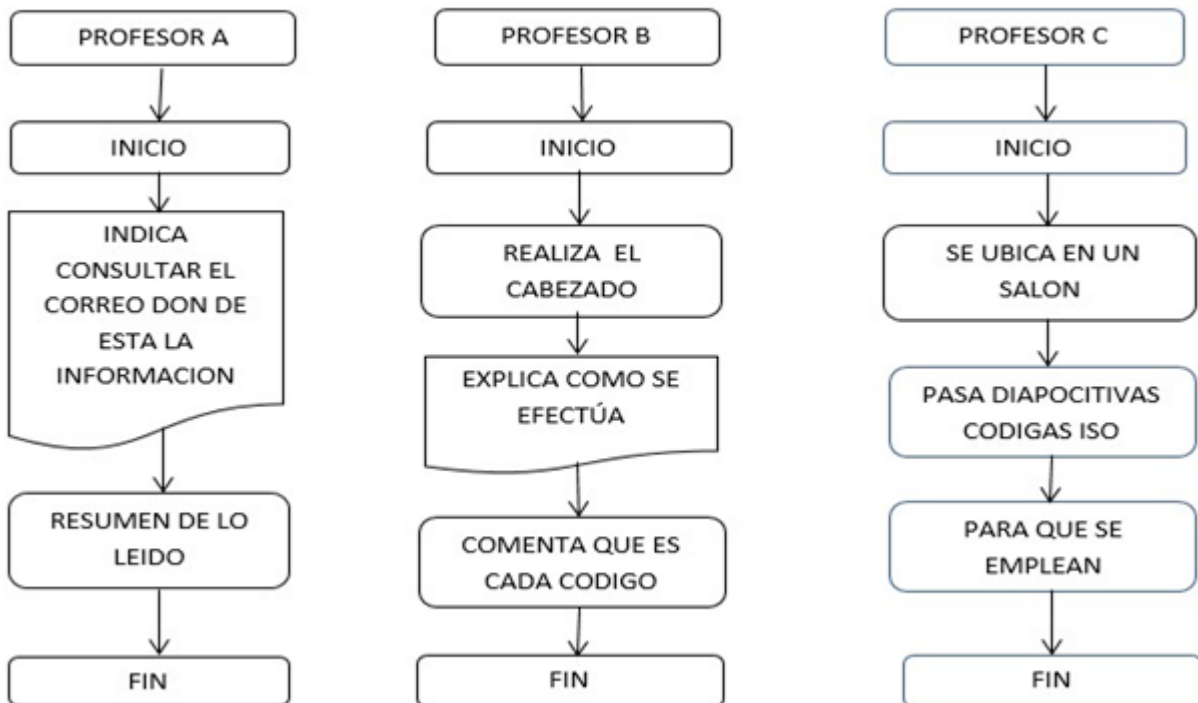
### 1.1.2. Levantar el proceso actual de uso del torno LEADWELL T-5

Actualmente cada profesor maneja su proceso de capacitación de acuerdo a su experiencia y conocimiento de los equipos, no existe un procedimiento establecido para la enseñanza del manejo de las máquinas. Aun así, a continuación se presenta el levantamiento del proceso evidenciado en el área.

#### 1.1.2.1. Capacitación Códigos ISO

Cada profesor maneja una metodología diferente para enseñar los Códigos de programación, como se observa en la figura 1.

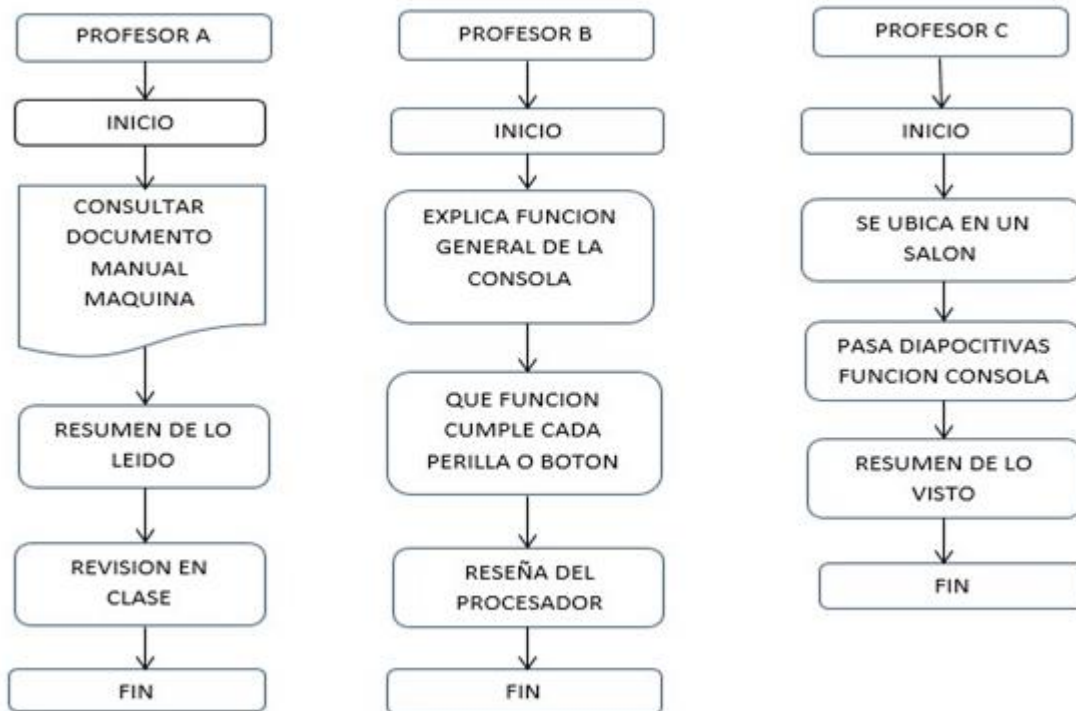
**Figura 1.** Capacitación códigos iso



### 1.1.2.2. Manejo de la Interfaz de la Máquina

Es el proceso por el cual los alumnos comienzan a conocer el procesador de la máquina y a introducir datos al computador. Como se observaba en la figura 2.

**Figura 2.** Manejo interfaz de la maquina



Todos los profesores les indican a los alumnos que vallan y miren la máquina y repasen lo explicado, generalmente la gran mayoría de los estudiantes no realizan esta actividad.

### 1.1.2.3. Trabajo en la máquina

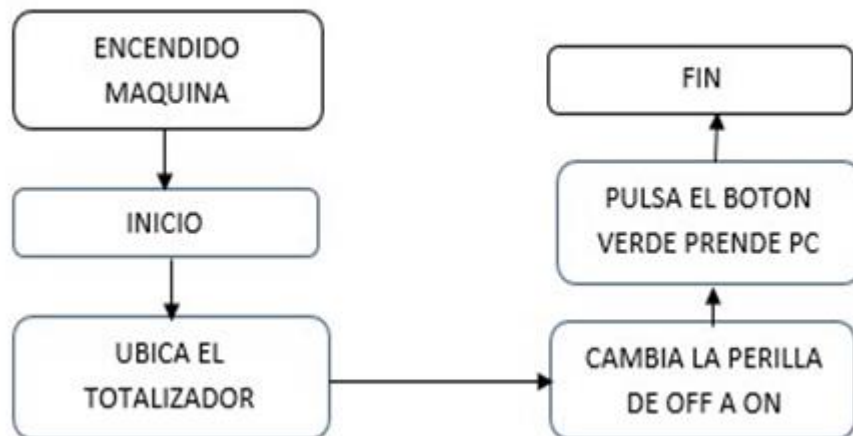
Un gran porcentaje de alumnos llegan a trabajar en la máquina sin saber qué es lo que tienen que hacer porque las explicaciones son muy teóricas, y no se lea dado la importancia que se requiere a la parte práctica y funcional de la máquina.

Es de mucha importancia que los alumnos conozcan las partes de la máquina, su funcionamiento, su capacidad en cuanto a recorridos máximos y mínimos, capacidad de carga en volumen y peso de las piezas a maquinar, es relevante que tengan conocimiento de cómo seleccionar la herramienta con la cual van a trabajar o maquinar.

### 1.1.2.4. Encendido de la máquina

No existe un procedimiento definido todos los profesores lo realizan de diferente forma el procedimiento más general es el que se indica en la figura 3.

**Figura 3.** Encendido maquina

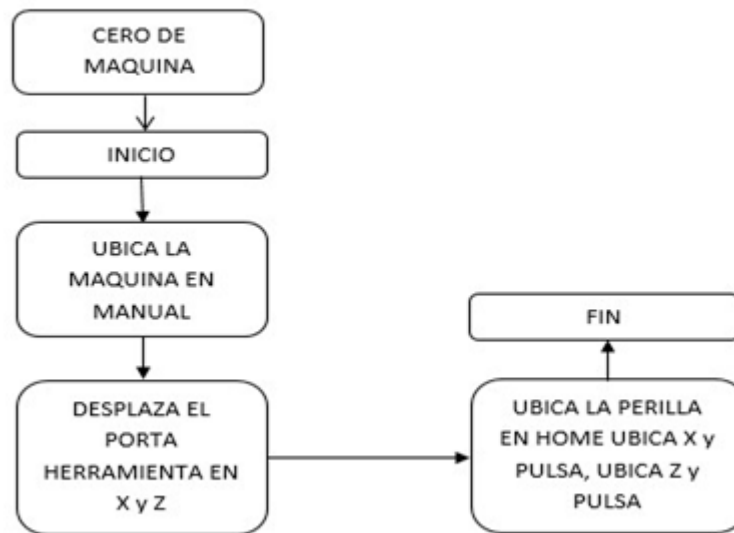




### 1.1.2.5. Referencia de Máquina (cero de máquina)

Es de importancia llevar la maquina a la referencia de fabricación (cero de máquina) ya que de esta forma se le da un punto de referencia para que pueda efectuar los despulsamientos y movimientos programados. El cero de máquina se efectúa de acuerdo a los posos dados en la figura 4.

Figura 4. Cera de máquina

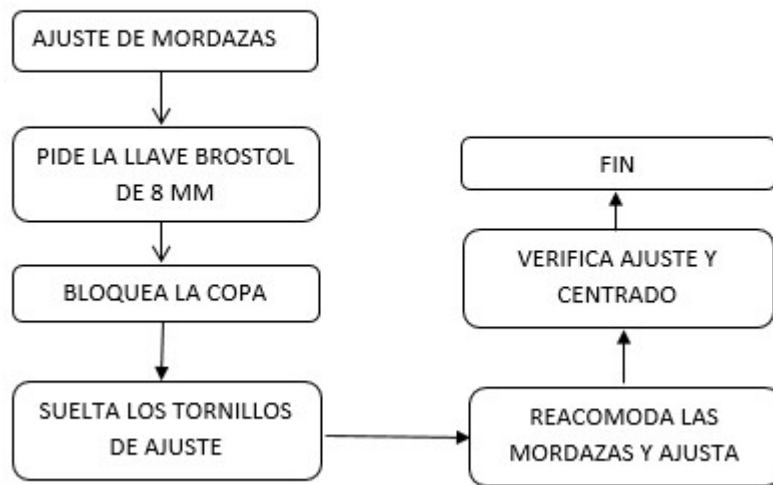


Los profesores les indican a los alumnos que hay que realizar el procedimiento de cero de máquina como se les explico, investigaron y repasaron en la actualidad no hay el suficiente acompañamiento y apoyo a los estudiantes en cuanto a la parte práctica en la operación de la máquina. La gran mayoría de los alumnos no lo realiza.

### 1.1.2.6. Ajuste de Mordazas

Esta operación se desarrolla en el husillo de la máquina, este ajuste permite que se puedan montar en la maquina materiales de diferentes diámetros, mínimo 10mm máximo 75mm; en pulgadas mínimo  $\frac{3}{8}$  máximo 3 pulgadas. Se pueden montar materiales de mayores diámetros con dispositivos especiales. El ajuste de mordazas se efectúa como se indica en la figura 5

Figura 5. Ajuste de mordazas

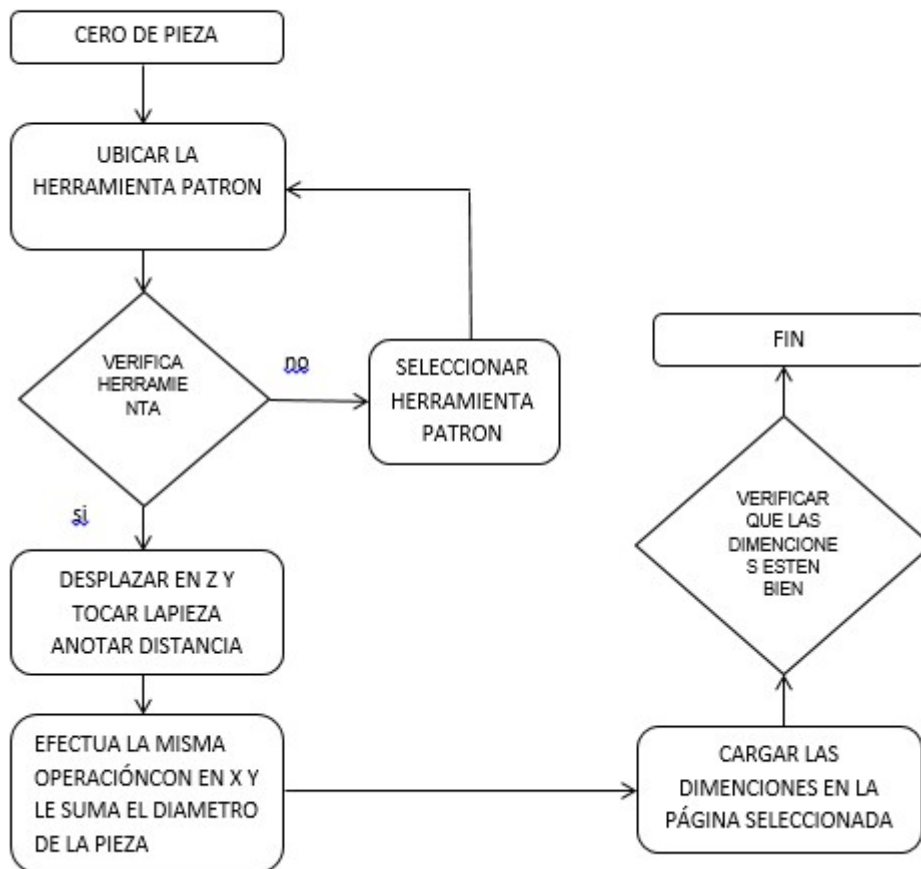


Este proceso es considerado por dos de los profesores como algo secundario, pues consideran que debe ser desarrollado por el técnico y que para los alumnos no es relevante el conocerlo; solo uno de los profesores les explica como efectuarlo y verificar que las mordazas queden bien ajustadas y centradas.

### 1.1.2.7. Cero de pieza

El cero de piezas es determinar la distancia que hay desde el cero de maquina hasta la cara frontal de la pieza, (cero en z) y la distancia que hay en x desde cero maquina a la cara lateral o diámetro de la pieza (cero en x) a esta hay que sumar el diámetro de la pieza a maquinara. Estas distancias se llevan a una tabla establecida en el controlador de la maquina (las tablas destinadas para almacenar el cero de pieza son de G54 a G59). Este procedimiento se efectúa como indica la tabla 6.

Figura 6. Cero de pieza

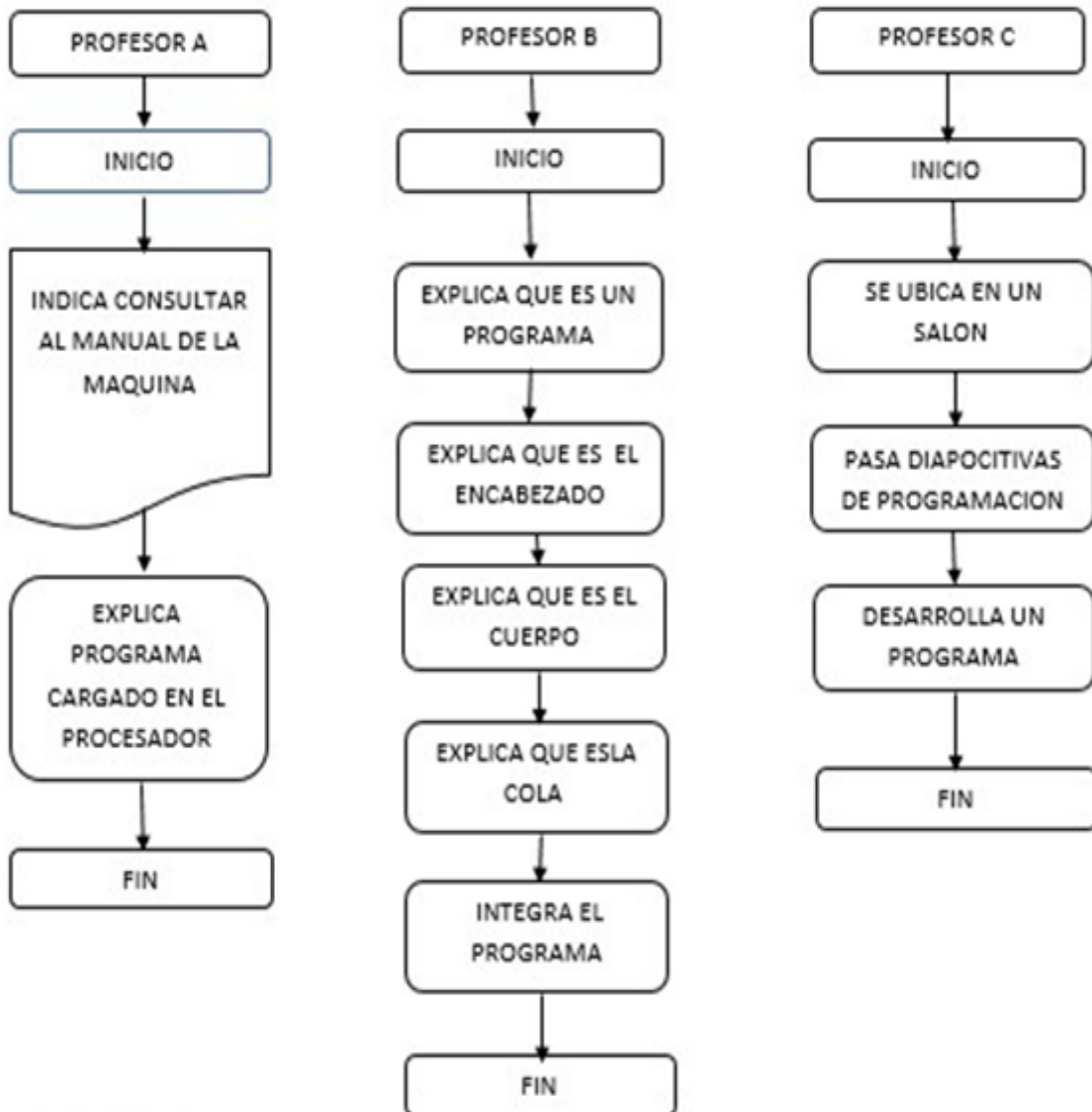


Importante tener presente que para realizar el cero de pieza se debe trabajar con la herramienta patrón que es la que da los parámetros para la compensación de las otras herramientas de la máquina.

### 1.1.2.8. Programación

Para la capacitación de programación, los profesores tienen diferentes métodos de hacerlo y lo efectúan como indica la figura 7.

Figura 7. Programación

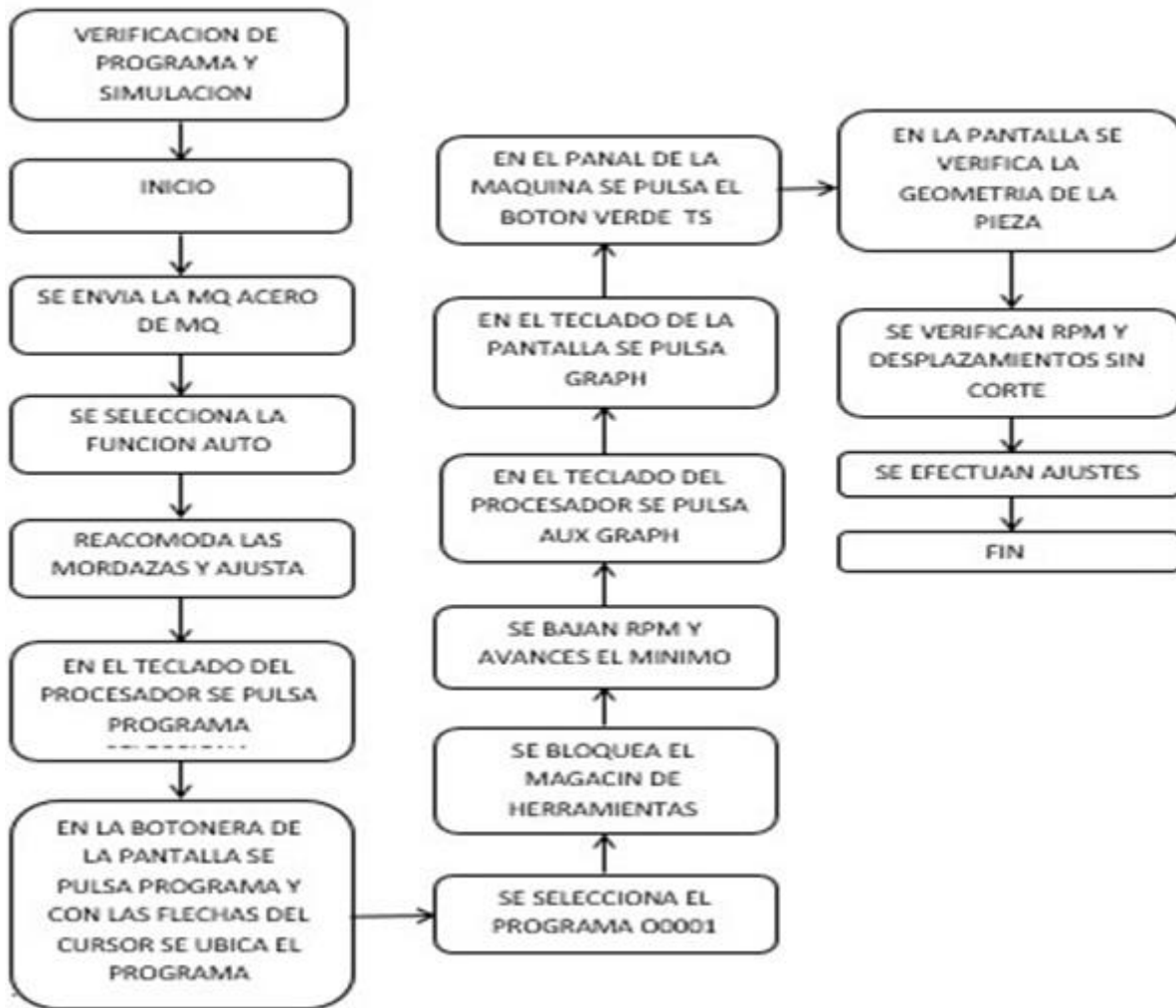


No todos los alumnos tienen claro como cargar el programa a la máquina, invierten mucho tiempo efectuando la operación, generando retraso para los otros alumnos que están pendientes por efectuar el mismo proceso.

### 1.1.2.9. Verificación de Programa y Simulación

Para realizar la verificación del programa y la simulación se debe hacer el siguiente procedimiento como se indica en la figura 8.

Figura 8. Verificación de programa y simulación



No todos los profesores revisan el programa de simulación, generalmente lo efectúa el técnico los cuales lo revisan por seguridad no porque les corresponda la actividad.

Una vez comprobado que el programa está bien cargado se efectúan todos los procesos preparatorios para la corrida del programa

Durante la corrida del programa se debe estar pendiente de que las pasadas de desbaste no pongan en riesgo las herramientas, ya que la profundidad de corte no se puede verificarse en el proceso de simulación. Si hay problemas con estas profundidades se debe parar y corregir la programación (las repeticiones de ciclos) o corregir los avances, si están muy rápidos e iniciar de nuevo.

### **1.1.3. Falencias del actual proceso**

El proceso actual presenta inconvenientes porque no hay criterios unificados para el proceso de capacitación a los alumnos.

La diferencia de metodologías empleadas por los maestros genera complicación en el momento de cargar los programas en el procesador de la maquina porque se sobre pasa la capacidad de la memoria del computador. En la actualidad los alumnos no son capacitados en las características mecánicas y funcionales de la maquina lo cual causa bloqueos de la maquina ocasionando tiempos largos de parada de la máquina mientras se solucionan los problemas generados Por malos procedimientos en el ingreso de datos y operaciones mecánicas.

Los profesores no suministra un documentos especifico o adecuado a los alumnos para el desarrollo de los procedimientos adecuados para la programación de la maquina lo cual ocasiona mucha demora en la unificación de criterios en el momento de organizar el programa.

Todos los pasos de alistamiento de la maquina se desarrollan muy lentamente ya que no hay el suficiente acompañamiento por parte del docente en estas actividades.

Al ejecutar los procesos de programación, alistamiento y puesta en marcha de la máquina sin una metodología definida genera problemas en la capacitación de los alumnos y tiempos más largos en la puesta a punto de la máquina, porque hay que repetir procedimientos o efectuar reprocesos en operaciones que no se efectuaron correcta y oportunamente.

## **1.2. Formular la metodología bajo lineamientos PMI**

En la actualidad los equipos y maquinas industriales han logrado un gran desarrollo gracias a los sistemas controlados por computador (CNC) Control Numérico Computarizado

Para lograr optimizar los procesos de capacitación es indispensable mejorar la metodología de enseñanza en el caso de la Universidad Militar Nueva Granada se requiere de una metodología que facilite la comprensión por parte de los estudiantes de todos los procesos que permitan la interacción con las actividades de programación, alistamiento y puesta en marcha de las maquinas mejorando su uso y empleabilidad. Para poder cumplir los objetivos de capacitación en los procesos tecnológicos se requiere de la participación de todos los integrantes del área de tecnología con el fin de desarrollar una metodología unificada para la capacitación de los alumnos.

### **1.2.1. Delimitar el alcance de la metodología**

El alcance de la metodología consiste en esquematizar el proceso básico de alistamiento y programación del torno CNC LEADWELL T5 generando la información necesaria para el desarrollo de la capacitación.

#### **1.2.1.1. Diseñar las actividades**

Mejorar la metodología de enseñanza de los alumnos de tecnología mecánica mediante el desarrollo del paso a paso de todos los procesos de enseñanza en la programación, alistamiento y verificación en el torno Leadwell T5.

Desarrollar todas las actividades requeridas para la elaboración de los esquemas necesarios para la programación del torno Leadwell T5

Impulsar el interés de los alumnos en todas las actividades de alistamiento y preparación del torno Leadwell T5 antes de la puesta en marcha de la máquina.

Lograr la interiorización de los estudiantes sobre la importancia de los procedimientos de verificación para asegurar y minimizar los riesgos de accidentes durante la puesta en marcha del torno Leadwell T5. En la figura número 9 se relacionan todas las actividades a desarrollar.

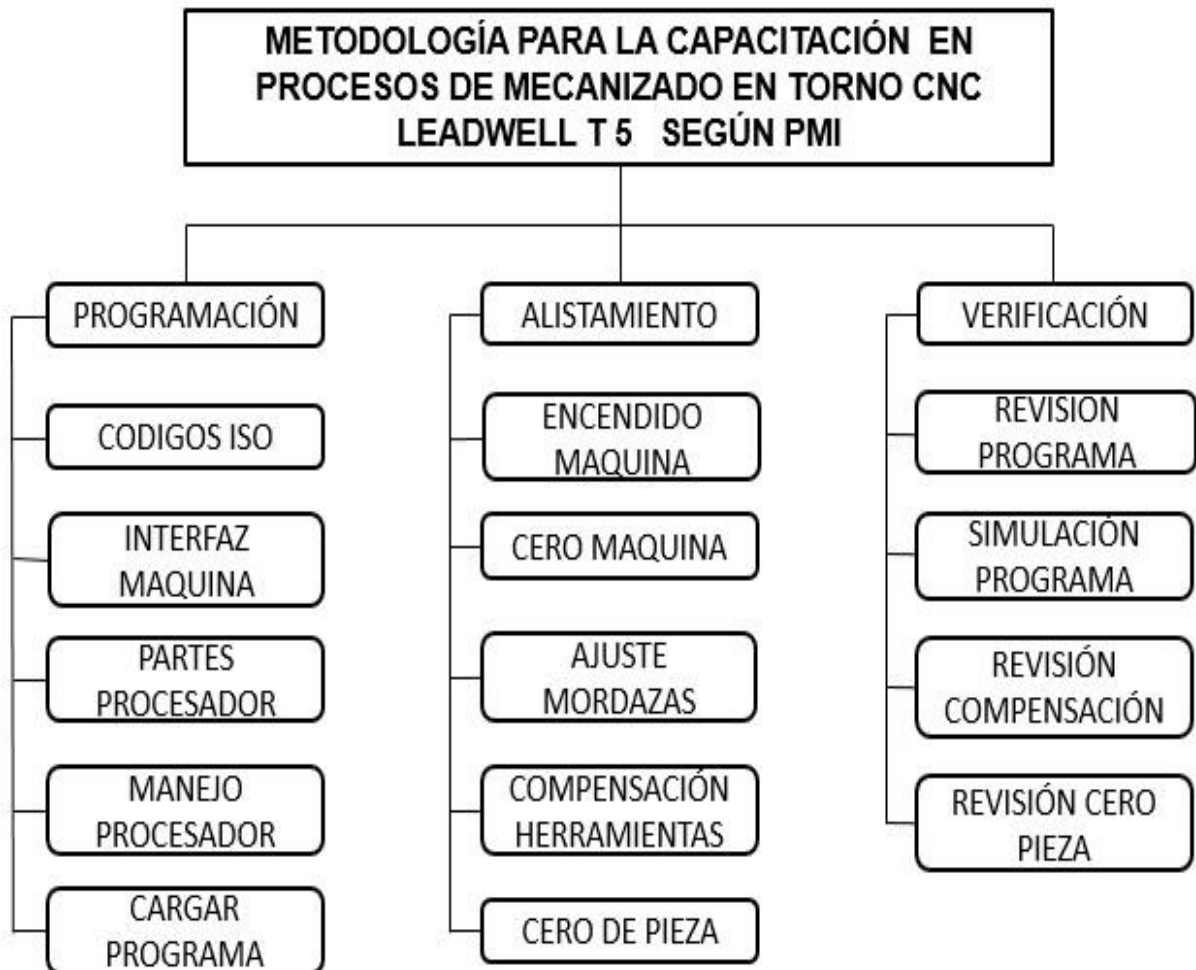
## TABLA DE ACTIVIDADES

**Figura.9** Relación de actividades

	<b>Descripción actividad</b>
A	Codigos iso
B	Partes procesador
C	Interfaz maquina
D	Manejo procesador
E	Cargar programa
F	Encendido maquina
G	Ajuste mordazas
H	Cero de maquina
I	Cero pieza
J	Compensacion herramienta
K	Revisión programa
L	Simulación programa
M	Revisión cero de pieza
N	Revisión compensación



1.2.2. Formular la EDT (estructura de descomposición del trabajo).



La estructura de descomposición del trabajo permite ver todas las etapas, en las cuales se fracciona cada objetivo específico; con la visualización de estas etapas se logra definir estrategias que facilitaran concretar las actividades a realizas para

obtener la nueva o mejor opción posible para el desarrollo del trabajo o metodología que se desea realizar. El trabajo específico en cada una de las etapas permitirá el desarrollo del mejor procedimiento para cada fase, las cuales aportaran al logro del objetivo general de la metodología.

### 1.2.3. Gestionar el tiempo

Para el desarrollo de las actividades necesarias se emplearan intervalos de tiempo ya que las clase prácticas no se pueden suspender, para la realización de todas las tareas del proyecto se coordinó que se debe trabajar en la maquina en horarios en los cuales los alumnos y profesores estén en clases de teoría durante este tiempo los técnicos y auxiliares trabajan en el torno Leadwell T5 en la toma de datos e información la cual se evalúa con los demás integrantes del equipo.

#### 1.2.3.1. Asignación de tiempo

Para el trámite del proyecto se estima que se invertirán 79 horas la cuales serán trabajadas en intervalos de 3 a 2 horas promedio por día estas será trabajadas por los técnicos y auxiliares del laboratorio en la máquina.

En el desarrollo de reuniones de todos los integrantes se presupuesta una inversión de 30 horas en las cuales se unificaran criterios de trabajo del torno Leadwell T5 el total de horas requeridas es de 109 horas.

### TABLA DE ACTIVIDADES Y TIEMPOS

Figura.10 Asignación de tiempos

	Descripción actividad	Duración horas	% de tiempo
A	Codigos iso	18	22,8%
B	Partes procesador	20	25,3%
C	Interfaz maquina	16	20,3%
D	Manejo procesador	14	17,7%
E	Cargar programa	2	2,5%
F	Encendido maquina	1	1,3%
G	Ajuste mordazas	1	1,3%
H	Cero de maquina	1	1,3%
I	Cero pieza	1	1,3%
J	Compensacion herramienta	1	1,3%
K	Revisión programa	1	1,3%
L	Simulación programa	1	1,3%
M	Revisión cero de pieza	1	1,3%
N	Revisión compensación	1	1,3%

### 1.2.3.2. Asignación de recursos

Para la realización de este proyecto se cuenta con el personal del área en el laboratorio de diseño mecánico que es el lugar donde se encuentra la máquina y son las personas que tienen el mayor conocimiento del equipo. Figura 11

**Figura.11** Asignación de recursos

recurso	Horas
Torno leadwell t5	79
Auxiliar laboratorio	109
Tecnico laborator	109
profesores	90
TOTAL	387

### 1.2.4. Diseñar entregables.

El objetivo del proyecto es generar una metodología que permita mejorar las actuales condiciones de enseñanza en el área de tecnología mecánica en el proceso de capacitación para la programación y alistamiento del torno Leadwell T5 esta metodología se basa principalmente en el desarrollo de todos los diagramas de proceso requeridos para la programación y alistamiento del torno Leadwell T5 para su puesta en marcha por parte de los estudiantes. Los diagramas de proceso se desarrollan dentro de los parámetros dados por la institución en su proceso de calidad y certificación NTC ISO 9001:2008

El material de entrega es un documento que contendrá todos los diagramas de proceso y teoría de programación del torno Leadwell T5 el cual servirá de apoyo para los docentes y estudiantes en el desarrollo de las actividades que se van a realizar durante el curso.

La estructura metodológica de enseñanza contempla 3 aspectos básicos:

Actividades Básicas

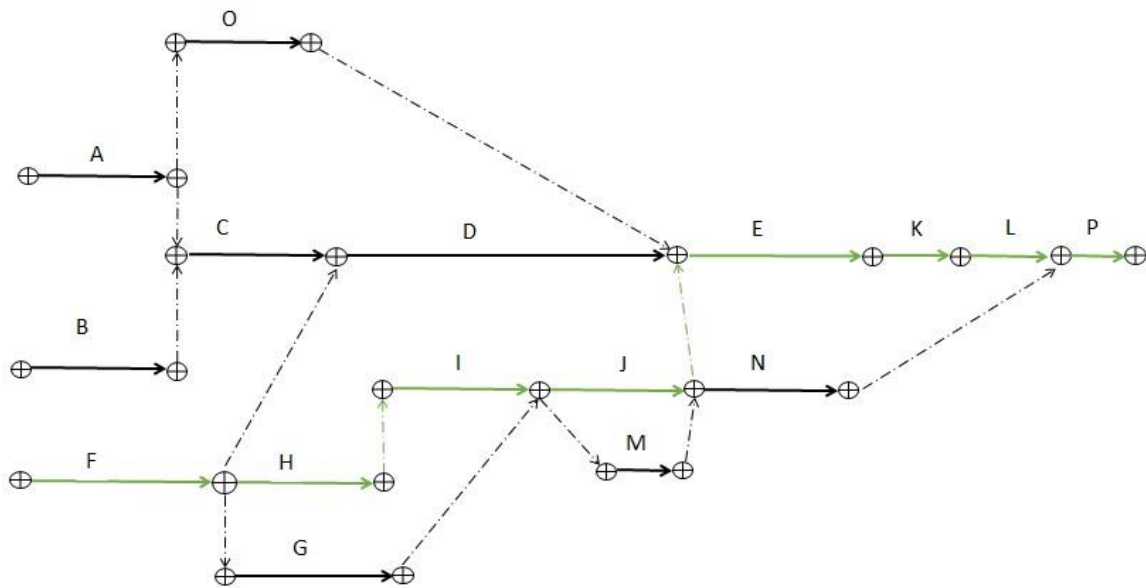
Actividades de Aplicación

Actividades de Práctica

### 1.2.5. Diagrama de dependencias (PERT) y obtención de ruta crítica.

Los diagramas de dependencia muestran como en un sistema están divididas o agrupadas en forma lógica todas las actividades y permite hallar el orden indicado para el desarrollo de las actividades, manejar los tiempos de las actividades e identificar la ruta crítica del proceso que se desarrolla

**Figura.12** Diagrama de dependencia y ruta crítica



#### 1.2.5.1. Asignación de holgura

	Descripción actividad	Duración horas	Predecesora	% de tiempo	Holgura
A	Codigos iso	18	no	22,8%	2
B	Partes procesador	17	no	21,5%	2
C	Interfaz maquina	16	A,B	20,3%	2
D	Manejo procesador	14	A,B,C,	17,7%	1
E	Cargar programa	2	D,O,J	2,5%	0,5
F	Encendido maquina	1	no	1,3%	0,2
G	Ajuste mordazas	1	F	1,3%	0,2
H	Cero de maquina	1	F	1,3%	0,2
I	Cero pieza	1	H	1,3%	0,2
J	Compensacion herramienta	1	I,G	1,3%	0,2
K	Revisión programa	1	E	1,3%	0,2
L	Simulación programa	1	E,K	1,3%	0,2
M	Revisión cero de pieza	1	I	1,3%	0,2
N	Revisión compensación	1	J,M	1,3%	0,8
O	Programa	3	A	3,8%	0,2

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 2.1. Diseñar el método de capacitación.

El documento entregado deberá ser un material de apoyo del que disponen los docentes, para facilitar el desarrollo las actividades a realizar durante las clases y ser el elemento de integración con de los alumnos. Este material será el documento principal para el desarrollo de todas las actividades a realizar en el proceso de preparación para el alistamiento y programación del torno Leadwell T5. Al cumplir el documento todos los procedimientos de calidad y certificación NTC ISO 9001:2008 se deberá considerar como documento fundamental en el proceso de capacitación en la asignatura de tecnología mecánica.

### 2.2. Gestión de costos

Para el desarrollo del trabajo se contó con el recurso existente en el laboratorio de diseño mecánico que es el área donde se encuentran ubicados todos los elementos y recursos necesarios para lograr la ejecución del proyecto. Todo el presupuesto es tomado de esta área.

La estimación de los costos fue realizada con base en el valor del costo de las horas de trabajo de la máquina. (Valor comercial de una hora de trabajo)

Para el caso de los profesores se tomó el valor promedio de una hora de clase.

Para el caso de los técnicos y auxiliares se tomó el valor asignado por nomina a una hora laboral.

No se incluyen costo de consumo de energía y herramientas estos costos están Incluidos en los gasto de operación general del laboratorio.

recurso	Horas	valor hora	Total
Torno leadwell t5	79	53000	\$ 4.187.000,00
Auxiliar laboratorio	109	8500	\$ 926.500,00
Tecnico laborator	109	8500	\$ 926.500,00
profesores	30	75000	\$ 2.250.000,00
TOTAL	327		\$ 8.290.000,00

### **3. CONCLUSIONES**

Mediante el desarrollo de los procedimientos de programación, alistamiento y revisión, se logra reenfocar toda la estructura actual de capacitación y visualizar un nuevo sistema de enseñanza que permite una mayor empleabilidad de la máquina, aumentando el número de horas disponibles en ella incrementando la cantidad de alumnos que lograran desarrollar las actividades de capacitación y aprendizaje en el equipo.

Con el desarrollo de la metodología se logra mejorar los procesos de atención y servicio el cliente interno, como son los alumnos de Ingeniería Industrial y Mecatrónica, permitiendo tiempos más productivos y eficientes en la utilización de la máquina, ya que cuenta con una información más específica en cuanto a los procesos a desarrollar en el torno Leadwell T5

Con la implementación de la metodología y el desarrollo de los procedimientos se alcanza el objetivo de disminuir los tiempos de paro en el torno Leadwell T5, ya que se bajan los riesgos de accidentes en la maquina por situación de mala programación y bloqueos en procesos manuales de operación.

Por medio de la implementación de los diagramas de proceso de programación, alistamiento y verificación se mejora la operatividad de los estudiantes en la máquina disminuyendo los tiempos por mantenimiento y daños en el torno Leadwell T5, permitiendo mayor aprovechamiento del tiempo disponible para los alumnos en el torno.

Lograr el manejo integral de los procedimientos por parte de los profesores y el suministro de la documentación adecuada a los estudiantes, se logra disminuir los costos en cambios de herramientas por daños y reparaciones (herramienta costosa).

# METODOLOGÍA PARA LA CAPACITACIÓN EN PROCESOS DE MECANIZADO EN TORNO CNC LEADWELL T 5 SEGÚN PMI

MEDIDAS DE SEGURIDAD

LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA

NUEVOS DIAGRAMAS DE PROCESO



GABRIEL H BONILLA B

El documento entregado deberá ser un material de apoyo del que disponen los docentes, para facilitar el desarrollo las actividades a realizar durante las clases y ser el elemento de integración con de los alumnos. Se deberá considerar como documento fundamental en el proceso de capacitación en la asignatura de tecnología mecánica.

## **1. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

### ***1.1 Equipos de protección personal***

Los estudiantes deben utilizar anteojos de seguridad contra impactos, sobre todo cuando se mecanizan metales duros, frágiles o quebradizos, debido al peligro que representa para los ojos las virutas y fragmentos que en el proceso de maquinado pudieran salir proyectados.

Se debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada. Las mangas deben llevarse ceñidas a la muñeca.

Se debe usar calzado de seguridad que proteja contra cortes y pinchazos, así como contra caídas de piezas pesadas.

Es muy peligroso trabajar llevando anillos, relojes, pulseras, cadenas en el cuello, bufandas, corbatas o cualquier prenda que cuelgue.

Asimismo es peligroso llevar cabellos largos y sueltos, que deben recogerse bajo gorro o prenda similar. Lo mismo la barba larga.

### ***1.2 Antes de Hacer Funcionar el Sistema.***

No llevar pelo suelto, y/o joyas.

No utilizar la maquina sin la autorización del personal del laboratorio o profesor de la UMNG.

No haber ingerido licor, medicamentos o sustancias que causen somnolencia y disminuyan la concentración o el tiempo de reacción.

Leer el manual de uso de la máquina.

Revisar que los elementos de protección personal estén en buen estado y utilizarlos de forma correcta.

Revisar que la pieza a maquinar este bien sujeta a las mordazas del husillo de la máquina.



### **1.3 Mientras la maquina esté funcionando**

#### **Queda prohibido:**

Cualquier intervención manual o con medios auxiliares estando la maquina en marcha y las piezas en rotación.

Llevar pelo suelto, joyas o anillos

Modificar las instalaciones de seguridad, ej. Interruptores, guardas o coberturas.

La programación de revoluciones que sean mayores que las revoluciones máximas indicadas en los medios de sujeción utilizados.

La operación de la máquina por personas no autorizadas.

El mecanizado de piezas de cerámica y madera.

La utilización de aparatos generadores de radiaciones electromagnéticas. (Teléfonos celulares)

Retirar virutas de forma manual, se deberán utilizar ganchos de virutas y cepillo.

Arrojar desperdicios en el refrigerante o en la eliminación de virutas.

Descuidar la máquina aun si está trabajando de forma automática.

Tocar o manipular el interior del transportador de virutas en movimiento.

Limpiar la máquina con aire comprimido.

Utilizar lubricantes refrigerantes que no se puedan mezclar con el agua para evitar posibles explosiones

Desconectar el interruptor principal durante el desarrollo del procedimiento de mecanización ya que esto puede tener como consecuente daños en la máquina.

Dejar objetos de acero o hierro como pinzas, desatornilladores, etc. no deben quedarse tirados en el área cercana directa.

Todas las operaciones de comprobación, ajuste, etc., deben realizarse con la máquina parada, especialmente las siguientes:

Alejarse o abandonar el puesto de trabajo

Sujetar la pieza a trabajar

Medir o Comprobar el acabado

Limpiar

Ajusta protecciones o realizar reparaciones

Ajustar el chorro de refrigerantes.

## 2. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Tras el desarrollo de las primeras computadoras surgió la necesidad de programarlas para que realizaran las tareas deseadas.

Los lenguajes más primitivos fueron los denominados lenguajes máquina. Como el hardware se desarrollaba antes que el software, estos lenguajes se basaban en el hardware, con lo que cada máquina tenía su propio lenguaje y por ello la programación era un trabajo costoso, válido sólo para esa máquina en concreto.

El primer avance fue el desarrollo de las primeras herramientas automáticas generadoras de código fuente. Pero con el permanente desarrollo de las computadoras, y el aumento de complejidad de las tareas, surgieron a partir de los años 50 los primeros lenguajes de programación de alto nivel.

Con la aparición de los distintos lenguajes, solían aparecer diferentes versiones de un mismo lenguaje, por lo que surgió la necesidad de estandarizarlos para que fueran más universales. Las organizaciones que se encargan de regularizar los lenguajes son ANSI (Instituto de las Normas Americanas) e ISO (Organización de Normas Internacionales).

La máquina (Torno CNC LEADWELL T5), existente en la UMNG, tiene un procesador de la serie Fanuc O-TD, el cual viene configurado para leer lenguaje de programación ISO.

### 2.1 ¿Qué es el lenguaje ISO?

Para la programación de los controles la ISO ha estandarizado el lenguaje de programación para maquinaria CNC, aparte de esto los fabricantes de cada control diseñan un lenguaje propio para sus controles que se denomina lenguaje conversacional, interactivo en forma gráfica; pero un programador que domine el lenguaje ISO se puede desenvolver bien con cualquier control, es por eso que nos centraremos en este formato de programación.

Como todo idioma, también el lenguaje de programación se compone de palabras, toda palabra significa una orden que el programador da al control, los códigos de programación que se manejan son los siguientes:

**Códigos G:** También conocidos como códigos preparatorios, son los más importantes en la programación CNC, ya que controlan el modo en que la máquina va a realizar un trazado, o el modo en que va a desplazarse sobre la superficie de la pieza describiendo la geometría de la pieza de trabajo, si la pieza posee líneas rectas, arcos, etc.

**Códigos M:** Misceláneos o también llamados funciones auxiliares, Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, prender el refrigerante, etc.

**Código S:** SPEED = velocidad de giro del husillo en r.p.m. si programamos S1200 el husillo girará a 1200 r.p.m.

**Código F:** FEED = Alimentación o avance de mecanizado, es la velocidad con que se mueve la máquina en la operación de mecanizado, generalmente en las operaciones de torneado se utiliza el avance de mecanizado en milímetros por revolución, si

programamos F0.1 la máquina se moverá en la operación de mecanizado a 0.1 milímetros por revolución o vuelta de la copa. (mm/rev).

En los movimientos donde se necesita mecanizar sin que gire el husillo, se programa el avance de mecanizado F en milímetros por minuto, (en el caso de tornos fresadores con herramienta motorizada) si se programa F80 la máquina se moverá a 80 milímetros por minuto (mm/min).

**Código T:** TOOL = Herramienta de trabajo, la programación del número de herramienta se hace de acuerdo con el orden operacional del mecanizado específico de una pieza, es decir, si vamos a roscar una pieza, la primera herramienta T0101 será la broca centro, la segunda herramienta T0202 será la broca, la tercera herramienta T0303 el macho de roscado, y así sucesivamente.

Los dos primeros dígitos del código T se refieren al número de posición de la herramienta en la torreta, y los dos siguientes al corrector de la compensación de la herramienta. Se programa T0000 Al inicio del programa para cancelar todas las compensaciones de herramienta que han quedado activadas.

**Códigos X, Z, U, W,** Estos códigos se utilizan para designar las coordenadas de trabajo en el torno. En un torno el eje X (U coordenada incremental X) es el desplazamiento del carro transversal, determinando los diámetros de la pieza de trabajo, el eje Z (W coordenada incremental Z) es el desplazamiento del carro longitudinal, determinando las longitudes de la pieza. Además de estos códigos podemos encontrar el códigos C, (H coordenada incremental C) para designar el tercer eje, que generalmente es un eje giratorio, utilizado en los tornos fresadores con herramienta motorizada (también llamada herramienta viva). El eje C es la copa que funciona como eje giratorio indexando en grados o interpolando con los ejes X, Z. En este tipo de tornos se puede taladrar, fresar o roscar frontalmente fuera del centro de la pieza, y taladrar, fresar o roscar en sentido transversal al eje de la pieza de trabajo. Estos códigos van acompañados de valores numéricos X120. Z50. Que son las coordenadas a donde debe desplazarse la máquina según la orden dada.

Podemos encontrar otros códigos como I, K, coordenadas del centro de un arco, P código empleado para un tiempo de espera, Q código utilizado en ciclos de torneado, etc., que se explicarán más adelante.

## 2.2 LISTADO DE FUNCIONES PREPARATORIAS – CÓDIGOS G.

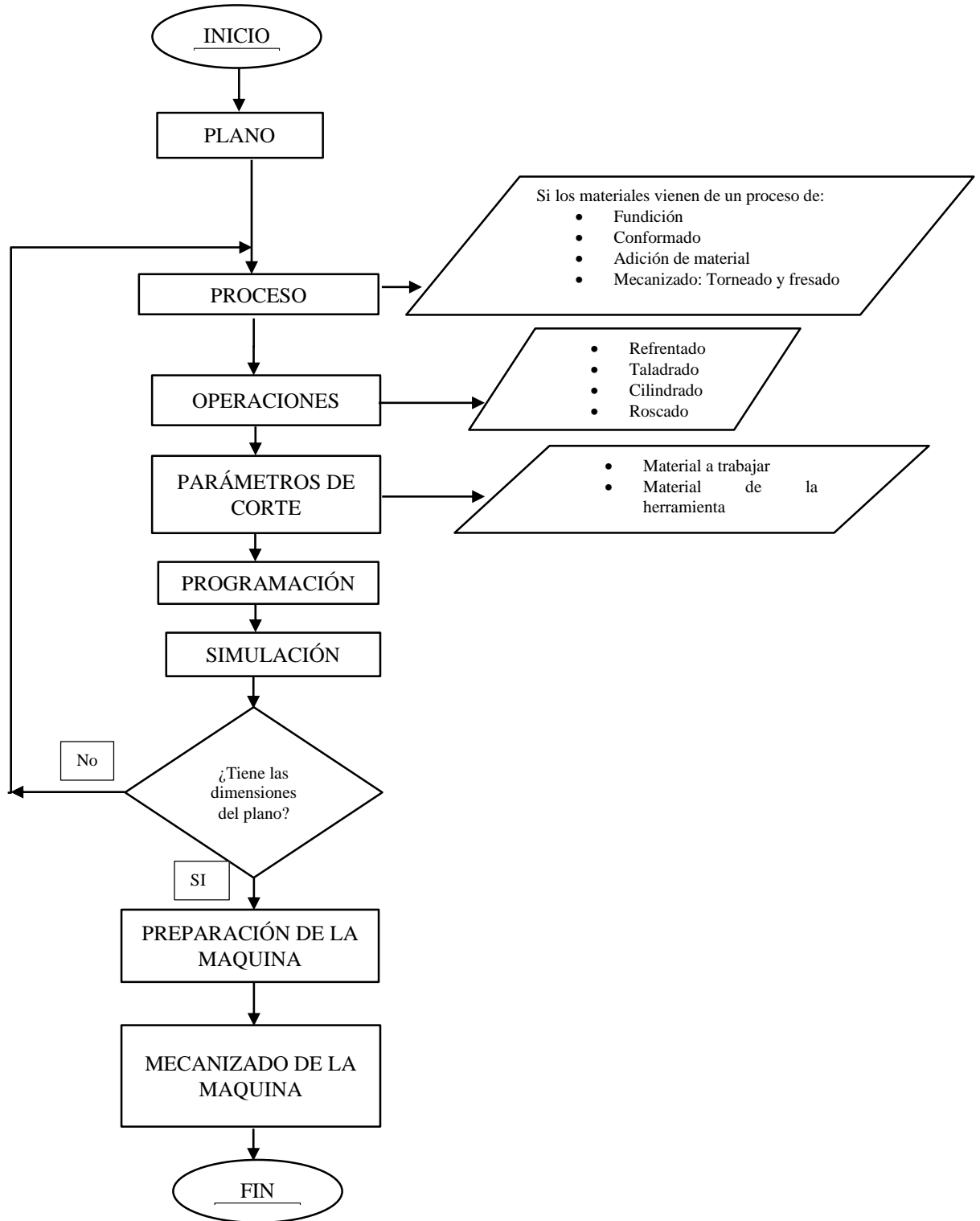
CODIGO	FUNCION
G00	Interpolación lineal de posicionamiento en rápido.
G01	Interpolación lineal
G02	Interpolación circular en sentido de las manecillas del reloj (CW)
G03	Interpolación circular en sentido contrario de las manecillas del reloj (CCW)
G04	Descanso o tiempo de espera (dwell)
G20	Entrada de datos en pulgadas
G21	Entrada de datos en mm
G22	Activar límites de desplazamiento almacenados
G23	Desactivar límites de desplazamiento almacenados
G27	Revisión del retorno a punto de referencia de la maquina
G28	Retorno automático al punto de referencia
G29	Retorno desde el punto de referencia
G30	Retorno al segundo punto de referencia
G32	Función de roscado

G40	Cancela funciones de compensación de trayectoria de herramientas
G41	Compensación de trayectorias de herramientas a la izquierda
G42	Compensación de trayectorias de herramientas a la derecha
G50	Definición de la velocidad del husillo / MAX*RPM
G54	Selección del 1º sistema de coordenadas de pieza
G55	Selección del 2º sistema de coordenadas de pieza
G56	Selección del 3º sistema de coordenadas de pieza
G57	Selección del 4º sistema de coordenadas de pieza
G58	Selección del 5º sistema de coordenadas de pieza
G59	Selección del 6º sistema de coordenadas de pieza
G70	Ciclo de acabado
G71	Ciclo de desbaste en cilindrado
G72	Ciclo en desbaste en refrentado
G73	Ciclo de desbaste por repetición de perfil
G74	Ciclo de taladrado en dirección de Z
G75	Ciclo de ranurado en dirección de X
G76	Ciclo de roscado múltiple
G96	Control de velocidad de corte constante
G97	Cancela la función de velocidad de corte constante/ RPM
G98	Designa la velocidad de avance en mm/min
G99	Designa la velocidad de avance en mm/Rev.

### 2.3 LISTADO DE FUNCIONES MISELANEAS – CÓDIGOS M.

CODIGO	FUNCION
M00	Parada de programa
M01	Parada opcional
M02	Final de programa
M03	Rotación de husillo principal, en sentido horario CW
M04	Rotación de husillo principal, en sentido anti horario CCW
M05	Detener husillo principal
M07	Encender bomba de refrigerante a alta presión
M08	Encender bomba de refrigerante
M09	Detener bomba de refrigerante
M10	Cerrar copa
M11	Abrir copa
M12	Sacar pinola del contrapunto
M14	Meter pinola del contrapunto
M19	Orientación del husillo
M21	Desactiva sensor de la puerta
M22	Activa sensor de la puerta
M29	Roscado rígido
M30	Fin de programa con retorno al inicio
M31	Desactiva sensor de copa abierta
M32	Activa sensor de copa abierta
M97	Contador de piezas
M98	Llamada a subprograma
M99	Fin de subprograma

### 3 DIAGRAMA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA PIEZA



### **3.1 Consideraciones antes de hacer un programa:**

1. Tener claro el orden en que se van a desarrollar las operaciones, que tipos de herramientas se van a usar y el orden a utilizar en el programa.
2. Considerar que velocidades y avances se van a programar dependiendo del tipo de herramienta y de material a utilizar.
3. Verificar que el plano de la pieza a programar tenga todas las dimensiones necesarias.
4. Verificar que la pieza de trabajo sea suficiente para mecanizar la pieza del plano.
5. Definir si es necesario usar subprogramas para el mecanizado.
6. Definir si es necesario usar contrapunta, dependiendo de las dimensiones de la pieza a mecanizar.

### **3.2 Consideraciones para probar los programas:**

Realizar el montaje de las herramientas de acuerdo al orden operacional escogido teniendo en cuenta que la medida que sobresalga del porta herramienta sea suficiente para alcanzar la profundidad o la longitud de mecanizado.

Hallar el cero de pieza y grabarlo en las tablas específicas (G54..., G59).

Compensar las herramientas y probar si quedaron compensadas correctamente antes de ejecutar el programa.

Revisar el programa para detectar errores al digitarlo.

Antes de ejecutar el programa accionar el botón **SINGLE BLOCK** para correr el programa bloque por bloque de programación.

Ejecutar el programa con el botón **CYCLE START**, y poner el **OVERRIDE** de avance rápido en un porcentaje bajo.

Después de mecanizar verificar las medidas de la pieza, compensar las medidas, cambiar avances de mecanizado o velocidades del husillo si es necesario.

#### **ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA**

La programación del CNC está normalizada y se trata de un conjunto de bloques o secuencias con información alfanumérica la cual dependiendo de la letra y el número ejecutara la orden.

### **3.3 Estructura de un bloque de programación**

La estructura de un bloque, está compuesto por las siguientes letras:

N (Numero del bloque)

G (Instrucción de movimiento)

X (Cota según eje X), el valor que acompaña a X, será el desplazamiento en el eje.

Z (Cota según eje Z), el valor que acompaña a Z, será el desplazamiento en el eje.

F (Velocidad de Avance)

S (Velocidad del husillo)

T (Nº de herramienta)

M (Funciones Auxiliares)

Dentro de cada pieza debe mantenerse el orden de las anteriores letras, N, G, X, Z, F, S, T y M. sin embargo en algunos casos no es necesario que estén presentes todos los ítems.

## ENCABEZADO DE UN PROGRAMA:

Todos los programas deben tener un nombre o un número que lo identifiquen, siempre deben empezar con la letra "O" seguido de cuatro números y entre paréntesis se.

Ejemplo:

### ***Encabezado del programa.***

O1212 (Eje 1212) ("Nombre del programa").

N10T0000G40G21G97;	{	N10= Número de bloque inicial T0000= Cancelar las herramientas y la compensación G40 = Cancelar la compensación de radios G21= Trabajar en mm G97= Trabajar con RPM fijas.
N20G28X0;	{	N20= Numero del bloque G28= Cero de maquina (Home) X0= Desplazamiento al eje X
N30G28Z0;	{	N30= Numero del bloque G28= Cero de maquina (Home) Z0= Desplazamiento al eje Z
N40G54;	{	N40= Numero de bloque G54= Grabar cero de pieza en la tabla 1.

### ***Cuerpo del programa***

N50T0101;	{	N50= Numero de bloque T0101= selección de la herramienta 1 en la torreta y compensación
N60G0X70Z5M4S800;	{	N60= Numero de bloque G0= Avance rápido sin corte X70= Desplazamiento eje X Z5= Desplazamiento en eje Z M4= Encender el husillo en sentido anti horario S800= Velocidad de giro del husillo en RPM

“ “

N450 “ “ bloque fin cuerpo del programa

### *Cola del programa*

N460G28X0;	{	N460= Numero de bloque G28= Cero de maquina (Home) X0= Desplazamiento eje X
N470G28Z0;	{	N470= Numero de bloque G28= Cero de maquina (Home) Z0= Desplazamiento eje Z
N480M30;	{	N480= Numero de bloque M30= (fin del programa). Apaga husillo, refrigerante, suma Una pieza más en el contador de piezas.

### **3.4 Restricciones de los bloques**

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

### **3.5 Movimientos básicos de la herramienta**

Existen cuatro movimientos básicos de las herramientas.

- G0: movimiento rápido sin corte.
- G1: Movimiento lineal con corte.
- G2: Interpolación circular o avances de arcos en sentido horario.
- G3: Interpolación circular o avances de arcos en sentido anti horario.

Los demás ciclos son combinaciones de este tipo de movimientos, estos movimientos son modales.

## **4 Nuevos diagramas de proceso para el torno.**

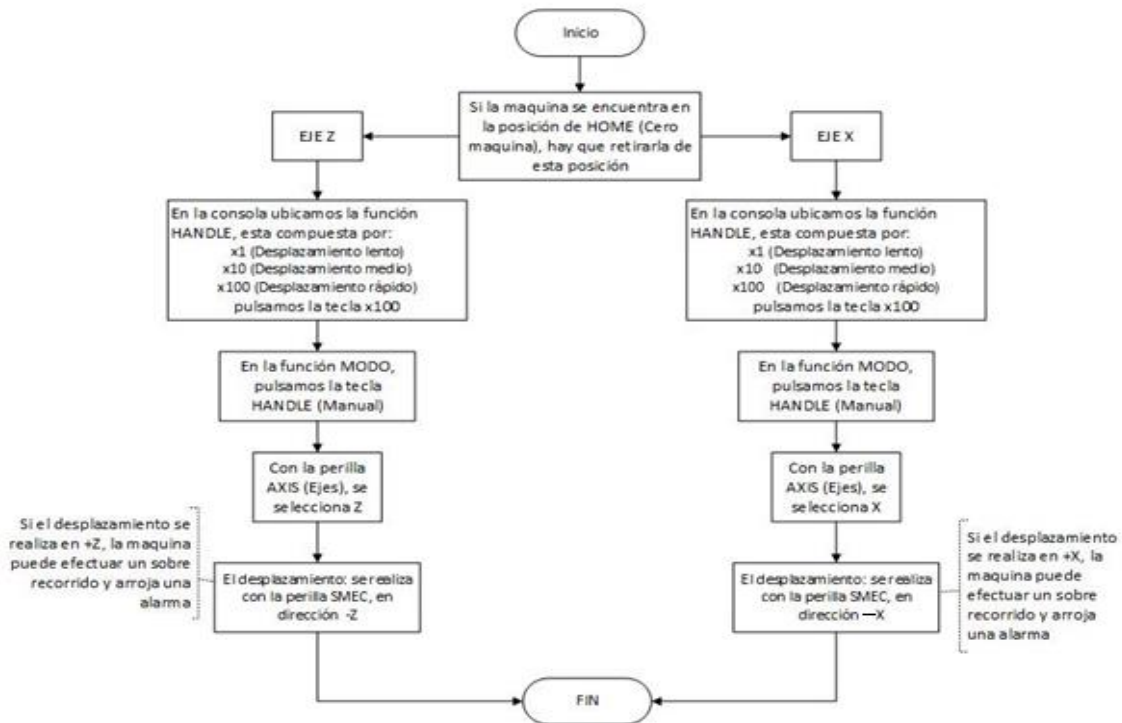
Los nuevos diagramas de proceso se efectuaron paso a paso para minimizar los posibles errores en la ejecución de las diferentes actividades en la máquina y permitir el mayor aprovechamiento posible del torno en beneficio de los estudiantes.



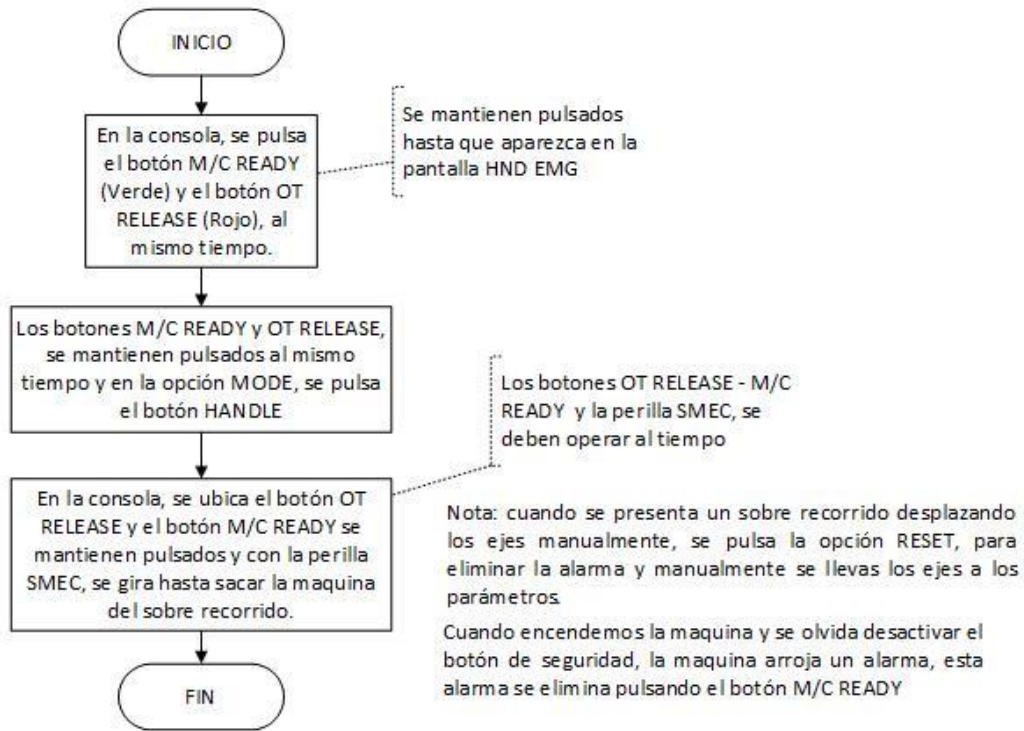
### ENCENDIDO DE LA MAQUINA



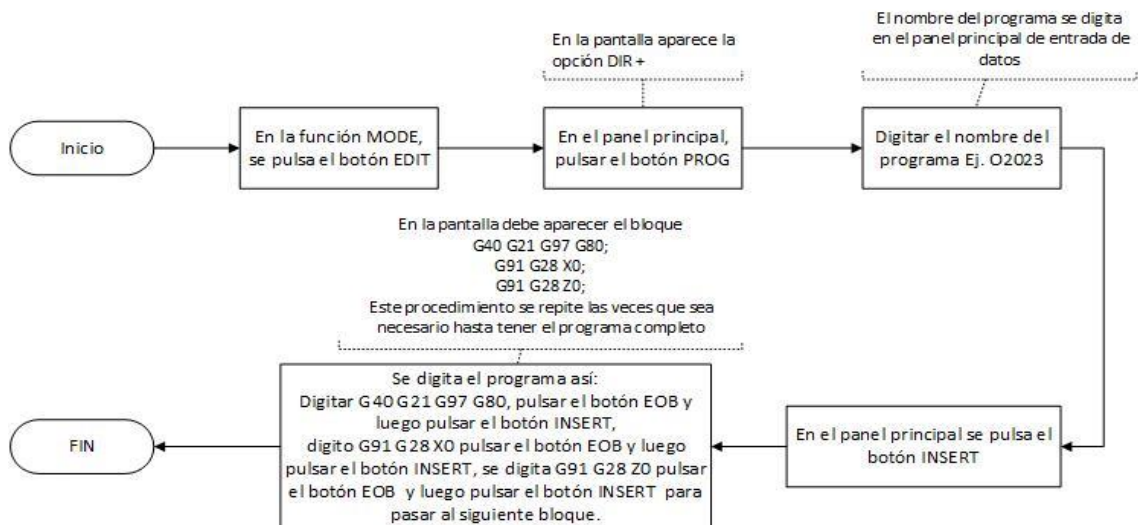
### DESPLAZAMIENTO DE LOS EJES EN FORMA MANUAL



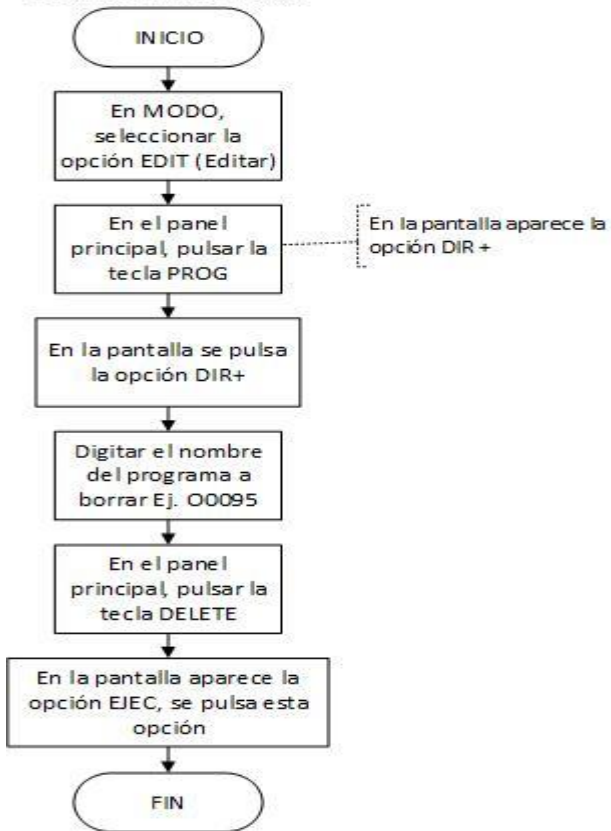
ELIMINACION DE ALARMAS POR SOBRECORRIDO CUANDO SE LLEVA LA MAQUINA A HOME CUANDO SE ENCIENDE LA MAQUINA



CREAR UN PROGRAMA



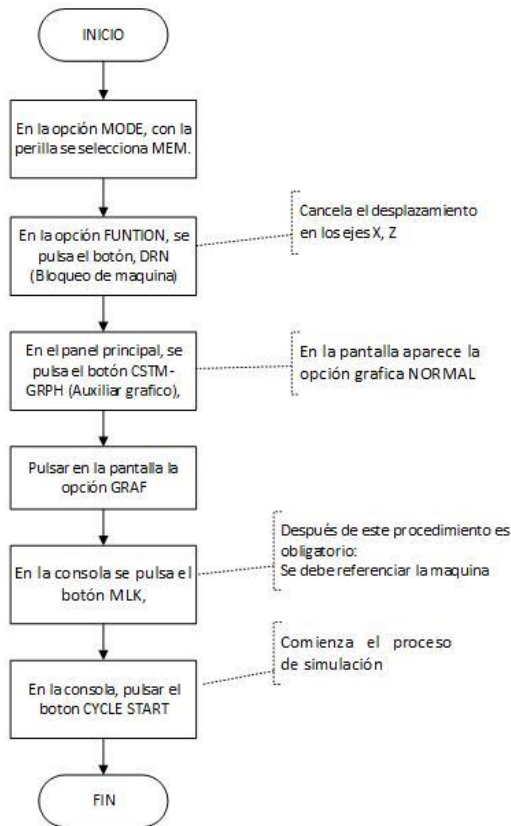
### BORRAR UN PROGRAMA



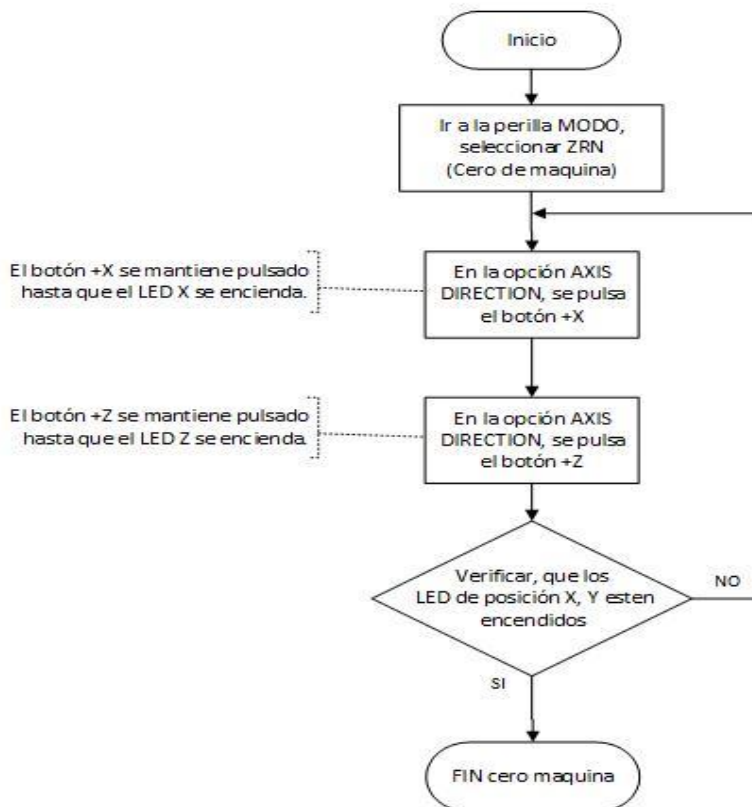
### BUSCAR UN PROGRAMA



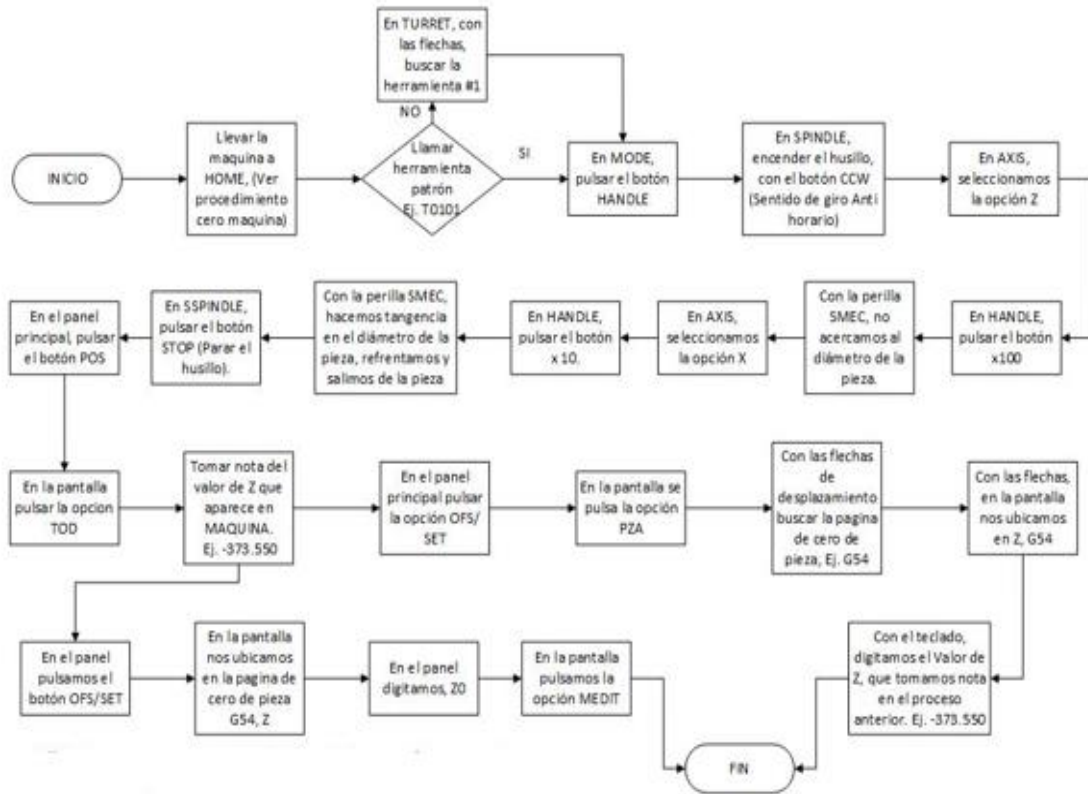
SIMULACION DE UN PROGRAMA



CERO DE MAQUINA



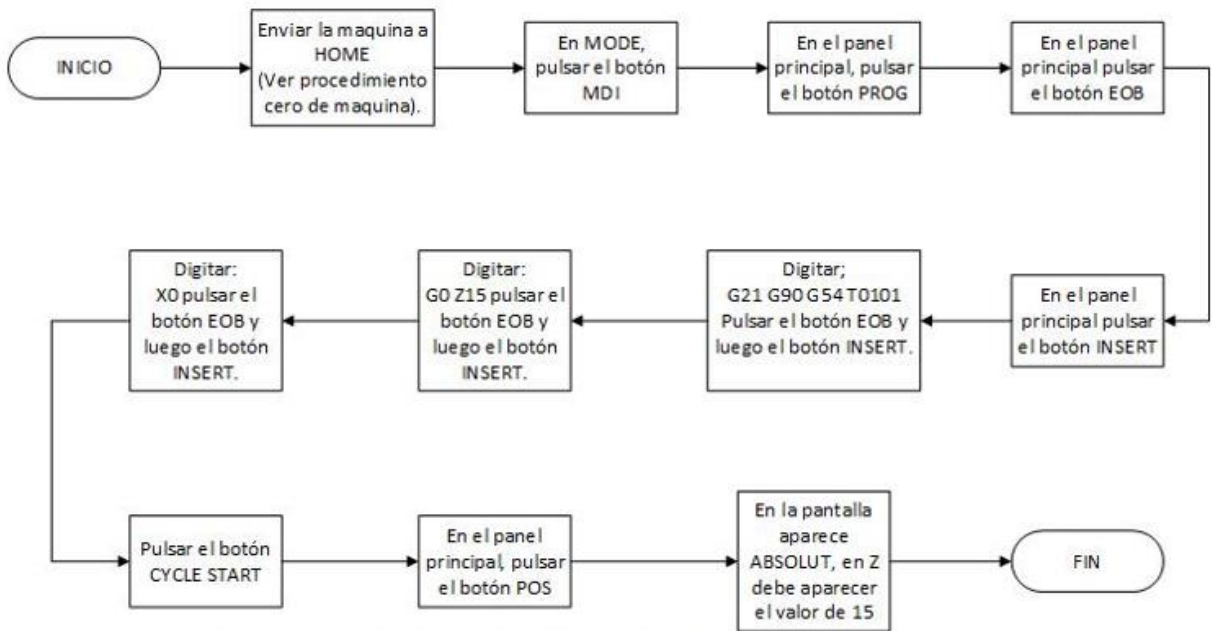
CERO DE PIEZA EN Z



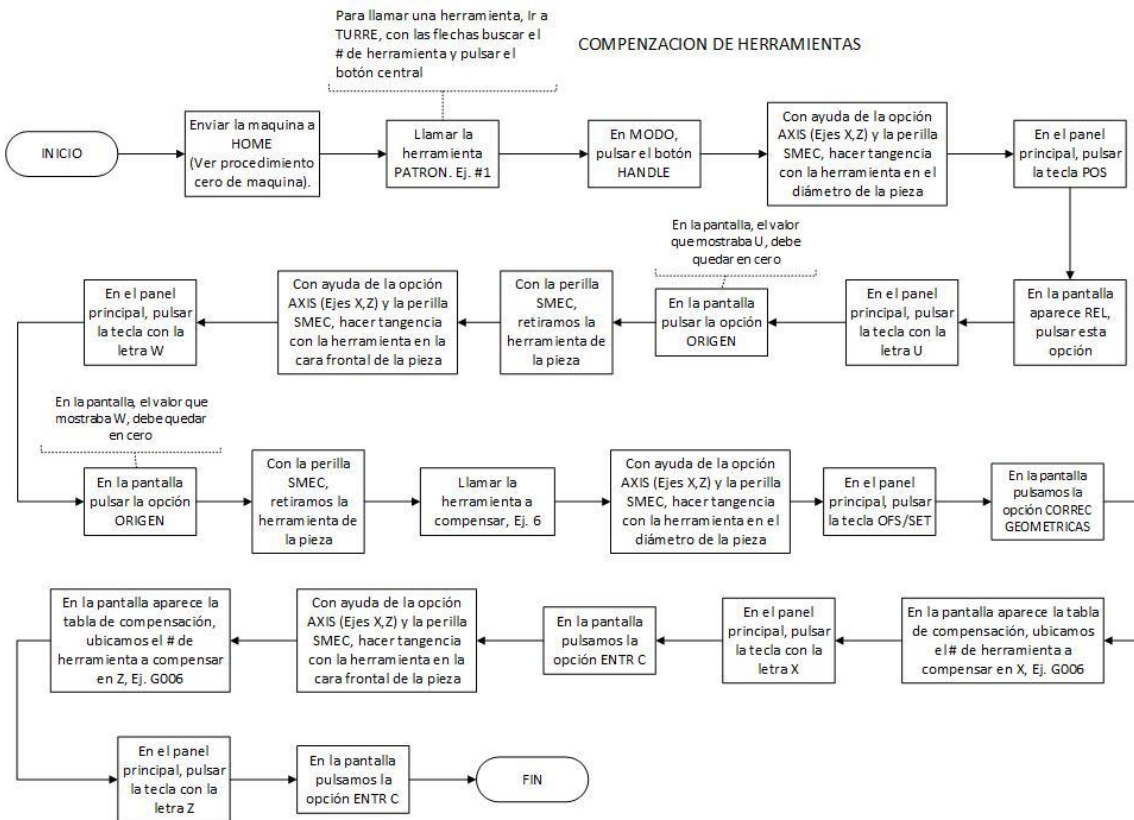
CERO DE PIEZA EN X



COMPROBAR CERO DE PIEZA



COMPENZACION DE HERRAMIENTAS



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CNC. Disponible en [www.virtual.unal.edu.co/.../TUTORIALcnc/.../U4-control](http://www.virtual.unal.edu.co/.../TUTORIALcnc/.../U4-control). Extraído 30-04-2012.

□ CNC machine, Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=RNPojGFg9-8>. Extraído 30-04-2016.

□ IMOCOM SA. Disponible en [www.imocom.com.co](http://www.imocom.com.co). Extraído 30-11-2012.

□ IMOCOM S.A. Ing. David G. Roza Torres. Cartilla de Operación y programación - Torno CNC LEADWELL. Disponible en la página web: <http://es.calameo.com/read/0007729055653e2fcb68a> Extraído el 10-06-2016.

□ IMOCOM S.A. Manual de Operación de la máquina Leadwell T-6.

□ JUAN IGNACIO POZO MUNICIO. Aprendices y maestros: la nueva cultura del aprendizaje. Madrid: alianza editorial, 1999. 384 pág.

□ LA MAQUINA HERRAMIENTA. Disponible en <http://media0.webgarden.es/files/media0:4b3a55567166b.pdf.upl/curso%20programaci%C3%B3n%20fanuc>. Extraído el 21-05-2016.

□ Maquinado de metales con máquinas herramientas, John L. Feirer, segunda edición, 1999.

□ NORMA TECNICA COLOMBIANA. Documentación presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. 2008-07-23. Bogotá DC.

□ SAMSUNG. Machine tools PI20/240/20MC: CNC turning center. Korea: Smec, 2010. Pág. 1.

□ Tecnología de las maquinas herramienta, Krar/Check, 5ta edición. Disponible en <http://www.eod.gvsu.edu/eod/mechtron/mechtron-578.html>. Extraído el 27-05-2016.

□ Samsung machine tools PL20/240/20MC CNC turnig center. Disponible en <http://www.esmec.com>. Extraído el 12-05-2016.

□ Imocom s.a. Departamento de control numérico. Principios de la programación cnc para centros de mecanizado de control numérico con control fanuc. Preparado por: Fredy Hernán Cabrejo León.

La información es una recopilación, especialmente de los manuales de operación del torno cnc y controladores de programación de las maquinas, la cual fue adecuada con un lenguaje menos técnico, que permite al lector una mejor comprensión de la información, por lo tanto los derechos de autor son de las fuentes consultadas.