

|  |  |         |            |
|--|--|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>ACTA DE REUNIÓN<br/>COMITÉ CURRICULAR</b> | Código  | FG 002     |
|  |  | Versión | 03         |
|  |  | Fecha   | 2008-04-18 |

| CITANTE   |     |      |                  |                        |             |                |
|---|-----|------|------------------|------------------------|-------------|----------------|
| John Mario Osorio Trujillo – Jefe Departamento de Calidad y Producción  |     |      |                  |                        |             |                |
| Citación a Reunión de   |     |      | Acta No.         | Carácter de la Reunión |             |                |
| Comité curricular Tecnología en Sistemas de Producción  |     |      | 1                | Ordinaria              | X           | Extraordinaria |
| Fecha de Reunión  |     |      | Lugar de Reunión |                        | Hora inicio | Hora final     |
| Día   | Mes | Año  |                  |                        |             |                |
| 14  | 03  | 2024 | Presencial       |                        | 1:30: p.m.  | 3:30 pm        |
| ORDEN DEL DÍA   |     |      |                  |                        |             |                |
| 1. Verificación del quorum<br>2. Lectura y aprobación del orden del día<br>3. Posesión Representante Estudiante DANNA BRIYITH ARAGÓN RAMOS al comité curricular Tecnología Sistemas de Producción<br>4. Informe de coordinación de área a cargo de la profesora Nelcy Suarez<br>5. Presentación guías de Estudio para el área de Manufactura<br>6. Proposiciones y Varios<br>7. Compromisos |     |      |                  |                        |             |                |

| DESARROLLO Y DECISIONES   |
|---|
| <p><b>1. Verificación de quorum</b></p> <p><b>Asistentes:</b><br/> John Mario Osorio Trujillo, presidente Comité Curricular y secretario Ad hoc<br/> Danna Briyth Arango Ramos Representante de los estudiantes comité curricular Sistemas de Producción<br/> Yaneth Patricia Valencia Terreros, jefe departamento académico y secretaria Comité Curricular</p> <p><b>Invitados:</b><br/> Nelcy Suarez Landazabal docente y coordinadora de área. (docente ad hoc)</p> <p><b>2. Aprobación del orden del día</b><br/> Sometido a consideración de los miembros del comité, el orden del día fue aprobado.</p> <p><b>3. Posesión Representante Estudiante DANNA BRIYITH ARAGÓN RAMOS al comité curricular Tecnología Sistemas de Producción</b><br/> Se realiza la posesión de la Representante de los Estudiantes ante el comité curricular de Tecnología en Sistemas de Producción</p> <p><b>4. Informe de coordinación de área a cargo de la profesora Nelcy Suarez</b><br/> La profesora Nelcy Suarez da un reporte de los docentes que ella coordina, donde informa que a la fecha los docentes <b>Marco Aurelio Giraldo García y Walter Alonso Ramirez Posada</b> no han</p> |

realizado las observaciones que ella sugirió con respecto al manejo del curso, donde indica que no han incorporado los formatos de presentaciones institucionales más recientes en el material de las clases, está descontextualizado en términos de apoyos didácticos con respeto a lo que es dictar la asignatura.

El jefe indica que intentó comunicarse con ambos docentes, pero no fue posible entablar dicha comunicación.

### **5. Guías de Estudio para el área de Manufactura**

La profesora Libia Baena solicita al jefe de departamento que las guías enviadas mediante correo electrónico en fecha el 7 de marzo sean presentadas ante a los comités curriculares de los programas de Tecnología en Sistemas de Producción e Ingeniería de Producción por lo que este material impacta las asignaturas del área de manufactura.

Si bien el jefe de departamento tiene la competencia para otorgar el aval de las guías, por tratarse de un tema que no es de su experticia informa que recurrió a dos pares docentes internos del área en cuestión para que emitan un concepto técnico sobre el soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores, la coherencia y pertinencia temática con las asignaturas del programa y el apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema, tal como lo indica el estatuto docente. Adicionalmente presenta las guías y los conceptos de los pares.

La docente invitada Nelcy Suarez Landazabal manifiesta su preocupación por que las guías se están presentando para ascenso al escalafón y ese no es el objetivo de este material; manifiesta que las guías son documentos académicos, didácticos, prácticos para los laboratorios, pero se están tomando como una necesidad de la profesora para escalafonarse debido a que hay una fecha límite para presentarlas.

La jefe del departamento académico manifestó que independientemente de que las guías sean recomendadas para ser aprobadas por el Consejo de Facultad la solicitud de la docente debe ser atendida por cuanto es un derecho que ella tiene independientemente de la finalidad.

Los profesores realizaron observaciones a las guías y dado que en este caso el jefe de departamento estableció este proceder, la docente Libia Baena debe de realizar los ajustes sugeridos por los profesores y volver a presentar las guías en el comité curricular.

### **Proposiciones y Varios**


La docente Nelcy Suarez informa que presentó un informe de la situación del programa de Ingeniería de Producción al Vicerrector de Docencia y la Vicerrectora General, de igual forma indica que el jefe John Mario Osorio y la docente Ekaterina Castañeda presentaron otro informe con la misma finalidad. Solicita que el Consejo de Facultad analice ambos informes y que validen la información.

|  |  |         |            |
|--|--|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>ACTA DE REUNIÓN<br/>COMITÉ CURRICULAR</b> | Código  | FG 002     |
|  |  | Versión | 03         |
|  |  | Fecha   | 2008-04-18 |

## 6. Compromisos

| ACTIVIDAD  | RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD   | FECHA COMPROMISO   |
|--|---|--------------------|
| El jefe de programa se compromete con visitar los docentes mencionados en el punto   | Jefe de departamento calidad y producción                                   | Semana 7 de clases |
| El jefe se compromete a socializar con la docente Libia Baena los ajustes y observaciones que indican los pares con respecto a la guía que diseñó  | Jefe de departamento de calidad y producción                                | 15 de marzo        |
| Indagar sobre la posibilidad de habilitar en el micrositio de la Facultad un espacio para publicar las actas de los comités curriculares con los respectivos soportes, solicitud realizada desde el 29 de febrero de 2024.   | Jefe departamento académico   | Pendiente          |
| Consultar con la Secretaría General si la figura ad hoc utilizada para el desarrollo de los Comité Curriculares es correcta o la política de operación aplica es para los docentes que desean integrar el comité Curricular. | Jefe departamento académico   | Pendiente          |
| El jefe de departamento de calidad y producción y la profesora Nelcy Suárez Landazábal deben enviar las presentaciones sobre la situación del Programa de Ingeniería de Producción.  | Jefe de departamento calidad y producción y docente Nelcy Suárez Landazábal | 15 de marzo        |

Siendo las 3:30 p.m. del día 14 de marzo de 2024 y agotado el orden del día se da por terminada la sesión de comité curricular.




**John Mario Osorio Trujillo**  
Presidente comité curricular



**Yaneth Patricia Valencia Terreros**  
Secretaria Comité Curricular

*Original: Dependencia que ejerce Secretaría de Comité*

|  |                                      |         |            |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | ACTA DE REUNIÓN<br>COMITÉ CURRICULAR | Código  | FG 002     |
|  |                                      | Versión | 03         |
|  |                                      | Fecha   | 2008-04-18 |

# DANNA BRIYITH ARAGÓN RAMOS

C.C 1.056.786.073  
TEL. 321 656 9990  
DIRECCION: Calle 27A #7-56

## ESTUDIOS

2016 **TÉCNICO EN SISTEMAS**  
Puerto Boyacá - Boyacá Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)

2016 **BACHILLER ACADÉMICO**  
Puerto Boyacá - Boyacá Institución educativa Jon F. Kennedy

## EXPERIENCIA LABORAL

2018 – 2022, 4 Años **IGLESIA WESLEYANA CENTRO INTEGRAL PARA LA FAMILIA**  
(Puerto Boyacá - Boyacá) **Auxiliar Administrativo**  
Tareas realizadas:

- En mi puesto laboral a la hora de realizar tareas soy la encargada del cobro de cartera, atención al cliente tanto presencial como virtual, archivo, facturación electrónica, manejo de papelería contable (como documentos soporte, recibos de caja, egresos, cotizaciones, remisiones y archivo de papelería). Tengo conocimiento en el manejo de Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

## REFERENCIAS LABORALES

**Luis Aníbal Estrada Burbano**  
Iglesia Wesleyana Centro Integral | Pastor General de la Iglesia  
Teléfono: 310 375 7323  
Email: luisanibalestrada@hotmail.com

**Yulder Piscioti Vásquez**  
EMC Servicios S.A.S | Profesional en Salud Ocupacional  
Teléfono: 320 668 2906  
Email: yulderpisciotti@gmail.com

## REFERENCIAS PERSONALES

**Laura Manuela García**  
Estudiante de Ingeniería en Calidad  
Teléfono: 314 700 7604  
Email: lauragarcia265352@correo.itm.edu.co

**Gilberto Aragón Trilleras**  
Shandong kerui petroleum | Encuellador  
Teléfono: 312 416 9408  
Email: aragongilbert@gmail.com

## PERFIL

Soy una persona responsable, dinámica, con aspiraciones, deseos de superación y metas basadas en el logro de objetivos; aprendo con rapidez y me intereso por cumplir de manera adecuada con la puntualidad, honestidad y responsabilidad en las distintas actividades que realizo.

## HABILIDADES

- Capacidad de organización.
- Relaciones interpersonales.
- Trabajo en equipo.
- Paciencia.
- Comunicación asertiva.

---

# DANNA BRIYITH ARAGÓN RAMOS

C.C 1.056.786.073



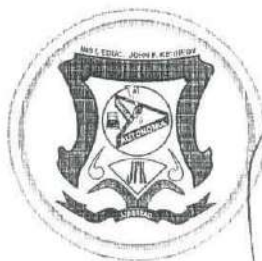
La República de Colombia  
y en su nombre la  
**Institución Educativa**  
**John F. Kennedy**  
Puerto Boyacá – Boyacá


Aprobado por la Secretaría de Educación del Departamento de Boyacá,  
según Resolución de estudios N°. 000367 del 20 de febrero de 2009


Confiere a:  
**Danna Briyith Aragón Ramos**

Certificado de Estudios de:  
**Bachiller Básico**

Por haber cursado y aprobado los estudios correspondientes al Nivel  
de Educación Básica Secundaria, que lo habilita plenamente  
para ingresar a la Educación Media o al Servicio  
Especial de Educación Laboral



  
José Calixto Fonseca Cano  
C.C. No. 6.764.585 de Tunja  
Rector

  
Mary Johanna Ubaque Osorio  
C.C. No. 1.032.365.011 de Bogotá  
Auxiliar Administrativo

Dado en Puerto Boyacá - Boyacá, a los 01 días del mes de diciembre de 2014

No requiere registro de la Secretaría de Educación, según Decreto 921 del 6 de mayo de 1994  
y 2150 del 5 de diciembre de 1995 de la Presidencia de la República





*Institución Educativa*  
**John F. Kennedy**

*Puerto Boyacá - Boyacá*

*Licencia Funcionamiento: 5808 octubre 24 de 1997*

*Insc. Dane: N°. 115572-000348*

*Cód. Jefes: 093351*

*Nit. 820.001.154-5*

**Acta Individual de Graduación**

*En Puerto Boyacá, a los 29 días del mes de noviembre de 2016, se reunieron con el fin de Formalizar la Graduación de los alumnos de último grado, los suscritos Rector, Auxiliar Administrativo y Comisión de Promoción y Evaluación en la Rectoría de la Institución Educativa John F. Kennedy; Institución aprobada por la Secretaría de Educación del Departamento de Boyacá, según Resolución de Aprobación de Estudios N°. 000367 del 20 de febrero de 2009.*

*Comprobada la situación legal y académica de cada uno de los alumnos que cursaron y aprobaron los estudios correspondientes al Nivel de Educación Media Académica, se procedió a otorgar el título de:*

**Bachiller Académico**  
**con Profundización en Informática**

*Al Graduando cuyos nombres, apellidos e identificación, se relacionan a continuación:*


**Danna Briyth Aragón Ramos**

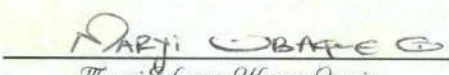
*Identificado (a) con C.C. No. 1056786073 de Puerto Boyacá*

*Folio N°. 01 Acta General N°. 51*

*Dada en Puerto Boyacá a los 29 días del mes de noviembre de 2016.*

*Firmada Por: José Calixto Fonseca Cano, C.C. No. 6.764.585 de Tunja (Rector) y Maryi Johanna Ubaque Osorio, C.C. No. 1.032.365.011 de Bogotá (Auxiliar Administrativo)*

  
José Calixto Fonseca Cano  
C.C. No. 6.764.585 de Tunja  
Rector

  
Maryi Johanna Ubaque Osorio  
C.C. No. 1.032.365.011 de Bogotá  
Auxiliar Administrativo



Libertad y orden  
REPÚBLICA DE COLOMBIA

# El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

*En Cumplimiento de la Ley 119 de 1994 y en atención a que*

**DANNA BRIYTH ARAGON RAMOS**

*Con Cedula de Ciudadania No. 1.056.786.073*

*Cursó y aprobó el programa de Formación Profesional Integral  
y cumplió con las condiciones requeridas por la entidad, le confiere el*

**Título de**

**TÉCNICO EN  
SISTEMAS**

*En testimonio de lo anterior, se firma el presente Título en Puerto Boyacá,  
a los veinticuatro (24) días del mes de noviembre de dos mil dieciseis (2016)*

Firmado Digitalmente por  
RODRIGO GIRALDO VELASQUEZ  
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA  
Autenticidad del Documento  
- COLOMBIA

RODRIGO GIRALDO VELASQUEZ  
SUBDIRECTOR (E) CENTRO PECUARIO Y AGROEMPRESARIAL  
REGIONAL CALDAS

**27698216 - 24/11/2016**

No y FECHA REGISTRO

La autenticidad de este documento puede ser verificada en el registro electrónico que se encuentra en la página web <http://certificados.sena.edu.co>, bajo el número 951500930113CC1056786073C.





**equidad**  
*riesgos laborales*

LA REPÚBLICA DE COLOMBIA Y EN SU NOMBRE  
**LA EQUIDAD SEGUROS DE VIDA O.C.**  
NIT 830.008.686-1

Debidamente autorizada y habilitada por el Ministerio del Trabajo bajo el número de registro  
**RCO 0018**, otorga la certificación correspondiente a la capacitación virtual en el **Sistema de  
Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SS7)** a:

**Danna Briyith Aragon Ramos**

C.C. No. **1056786073**

Número de horas cursadas: **50 horas**

De acuerdo a lo establecido en la Resolución Número **4927 del 2016**  
El presente certificado se expide el **2 de octubre de 2020**

**Bogotá D.C.**

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
IDENTIFICACIÓN PERSONAL  
CÉDULA DE CIUDADANÍA

NÚMERO **1.056.786.073**

**ARAGON RAMOS**

APELLIDOS

**DANNA BRIYTH**

NOMBRES

**DANNA BRIGITTE ARAGON R.**

FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **10-JUL-1998**  
**PUERTO BOYACA**  
(BOYACA)

LUGAR DE NACIMIENTO

**1.59**

**A+**

**F**

ESTATURA

G.S. RH

SEXO

**01-AGO-2016 PUERTO BOYACA**

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICIÓN

REGISTRADOR NACIONAL  
JUAN CARLOS GALINDO VACHA



P-0721400-00849716-F-1056786073-20160917

0051286298A 1

38051633

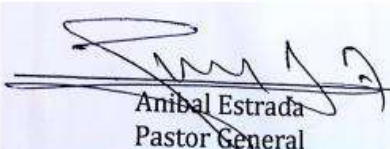
### CERTIFICO QUE

Por medio de la presente certifico que la señora **DANNA BRIYTH ARAGÓN RAMOS** identificada con cédula de ciudadanía No. **1.056.786.073** de Puerto Boyacá, laboró en el **CENTRO INTEGRAL PARA LA FAMILIA – IGLESIA WESLEYANA**, desde el 23/01/2018 hasta el 15/03/2022.

Que se desempeñó en nuestra entidad en el cargo de **AUXILIAR ADMINISTRATIVO** ejerciendo correctamente las funciones, de conformidad a lo establecido por el jefe directo y el contrato laboral firmado, las cuales se indican a continuación:

- Atención al cliente (tanto presencial como virtual).
- Facturación electrónica.
- Archivo de papelería contable.
- Cobro de cartera.
- Manejo de documentos como cotizaciones, remisiones y documentos soporte.

La presente certificación se expide en la ciudad de Puerto Boyacá, Boyacá a los 17 días del mes de marzo del año 2022.



Aníbal Estrada  
Pastor General

**Luis Aníbal estrada Burbano**  
**cc. 79.736.888**  
**Tel: 310 375 7323**

Carrera 4 No. 11-86 Barrio centro, Parque Jorge Eliecer Gaitán  
Teléfonos: 738 3538 Puerto Boyacá  
Celulares: 3103757323 - 3123450759



## ACTA DE POSESIÓN

Ante el suscrito Jefe de Oficina-Departamento de Calidad-Producción del Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM, compareció **Danna Briyith Aragón Ramos** identificada con cédula número **1.056.786.073**, con el fin de tomar posesión del rol para la cual fue elegida el 02 de noviembre de 2023 como Representante de los Estudiantes ante el Comité Curricular del programa Tecnología en Sistemas de Producción, para el período de un (1) año contado a partir del momento de su posesión.

La Posesionada

Jefe de Oficina-Departamento  
de Calidad-Producción

DANNA ARAGÓN RAMOS

**DANNA BRIYITH ARAGÓN RAMOS**

JOHN MARIO OSORIO TRUJILLO

**JOHN MARIO OSORIO TRUJILLO**

Dada en Medellín, a los 14 días del mes de marzo de 2024.





### **Concepto sobre las guías de trabajo propuestas por un docente de la Facultad.**

Se describe a continuación la revisión y comentarios sugeridos, una vez analizada y detallada cada guía entregada. Cada guía contiene una valoración indicando los i) comentarios generales que se deberían realizar para cada guía y ii) la valoración final en una tabla con las recomendaciones puntuales de este docente quien finalmente emite conceptos aceptables/favorables de la guía o inaceptables/no favorables-rechazables de cada una de las mismas.

#### **Guía 1: Impresora 3D de materiales poliméricos y cerámicos.**

- **Comentarios generales:**

**-Asignatura(s) aplicable(s):** también aplicaría para las asignaturas de procesos de manufactura 3 y manufactura avanzada.

**-Nombrar y enumerar las figuras utilizadas en el numeral 5 “Procedimiento o metodología para el desarrollo”.**

**-Para el numeral 5.1 y 5.2, generación e importación del archivo stl.,** se sugiere ubicar una o dos figuras representativas extraídas de cualquier software de diseño CAD que ilustren estos procesos ya que son muy comunes y les será de mucha referencia y utilidad al estudiante, sea cual sea el software de su preferencia para diseño CAD.

**-Numeral 5.2:** “El software que se emplea para programar la impresión de los modelos 3D se llama Cura.” El software se llama Ultimaker Cura.

**-Numeral 5.3, configuración de impresión:** Revisar redacción y ortografía, además de la puntuación y párrafos.

- **Recomendaciones puntuales de acuerdo con los lineamientos solicitados para la revisión:**

| <b>Lineamiento</b>   | <b>Comentario del evaluador</b>  | <b>Recomendación del evaluador</b>  |
|--|--|---|
| Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores. | Cuenta con 37 referencias actualizadas y pertinentes                                       | <b>Sobresaliente</b> soporte bibliográfico.   |
| Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa                                     | Soporta como mínimo 3 áreas de los diferentes procesos de manufactura-                     | <b>Aceptable</b> coherencia y pertinencia   |
| Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema                                | Incluye gráficos descriptivos, se solicita/sugiere enumerar y referenciar los del apartado | <b>Aceptable</b> apoyo de gráficos y/o figuras que facilitan la explicación del tema. |



|  |  |  |
|--|--|--|
|  | 5. También se sugiere incluir gráficos propios de la máquina impresora 3D anycubic 4max. |  |
|--|--|--|

## **Guía 2: Procesos de inyección de plásticos.**

- **Comentarios generales:**

-No hay equipos de docencia en la institución para realizar esta práctica. Este equipo hace parte de los laboratorios de investigación del ITM, revisar si es posible que se atienda a la demanda creciente de docencia.

**-Numeral 2.1:** “El proceso produce componentes específicos o discretos que casi siempre son de forma neta”

¿quiere decir forma definida?

-Nombrar y enumerar las figuras de la **sección 2.3.1**, literales a, b y c.

**Literal c:** “los moldes se abren y se extrae la pieza por medio de *expulsores*”.

-Sería mejor describir la palabra como pernos eyectores en concordancia con la figura previamente mostrada en el literal b.

-Nombrar y enumerar la ecuación de la sección 5.1.

-En el **numeral 4 “Recursos requeridos”** se debería describir el molde (ojalá incluir registro gráfico del mismo) que se va a utilizar, la cantidad y tipo de material requerido (Polietileno, polipropileno, poliuretano termoplástico, etc..) para hacer los ciclos de producción necesarios para la práctica.

-Para el **numeral 5 “Procedimiento o metodología para el desarrollo”** en los pasos 4 a 13 es necesario nombrar y enumerar las figuras relacionadas en cada paso.

-Revisar la instrucción del **numeral 6 “Parámetros para elaboración de informe evaluativo”**, debe ser de otra guía y no la de inyección de plásticos.

“En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento *de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno*”

-Para el numeral 7 revisar redacción

“*de acuerdo al plan* de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8” debería ser *de acuerdo con el plan...*

- **Recomendaciones puntuales de acuerdo con los lineamientos solicitados para la revisión:**

| Lineamiento  | Comentario del evaluador  | Recomendación del evaluador   |
|--|---|---|
| Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores. | Cuenta con 3 referencias actualizadas y pertinentes. Podrían incluir la ficha técnica y manual de operación de la máquina inyectora. De ser posible ubicar mas referencias para el marco teórico. | <b>Aceptable</b> soporte bibliográfico.   |
| Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa                                     | Soporta como mínimo 2 áreas de los diferentes procesos de manufactura.  | <b>Aceptable</b> coherencia y pertinencia   |
| Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema                                | Presenta suficientes figuras que explican de forma adecuada el proceso y operación en máquina inyectora.  | <b>Aceptable</b> apoyo de gráficos y/o figuras que facilitan la explicación del tema. |

### **Guía 3: Procesos de extrusión de plásticos.**

- **Comentarios generales:**

-No hay equipos de docencia en la institución para realizar esta práctica. Este equipo hace parte de los laboratorios de investigación del ITM, revisar si es posible que se atienda a la demanda creciente de docencia.

-En el **numeral 2 “Fundamento teórico**, favor incluir un apartado que relacione en detalle el dado o cabezal extrusor, de ser posible incluir figuras descriptivas sobre el mismo, ya que este aspecto es el diferencial frente a el proceso de inyección.

-Lo anterior podrá nutrir el último lineamiento relacionado al apoyo de gráficos para facilitar la explicación del tema.

-En el **numeral 4 “Recursos requeridos”** se debería describir el cabezal o dado extrusor a utilizar.

-En el **numeral 4.3** indicar los materiales e insumos a utilizar en la práctica (Polipropileno PP, Polietileno PE, % carga y aditivos, en la medida de lo posible).

-Al igual que la guía de procesos de inyección revisar la instrucción del **numeral 6 “Parámetros para elaboración de informe evaluativo”**, debe ser de otra guía y no la de inyección de plásticos.

“En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento *de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno*”

-Para el numeral 7 revisar redacción

“*de acuerdo al plan* de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8” debería ser *de acuerdo con el plan...*

- **Recomendaciones puntuales de acuerdo con los lineamientos solicitados para la revisión:**

| <b>Lineamiento</b>   | <b>Comentario del evaluador</b>   | <b>Recomendación del evaluador</b>  |
|--|---|---|
| Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores. | Cuenta con 3 referencias actualizadas y pertinentes. Podrían incluir la ficha técnica y manual de operación de la máquina extrusora. De ser posible ubicar más referencias para el marco teórico. | <b>Aceptable</b> soporte bibliográfico.   |
| Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa                                     | Soporta como mínimo 2 áreas de los diferentes procesos de manufactura.  | <b>Aceptable</b> coherencia y pertinencia   |
| Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema                                | Incluye gráficos descriptivos.  | <b>Aceptable</b> apoyo de gráficos y/o figuras que facilitan la explicación del tema. |

#### **Guía 4: Manejo del micrómetro.**

- **Comentarios generales:**

-En **contenido temático**: “Partes de pie de rey y Proceso de medición de longitudes con pie de rey.” No es pie de rey, debe ser el micrómetro.

-En el numeral 2.2, sería bueno ubicar una figura o gráfico para cada tipo de micrómetro (externo, interno y de profundidad).

-Al igual que la guía de procesos de inyección y extrusión revisar la instrucción del **numeral 6 “Parámetros para elaboración de informe evaluativo”**, debe ser de otra guía y no la de inyección de plásticos.

“En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento *de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno*”

-Para el numeral 7 revisar redacción

“*de acuerdo al plan* de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8” debería ser *de acuerdo con el plan...*

| Lineamiento  | Comentario del evaluador  | Recomendación del evaluador   |
|--|---|---|
| Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores. | Cuenta con 2 referencias actualizadas y pertinentes. De ser posible ubicar más referencias para el marco teórico. | <b>Revisar</b> soporte bibliográfico.   |
| Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa                                     | Soporta como mínimo 2 áreas de los diferentes procesos de manufactura.  | <b>Aceptable</b> coherencia y pertinencia   |
| Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema                                | Incluye gráficos descriptivos.  | <b>Aceptable</b> apoyo de gráficos y/o figuras que facilitan la explicación del tema. |

Revisión realizada por



1017.136.379 Hed.


**Adrian José Benítez Lozano**

Docente Ocasional TC.

Departamento de Calidad y producción

| Nombre de la Guía   | Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s)                            | Asignatura(s) aplicable(s)  | Programa(s) Académico(s) / Facultad(es)  | Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores  | Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa   | Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema  |
|---|---|---|--|--|--|--|
| Procesos de remoción de material en torno Sherline                                    | Laboratorio de Producción<br>Laboratorio de máquinas y herramientas | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I                             | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica | La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.<br><br><i>Se deben emplear citas bibliográficas en los diferentes párrafos y figuras del documento.</i>         | Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I | La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto. |
| Procesos de unión permanente-Soldadura  | Laboratorio de máquinas y herramientas                              | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I-II, Máquinas y herramientas | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica | La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.<br><br><i>Se deben emplear citas bibliográficas en los diferentes párrafos, tablas y figuras del documento.</i> | Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I | La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto. |
| Manejo de Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm) | Laboratorio de Producción   | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I                             | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica | La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.   | Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I | La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto. |
| Procesos de remoción de material en Fresadora   | Laboratorio de máquinas y herramientas                              | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura 2, Máquinas y herramientas    | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica | La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.   | Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I | La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto. |



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA


|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Procesos de Extrusión de plásticos  |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 000   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Laboratorio de polímeros (Parque i)   |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 2 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura   |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |

| COMPETENCIAS   | CONTENIDO TEMÁTICO  | INDICADOR DE LOGRO   |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de las máquinas extrusoras.</li> <li>Conocer los procesos de extrusión de plásticos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de máquina extrusora.</li> <li>Proceso de extrusión de plásticos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la máquina extrusora.</li> <li>Reconoce el proceso de extrusión de plásticos.</li> </ul> |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Moldeo por extrusión.

La extrusión es un proceso que se emplea para moldear materiales metálicos, cerámicos, y poliméricos. La **extrusión** es un proceso de compresión en el que se fuerza al material a fluir a través de un orificio (troquel o dado) para obtener un producto largo y continuo, cuya sección transversal adquiere la forma determinada por la del troquel. Para el caso de moldeo de polímeros, se emplea frecuentemente para termoplásticos y elastómeros (rara vez para termofijos) para producir en masa artículos tales como tubería, ductos, mangueras y formas estructurales (tales como molduras para ventanas y puertas), hojas y película,

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

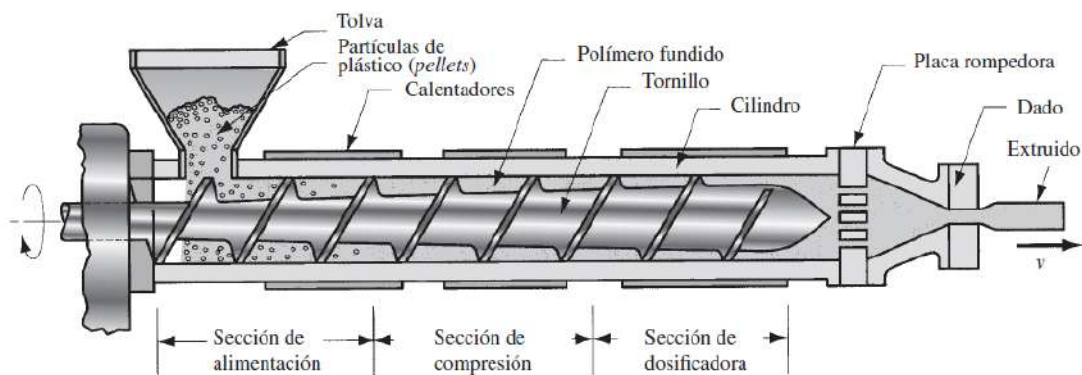
filamentos continuos, así como recubrimientos para alambres y cables eléctricos. De esta manera, la extrusión se define como un proceso continuo; finalmente el producto extruido se corta después con las longitudes y medidas deseadas[1].

## 2.2. Proceso de extrusión de polímeros


En la *extrusión de polímeros*, las materias primas en forma de pellets, gránulos o polvo termoplástico se introducen en una *tolva* y alimentan el barril de un *extrusor de tornillo* (fig. 1). El barril contiene un tornillo helicoidal encargado de mezclar los pellets para luego transportarlos hacia el dado. La fricción interna generada por la acción mecánica del tornillo permite calentar y fundir los pellets. La acción del tornillo también aumenta la presión dentro del barril.

*Los tornillos tienen tres secciones diferentes (Ver Figura 2):*

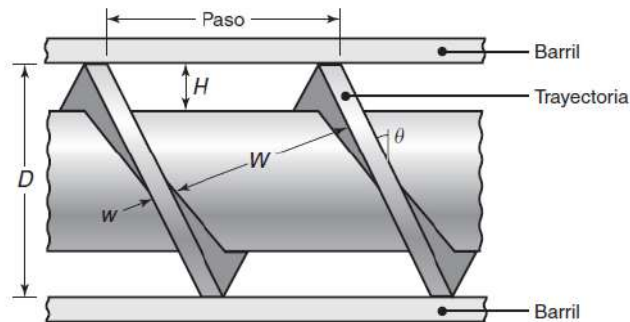
- Sección de alimentación:* transporta el material de la tolva a la región central del barril.
- Sección de fusión* (también conocida como *sección de compresión* o *transición*): en ella, el calor generado por el cizallamiento viscoso de los pellets de plástico y los calentadores externos hace que empiece la fusión.
- Sección de bombeo:* aquí ocurre un cizallamiento adicional (a alta velocidad) y la fusión por el aumento de presión que se produce en la matriz.



**Figura 1.** Componentes de una máquina extrusora de un solo tornillo para plásticos y elastómeros [1]


|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

La operación del tornillo está determinada por su forma geométrica y velocidad de rotación. El tornillo consiste en “paletas” (cuerdas) en forma de espiral, con canales entre ellas por los que avanza el polímero fundido[2].



**Figura 2.** Geometría de tornillo de extrusor[3]

Los componentes principales de la maquina extrusora son el barril y el tornillo. El troquel no es un componente del extrusor; es una herramienta especial que tiene un perfil en particular, dependiendo de lo que se desea producir[1]. En el extremo del barril opuesto al troquel se encuentra la tolva en donde se introduce el material que alimenta el barril. Los pellets caen por gravedad al tornillo rotatorio, cuya rosca mueve al material a lo largo del barril con el fin de fundirlo y mezclarlo. Se disponen de calentadores eléctricos ubicados en el barril encargados de fundir los pellets sólidos; después, la mezcla y la fricción del material con el barril, generará calor adicional, para mantener fundido al material[1]. El material avanza a lo largo del barril hacia la abertura del troquel, por medio de la acción del tornillo extrusor, que gira a unas 60 rev/min. El plástico fundido se fuerza a través de un dado o troquel mediante un proceso similar al de la extrusión de metales. Por lo general, se coloca una malla de alambre metálico justo antes del troquel para filtrar la resina sin fundir o sólida. Esta malla también ayuda a producir una contrapresión en el barril; se reemplaza en forma periódica. Entre la malla y el dado se coloca una *placa rompedora*, que tiene unos orificios pequeños para mejorar la mezcla del polímero antes de que entre en el troquel. Finalmente, el producto extruido se enfría, bien sea exponiéndolo al aire soplado o pasándolo a través de un canal con agua (conducto). Para minimizar la contracción y distorsión del producto, se debe controlar la velocidad y uniformidad del enfriamiento[3].

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

### 3. OBJETIVOS

- 3.1.** Reconocer las características de las máquinas extrusoras y el moldeo de plásticos por extrusión.
- 3.2.** Conocer la secuencia de operación de la extrusión de plásticos para la producción de piezas.

### 4. RECURSOS REQUERIDOS

**4.1.** Laboratorio de polímeros

**4.2.** Equipos.

- Extrusora



**Figura 3.** Extrusora doble husillo

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |



**Figura 4.** Peletizadora




**Figura 5.** Panel de control de la extrusora.

#### 4.3. Materiales e insumos

La extrusora tiene la capacidad de procesar materiales termoplásticos y mezclar con cargas o refuerzos, ya que es una extrusora doble husillo.



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

**5.1.Paso 1:** Encender zonas de calefacción a la temperatura recomendada del material a extruir, moviendo las respectivas perillas en ON. Cada zona tiene un control al oprimir los botones de flechas arriba y abajo se ajusta la temperatura deseada en la zona de calefacción.

**5.2.Paso 2:** Una vez alcanzadas las temperaturas de calefacción se permite encender el motor principal de los dos husillos de la extrusora, luego en el panel de control se ajusta la frecuencia (flechas) y se oprime ENTER para confirmar la frecuencia. De este modo de configura la velocidad de rotación de los husillos.

**5.3.Paso 3:** Si adicionalmente se van a agregar cargas o refuerzos al plástico que se va a extruir se debe encender el sistema de dosificación, luego en el panel de control se ajusta la frecuencia (flechas o girando la perilla negra) y se oprime ENTER para confirmar la frecuencia. De este modo de configura la velocidad de rotación del dosificador. **NOTA:** La frecuencia del dosificador debe ser menor a las rotaciones del husillo de la extrusora para evitar un plástico extruído con gran contenido de carga y/o evitar que la extrusora trabaje a altas presiones.

**5.4.Paso 4:** una vez comience a generarse el material extruido se lleva a la peletizadora, previamente se activa la rotación de las cuchillas mediante el botón de encendido de la peletizadora. Se introduce el material extruido para que las cuchillas lo corten y genere el material peletizado.

**5.5.Paso 5:** Una vez finalizada la operación de extrusión se procede a apagar la peletizadora, el sistema de dosificación, el motor de la extrusora y las zonas de calefacción.


|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

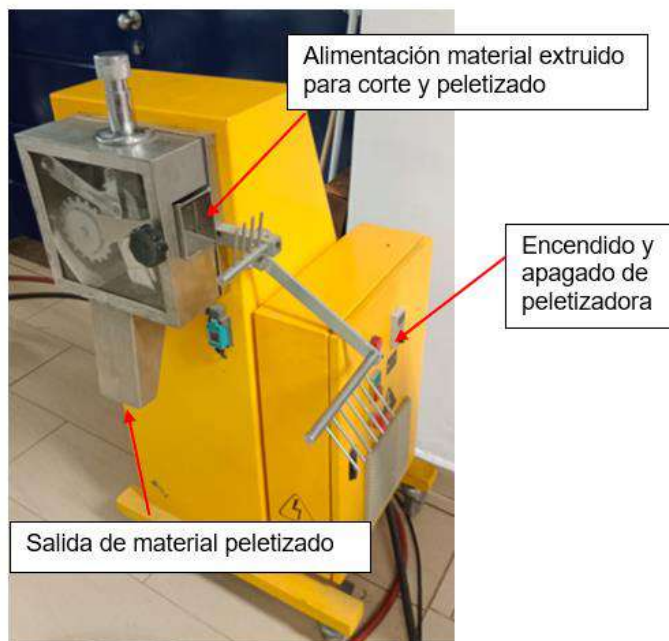


**Figura 6.** Programación de temperatura en la extrusora



**Figura 7.** Programación del proceso de extrusión en panel de control

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |




**Figura 8.** Partes de la peletizadora

## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno. En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS


Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b><i>Elaborado por:</i></b> | <i>Libia María Baena Pérez, Carlos Andrés Vargas</i> |
| <b><i>Revisado por:</i></b>  |  |
| <b><i>Versión:</i></b>       | <i>000</i>   |
| <b><i>Fecha:</i></b>         |  |

### ***Referencias***

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, “Introducción a los procesos de manufactura,” 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] M. P. Groover, *FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA. Materials, Processes and Systems*. 2007.
- [3] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

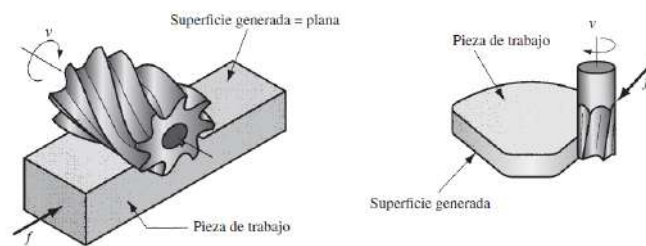
|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Procesos de remoción de material en Fresadora   |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 00X   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Laboratorio de máquinas y herramientas.   |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 2 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura 2, Máquinas y herramientas.                                     |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |

| COMPETENCIAS   | CONTENIDO TEMÁTICO  | INDICADOR DE LOGRO  |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de las fresadoras y las operaciones de fresado.</li> <li>Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de fresadora convencional</li> <li>Proceso de remoción de material mediante operaciones de fresado</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la fresadora convencional.</li> <li>Reconoce el proceso de remoción de material mediante operaciones de fresado.</li> </ul> |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.


### 2.1.Fresado

El fresado es una operación de maquinado en la cual se hace pasar una pieza de trabajo frente a una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes (Ver Figura 1)[1].



**Figura 1.** a) fresado plano y b) fresado refrentado




|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del taladrado. En el taladrado, la herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación. La herramienta de corte en fresado se llama **fresa o cortador para fresadora** y los bordes cortantes se llaman dientes. La forma geométrica creada por el fresado es una superficie plana. Se pueden crear otras formas mediante la trayectoria de la herramienta de corte o la forma de dicha herramienta. Debido a la variedad de formas posibles y a sus altas velocidades de producción, el fresado es una de las operaciones de maquinado más versátiles y ampliamente usadas. El fresado es una **operación de corte interrumpido**; los dientes de la fresa entran y salen de la pieza de trabajo durante cada revolución. Esto interrumpe la acción de corte y sujeta los dientes a un ciclo de fuerza de impacto y choque térmico en cada rotación. El material de la herramienta y la forma del cortador deben diseñarse para soportar estas condiciones[1].

## 2.2. Máquina herramienta Fresadora.

La máquina herramienta convencional que ejecuta esta operación es una **fresadora**. Las máquinas fresadoras son máquinas herramientas que se utilizan para realizar mecanizado por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. Cuentan con un eje horizontal o vertical sobre el que gira la herramienta de corte y que tiene una mesa horizontal en la que se coloca o fija una pieza de trabajo a la que daremos forma (mecanizar) con la fresa. Su versatilidad convierte a las fresadoras en la segunda máquina herramienta de mecanizado de mayor consumo y utilización en el mundo entero[2]. La primera fue construida en 1820 por Eli Whitney (1765-1825). En la actualidad existe una gran selección de fresadoras con diversos usos. A continuación, se describen las características de las fresadoras estándar. Sin embargo, muchas de estas máquinas y operaciones están siendo reemplazadas con controles por computadora y centros de maquinado [3].

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |


### 2.2.1. Máquinas tipo columna y codo.

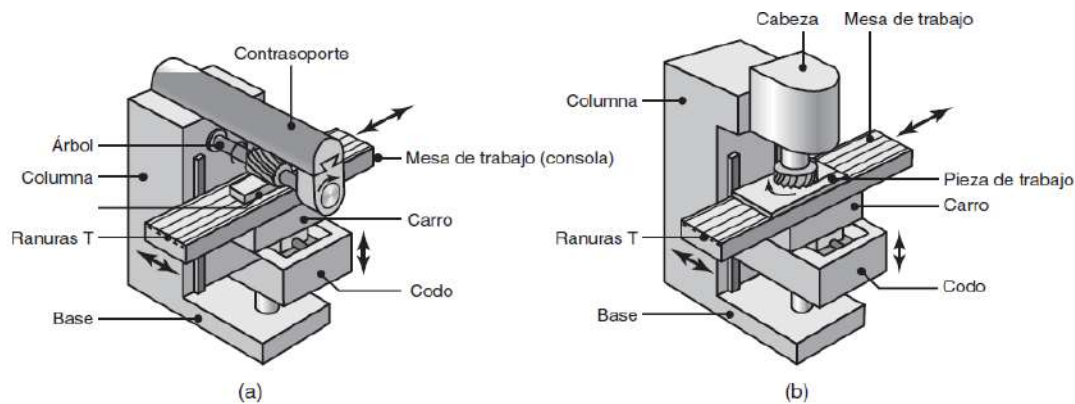
#### 2.2.2.

Utilizadas para operaciones de fresado de propósito general, las *máquinas tipo columna y codo* son las fresadoras más comunes. El husillo en el que se monta el cortador de fresado puede ser *horizontal* (Ver Figura 2a), para fresado periférico, o *vertical*, para operaciones de fresado de careado y frontal, mandrinado y taladrado (Ver Figura 2b). Los componentes básicos de estas máquinas son:

- **Mesa de trabajo:** en la que se sujeta la pieza de trabajo utilizando ranuras T. La mesa se mueve longitudinalmente en relación con las fresas paralelas.
- **Carro:** soporta la mesa y puede moverse en dirección transversal.
- **Codo:** soporta el carro y da movimiento vertical a la mesa, de manera que la profundidad de corte puede ajustarse y es posible acomodar piezas de trabajo con diversas alturas.
- **Brazo superior:** se utiliza en máquinas horizontales; es ajustable para acomodar diferentes longitudes de eje.
- **Cabezal:** contiene el husillo y el sujetador del cortador. En máquinas verticales, la cabeza puede fijarse o ajustarse verticalmente y girarse en un plano vertical sobre la columna para cortar superficies cónicas.

**Las fresadoras simples** tienen tres ejes de movimiento, que por lo general se mueven manual o mecánicamente. En las *fresadoras tipo columna y codo universales*, la mesa puede girar en el plano horizontal. De esta manera se pueden maquinar formas complejas (como canales helicoidales a diversos ángulos) para producir partes como engranes, brocas, machuelos y cortadores[2]

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



**Figura 2.** a) fresadora tipo columna y codo de husillo, b) fresadora tipo columna y codo de husillo vertical [2]

**2.2.3. Fresadoras tipo bancada.** En las *máquinas tipo bancada*, la mesa de trabajo se monta directamente en la bancada, que reemplaza al codo y puede moverse sólo en forma longitudinal. Estas máquinas no son tan versátiles como otros tipos, pero tienen alta rigidez y por lo general se utilizan para trabajo de alta producción. Los husillos pueden ser horizontales o verticales y tipo dúplex o triples (con dos o tres husillos), para maquinado simultáneo de dos o tres superficies de una pieza de trabajo.


## 2.3. Tipos de operaciones de fresado

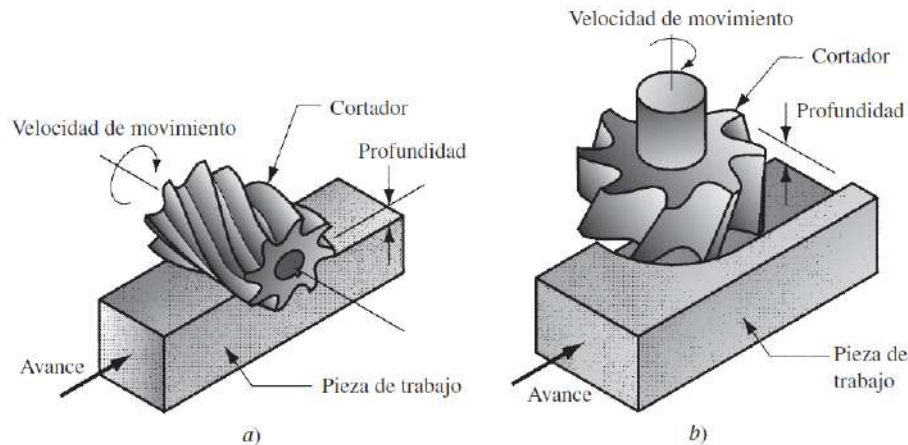
Hay dos tipos básicos de operaciones de fresado, como se muestra en la Figura 3:

**2.3.1.** fresado periférico

**2.3.2.** fresado refrentado o careado.

La mayoría de las operaciones de fresado crean geometrías mediante la generación de formas.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



**Figura 3.** Dos tipos básicos de la operación de fresado: a) fresado periférico o plano y b) fresado refrentado o careado[1].

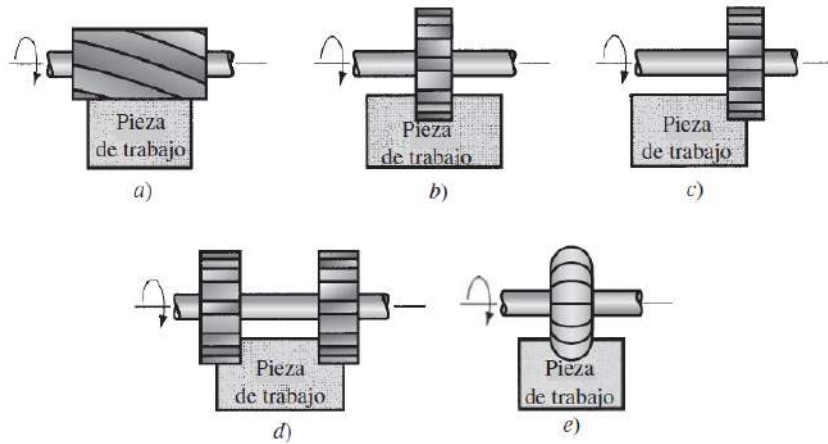
**2.3.1. Fresado periférico** En el fresado periférico, también llamado *fresado plano*, el eje de la herramienta es paralelo a la superficie que se está maquinando y la operación se realiza por los bordes de corte en la periferia exterior del cortador.

En la Figura 4 se muestran varios tipos de fresado periférico[1]:

- Fresado de bloque**, la forma básica de fresado periférico en la cual el ancho de la fresa se extiende más allá de la pieza de trabajo en ambos lados.
- Ranurado**, también llamado *fresado de ranuras*, en el cual el ancho de la fresa es menor que el ancho de la pieza de trabajo, creando una ranura en la pieza de trabajo (cuando la fresa es muy delgada se puede usar esta operación para tallar ranuras angostas o para cortar una pieza de trabajo en dos, llamado *fresado aserrado*).
- Fresado lateral**, en el cual la fresa maquina el lado de una pieza de trabajo.
- Fresado paralelo simultáneo**, el cual es el mismo que el fresado lateral, excepto que el corte tiene lugar en ambos lados de la pieza de trabajo.
- fresado de forma**, en el que los dientes de la fresadora tienen un perfil especial que determina la forma de la ranura que se corta en la pieza de trabajo.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

Por tanto, el fresado de forma se clasifica como una operación de formado



**Figura 4.** Fresado periférico: *a)* fresado de bloque, *b)* ranurado, *c)* fresado lateral, *d)* fresado paralelo simultáneo y *e)* fresado de forma[1].

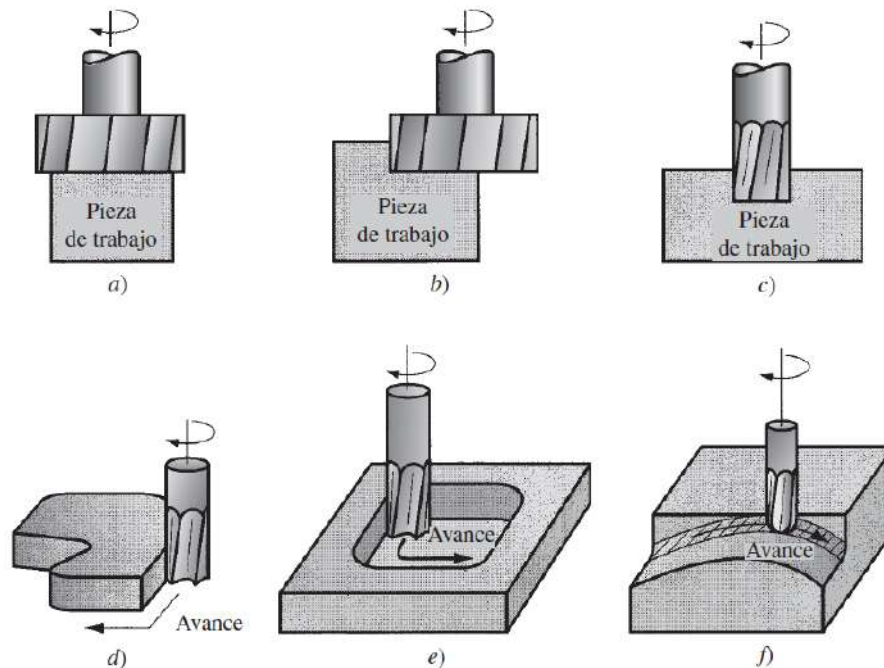
**2.3.2. Fresado refrentado o careado** En el fresado refrentado, el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de trabajo y el maquinado se ejecuta cortando las orillas, tanto en el extremo como fuera de la periferia de la fresa. De igual manera que en el fresado periférico, también en el fresado frontal existen diversas formas, varias de las cuales se ilustran en la Figura 5[1]:

- a) Fresado refrentado convencional*, en el que el diámetro de la fresa es más grande que el ancho de la pieza de trabajo, de tal manera que la fresa sobrepasa a la pieza de trabajo en ambos lados.
- b) Fresado frontal parcial*, en el que la fresa sobrepasa la pieza de trabajo solamente en un lado.
- c) Fresado frontal*, en el cual el diámetro de la fresa es menor que el ancho de la pieza de trabajo, de manera que se corta una ranura dentro de la pieza.
- d) fresado de perfiles* es una forma de fresado frontal en el cual se corta la periferia de una pieza plana.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- e) **fresado de cajas o cavidades**, otra forma de fresado frontal usada para fresar cavidades poco profundas en piezas planas.
- f) **fresado de contorno superficial**, en el cual una fresa con punta de bola (en lugar de una fresa cuadrada) se hace avanzar hacia delante y hacia atrás, y hacia un lado y otro de la pieza de trabajo, a lo largo de una trayectoria curvilínea a pequeños intervalos para crear una superficie tridimensional.

Se requiere el mismo control básico para maquinarse los contornos de moldes y dados, en cuyo caso esta operación se llama **tallado o contorneado de dados**.



**Figura 5.** Fresado refrentado: a) fresado refrentado convencional, b) fresado refrentado parcial, c) fresado frontal, d) fresado de perfiles, e) fresado de cajas o cavidades y f) fresado de contorno superficial[1].

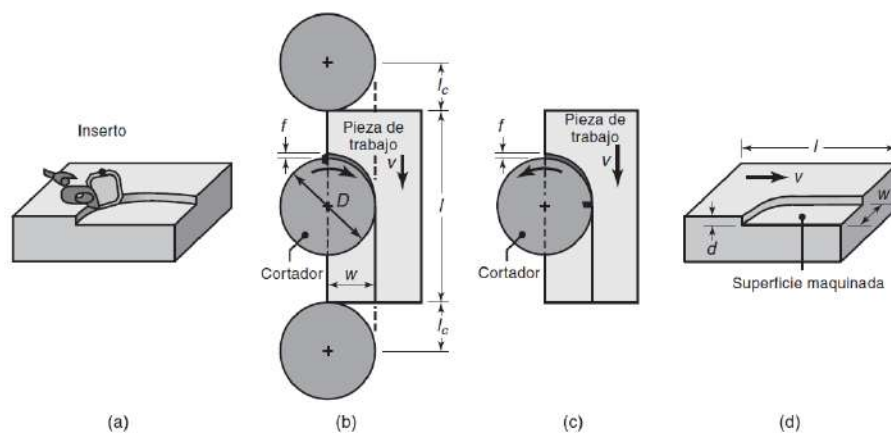
|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 2.4. Parámetros del fresado.

La velocidad de corte ( $V$ ) en el fresado periférico es la velocidad superficial del cortador[2], como se presenta en la ecuación 1.

$$V = \pi DN \quad \text{Ec. (1)}$$

donde  $D$  es el diámetro del cortador y  $N$  la velocidad rotacional del mismo (Ver Figura 5).




**Figura 6.** Operación de fresado de careado que muestra a) la acción de un inserto en el fresado de careado; b) fresado concurrente; c) fresado convencional; d) dimensiones en el fresado de careado.

La anchura de corte,  $w$ , no es necesariamente la misma que el radio del cortador[2]. Obsérvese que el espesor de la viruta en el fresado plano varía a lo largo de su longitud debido al movimiento longitudinal relativo entre el cortador y la pieza de trabajo. Para un cortador de dientes rectos, el *espesor no deformado de la viruta* (*profundidad de corte de la viruta*) aproximado ( $t_c$ ) se puede calcular a partir de la ecuación 2 [2]:

$$t_c = 2f\sqrt{\frac{d}{D}} \quad \text{Ec. (2)}$$



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

donde  $f$  es el avance por diente del cortador, es decir, la distancia que avanza la pieza de trabajo por diente del cortador, en mm/diente o pulgadas/diente, y  $d$  es la profundidad de corte. Al aumentar  $tc$ , se incrementa la fuerza en el diente del cortador.

El avance por diente se determina con la ecuación 3:

$$f = \frac{v}{Nn} \quad \text{Ec. (3)}$$

donde  $v$  es la velocidad lineal (velocidad de avance) de la pieza de trabajo y  $n$  la cantidad de dientes en la periferia del cortador. La precisión dimensional de esta ecuación se puede verificar utilizando las unidades adecuadas para los términos individuales; así, por ejemplo, (mm/diente) \_ (m/min) (103 mm/m)/(rev/min)(número de dientes/rev)[2].

### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo General

Desarrollar el proceso fresado a través de la manufactura de una pieza con criterios de eficiencia y calidad.

#### Objetivos específicos

- 3.1.Reconocer las características de las fresadoras y las diferentes operaciones de fresado.
- 3.2.Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.
- 3.3.Diseñar la secuencia de procesos más idónea y eficiente para la obtención de una pieza.
- 3.4.Seleccionar los elementos de validación y aseguramiento de la calidad tanto del proceso como del producto.
- 3.5. Identificar las principales operaciones de mecanizado convencional a través de la manufactura de una pieza asignada.
- 3.6.Determinar los tiempos de operación y los costos asociados a las mismas, con el fin de determinar los costos de producción netos por operaciones del producto.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |


#### 4. RECURSOS REQUERIDOS

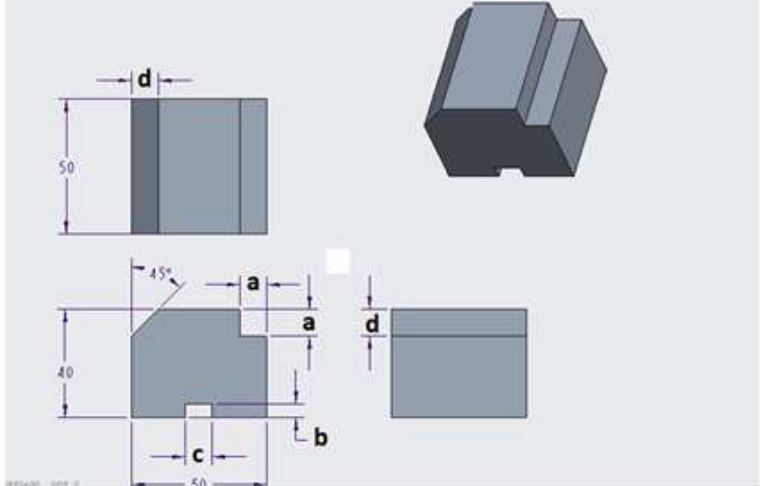
- Taller de máquinas y herramientas (Campus Robledo).
- Máquinas del taller: 2 máquinas fresadoras convencionales
- Herramientas y accesorios de máquinas.
- Herramientas de trabajo para cada máquina
- Elementos de seguridad para cada actividad (Gafas de protección, bata u overol de laboratorio, zapatos cerrados o botas de seguridad industrial entre otros).
- Suministro o materia prima inicial para la manufactura de la pieza.

#### 5. PROCEDIMIENTO

**5.1.** De acuerdo con los planos, dimensiones y carta de procesos sugeridos de la pieza que se muestra a continuación en la Figura 7:

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

|                                |        |                          |              |           |   |
|--------------------------------|--------|--------------------------|--------------|-----------|---|
| <b>PROCESOS DE MANUFACTURA</b> |        | <b>CARTA DE PROCESOS</b> |              | Esc. Mat. |  |
| Diseño                         | Revisó | Dimensiones suministro   | Denominación | Hoja #    |   |




| PLANO TECNICO |   |             |         |           |              |           |       |      |        |         |                |  |  |
|---------------|---|-------------|---------|-----------|--------------|-----------|-------|------|--------|---------|----------------|--|--|
| M             | O | Descripción | Croquis | Hta (ISO) | Verificación | Va mm/min | n rpm | p mm | No pas | tpo min | Costo \$/pieza |  |  |
|               |   |             |         |           |              |           |       |      |        |         |                |  |  |
|               |   |             |         |           |              |           |       |      |        |         |                |  |  |
|               |   |             |         |           |              |           |       |      |        |         |                |  |  |

**Figura 7.** Carta de procesos y operaciones de la pieza a manufacturar en la práctica de fresado

**5.2.**De acuerdo con las vistas y cotas paramétricas que se presentan en la Figura 7 y toman valor en la Tabla 1, de acuerdo con el grupo asignado:

**Tabla 1.** Dimensiones de la pieza a manufacturar de acuerdo con el grupo asignado.

| Medida (mm) | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 | Grupo 5 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| a           | 10      | 8       | 12      | 10      | 10      |
| b           | 5       | 8       | 5       | 5       | 6       |
| c           | 10      | 8       | 10      | 8       | 5       |
| d           | 10      | 8       | 12      | 8       | 10      |

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

### 5.3. Pieza para entregar en la fecha asignada por el docente

- Defina las dimensiones iniciales del suministro o materia prima para realizar la pieza (De acuerdo con las especificaciones de cada grupo dada en la tabla 1)
- Describa la secuencia de operaciones más idónea y eficiente para realizar la pieza.
- Para cada operación y de acuerdo con la figura 7:
  - Describa la operación y elabore un croquis demostrativo de la misma.
  - Describa la herramienta necesaria y sus dimensiones.
  - Describa el elemento de verificación para asegurar y validar la calidad (tolerancias dimensionales y geométricas) del producto obtenido (flexómetro, pie de rey, micrómetro, galgas para roscas, goniómetro, comparador de carátula, etc.)
- Describa y determine los parámetros de cada operación (como velocidad de avance, revoluciones por minuto, profundidad de corte, paso, etc.) de acuerdo con lo descrito en la sección 3.
- Detalle el tiempo de cada operación (omita los tiempos de alistamiento)
- Determine el costo de cada operación


## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental y procedimiento determinado en el numeral 5 de la guía.
- Resultados y pieza física.
- Conclusiones.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available:

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

<http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>

- [2] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, 2008.
- [3] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, and G. Sánchez García, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, 2002. Accessed: Dec. 11, 2017. [Online]. Available:  
[https://books.google.com.co/books?id=gilYI9\\_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20ARNALDO%20ALONSO%20BAQUERO&hl=es&source=gsbs\\_similarbooks](https://books.google.com.co/books?id=gilYI9_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20ARNALDO%20ALONSO%20BAQUERO&hl=es&source=gsbs_similarbooks)

***Elaborado por:***

*Libia María Baena Pérez, Adrián Benitez Lozano*


***Revisado/aprobado por:***

*Comité curricular Tecnología en Sistemas de Producción e Ingeniería de Producción*

***Versión:***

*00X*

***Fecha:***

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Impresora 3D de materiales poliméricos y metálicos  |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 005   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Impresoras 3D – Taller máquinas y herramientas Sede Robledo   |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 2 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Fundamentos de manufactura, Manufactura aditiva, Procesos de manufactura I, Procesos de ingeniería                  |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |


| COMPETENCIAS  | CONTENIDO TEMÁTICO   | INDICADOR DE LOGRO   |
|---|--|--|
| Conocer el proceso de impresión 3D de materiales poliméricos y metálicos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de impresora 3D</li> <li>Proceso de impresión 3D de materiales poliméricos y metálicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la impresora 3D.</li> <li>Reconoce el proceso de impresión 3D de materiales poliméricos y metálicos</li> </ul> |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

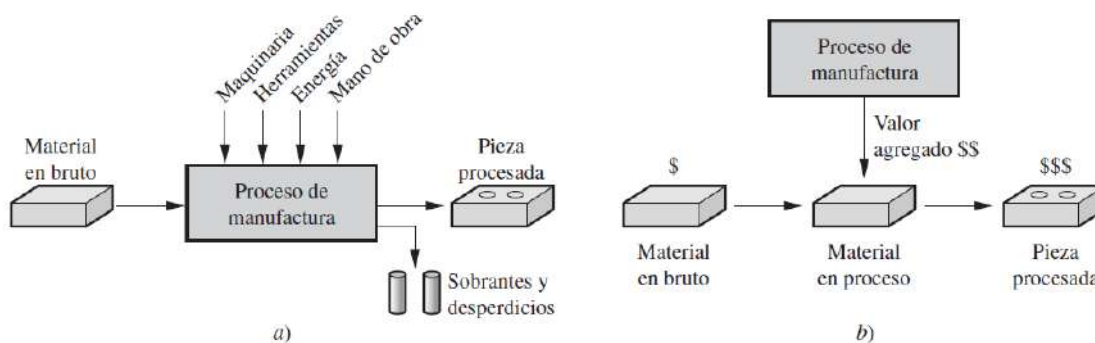
### 2.1. Tecnologías de manufactura aditiva de materiales.

El término “Manufactura” es comúnmente empleado para denominar la actividad referida a la fabricación de cosas, objetos y productos, por tanto, puede definirse en un sentido tecnológico o económico [1]. Desde el punto de vista tecnológico, la manufactura es el empleo de procesos físicos y químicos para modificar formas, geometrías, propiedades, y apariencias de los diversos materiales de ingeniería con el fin de obtener componentes o prototipos [1]. Mientras que, en el sentido económico, el término “manufactura” se refiere a



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

la transformación de materiales en objetos, componentes o prototipos mediante el empleo de las diferentes técnicas de procesamiento para darle un valor agregado (ver Figura 1). Por tanto, los diferentes procesos de manufactura aumentan el valor de los materiales. En el año 1980 se desarrolló una forma de manufactura rápida de prototipos capa por capa a partir de un diseño asistido por computador (CAD) [2], lo cual permitió la reducción de tiempo y costos de fabricación, así como también la facilidad de diseñar y crear objetos con geometrías complejas y mecanizados difíciles de obtener [3][4]. Esta forma de creación rápida de prototipos es denominada “Manufactura Aditiva (MA)” la conocida también como impresión 3D es ampliamente empleada para crear productos a partir de los materiales de ingeniería o combinación de ellos tales como: metales, cerámicos, polímeros y compuestos [5]. Hoy en día, la manufactura aditiva es considerada una tecnología que se usa para construir prototipos con formas y geometrías complejas, piezas topológicamente optimizadas, de mayor precisión, con funcionalidades excepcionales, en un menor tiempo que no se lograrían obtener con los procesos de manufactura tradicionales de materiales [5], [6]. En los últimos 30 años se han desarrollado numerosos procesos de MA [7], lo cual ha implicado el empleo de nuevas tecnologías en los campos científicos, académicos e industriales, lo cual conduce a un cambio y evolución del ciclo de vida del producto para disminuir costos y tiempos de fabricación mientras que aumenta la confiabilidad y eficacia de los procesos y productos obtenidos[8]. Por tanto, la MA se ha implementado con gran éxito en muchos campos: biomédica, medicina, odontología, automotriz, aeronáutica, deportiva, etc [9]. La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM (2009) clasificó las técnicas de MA de la siguiente manera (ver Tabla 1) [7], [10]:



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**Figura 1.** Dos maneras de definir manufactura: a) como proceso técnico y b) como proceso económico [1].


**Tabla 1.** Técnicas de manufactura aditiva según ASTM

| <b>Categorías de Procesos de manufactura aditiva</b> | <b>Definición</b>   | <b>Aplicaciones</b>  |
|--|---|--|
| Extrusión de material                                | El material se dispensa selectivamente a través de una boquilla u orificio.                                   | Prototipos de plástico   |
| Polimerización en tina o cuba                        | El fotopolímero líquido en un tanque se cura selectivamente por Polimerización activada por luz.              | Creación de prototipos, piezas de acabado de alta superficie                             |
| Chorro de aglutinante                                | Agente de unión líquida se deposita selectivamente para unir materiales en polvo                              | Creación de prototipos, fundición de inversiones   |
| fusión de lecho de polvo                             | La energía térmica funde selectivamente regiones de un lecho de polvo   | Creación de prototipos funcionales, piezas funcionales de ingeniería                     |
| laminación de chapa                                  | Las hojas de material se unen para formar un objeto   | Creación de prototipos   |
| deposición de energía directa                        | La energía térmica enfocada se utiliza para fusionar materiales mediante la fusión a medida que se depositan. | Creación de prototipos, piezas funcionales, reparación de piezas metálicas y accesorios. |


Los procesos de manufactura aditiva emplean diversos materiales para la creación de prototipos, estos materiales incluyen a los metales, polímeros, cerámicos y sus combinaciones [5]. Estas técnicas tienden a convertirse en un proceso de desarrollo inteligente y de manufactura moderna gracias a sus múltiples ventajas, y su amplia perspectiva de aplicación.

## **2.2. Manufactura aditiva de materiales metálicos.**

La manufactura aditiva de materiales metálicos o impresión 3D, ha evidenciado un crecimiento significativo en los últimos años, hecho que se vio reflejado en el aumento de

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

las ventas de sistemas de manufactura aditiva de metales de un 49% en el año 2014 a un 97% en el 2016 [11]. Estas tecnologías son ampliamente usadas en los campos de la investigación científica y académica, en la industria biomédica, odontológica, automotriz, aeroespacial, entre otros, ya que presentan múltiples ventajas asociadas a la producción de prototipos con geometrías complejas en comparación con las tecnologías de manufactura de metales tradicionales y los cortos tiempos de producción [11][12]. En general, los procesos de manufactura aditiva de metales parten de un modelo CAD en 3D generado en softwares especializados o puede ser obtenido por ingeniería inversa [13]. Los procesos de manufactura aditiva pueden ser clasificados según el estado de la materia prima procesada y la manera en que se unen las capas de material [13]. Estas tecnologías se basan principalmente en fundir material metálico en polvo o alambre con un láser o haz de electrones, para luego crear objetos y componentes capa por capa a partir del metal fundido [11]. Los metales más comúnmente empleados para la fabricación de componentes mediante las tecnologías de manufactura aditiva son aleaciones de titanio, aluminio, cobalto, níquel, magnesio y aceros [14][13]. Las aleaciones de Titanio son materiales de ingeniería empleadas para la fabricación de componentes de alto rendimiento, que requieren de mecanizados complejos lo cual implica altos costos de producción y plazos de entrega al ser procesadas mediante procesos de manufactura tradicionales [14]. Estas aleaciones tienen una amplia aplicación en la industria de la medicina y aeroespacial, y por tanto han generado gran interés para la manufactura aditiva [15], ya que pueden disminuirse significativamente los costos y tiempos de producción. Uno de los materiales más empleado en todos los campos de la ingeniería es el acero y sus aleaciones con otros elementos metálicos [16], por sus excelentes propiedades mecánicas como alta resistencia, dureza y durabilidad [11], por tanto, este material también ha sido comúnmente empleado para ser procesado por las técnicas de manufactura aditiva [13]. Mediante la técnica de Fusión con láser selectivo (SLM) se han obtenido piezas en aceros inoxidables auténticos tales como: AISI 316L y AISI 304L [17]. Los procesos de manufactura aditiva de metales más empleados son la fusión de lecho de polvo, la deposición directa de energía [18], Inyección de aglutinante, Laminación de láminas. Otros procesos que son empleados para manufacturar aditivamente materiales metálicos son la deposición por

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

láser de metal [13], sinterizado láser directo de metal [19], fusión de metal por láser, entre otros.

### **2.2.1. Fusión de lecho de polvo (Powder bed fusión).**


Esta técnica emplea una fuente de calor de alta energía para fundir un lecho de polvo metálico [20]. Este proceso emplea polvos metálicos muy finos que se disponen en capas delgadas extendidas en una plataforma para fundirse con un láser o un haz de electrones [11]. Las capas de polvos metálicos se van enrollando y se van fusionando hasta obtener el prototipo final en 3D. De esta técnica se derivan dos procesos que dependen del tipo de fuente de energía:

- Fusión con láser selectivo (SLM): cuando se emplea un láser de alta intensidad.
- Fusión por haz de electrones (EBM): cuando emplea un haz de electrones

Mediante la técnica SLM se logra una fusión completa de los polvos metálicos, lo cual genera propiedades mejores mecánicas, sin embargo, solo se puede emplearse para algunos metales como el acero y el aluminio [21]. Una de las principales ventajas de la fusión de lecho de polvo es la alta calidad y resolución de la impresión 3D, siendo así una técnica ideal para imprimir estructuras complejas que son comúnmente encontradas en los campos de la ingeniería de tejidos en biomédica, en la industria aeroespacial, electrónica, entre otros [26]. Empresas manufactureras han reportado que piezas de titanio producidas mediante esta técnica presentan una alta resistencia al desgaste y a la corrosión, y una menor densidad que las piezas de aluminio tradicionales.

### **2.2.2. Deposición directa de energía.**

Esta técnica de manufactura aditiva consiste en un láser o haz de electrones orientado hacia una región del sustrato, polvo o alambre metálico, luego el metal que ha sido fundido se une al sustrato para finalmente solidificarse, es decir, se crean piezas fundiendo el metal mientras se va depositando [22][39]. La deposición de energía dirigida ha sido empleada para

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

manufacturar superaleaciones de alto rendimiento, titanio, aceros inoxidable, aluminio y aleaciones empleadas en la industria aeroespacial [26].

### **2.2.3. Inyección de aglutinante.**

Esta técnica también se denomina fusión de lecho de polvo o cabezal de inyección de tinta de impresión 3D [20]. Este proceso de manufactura aditiva consiste en un tanque de polvo y una plataforma de construcción en donde un nivelador esparce una fina capa de polvo metálico, luego un cabezal de inyección de tinta se desplaza en las direcciones X y Y con el fin de depositar un aglutinante en cada capa para formar secciones transversales [22].


Finalmente, la plataforma se desplaza en la dirección Z para esparcir otra capa de polvo repitiéndose así la inyección del polvo aglutinante para crear el objeto denominado “cuerpo verde”[20] . Los materiales metálicos que se manufacturan mediante esta técnica son el acero inoxidable 420 y la aleación inconel 625 [22].

### **2.2.4. Laminación de láminas**

Este proceso de manufactura aditiva consta de una fuente de energía ultrasónica o láser que tienen como objetivo unir varias láminas metálicas para crear un objeto 3D [23]. Cuando se emplean ondas ultrasónicas sobre las láminas metálicas apiladas, éstas se unen mediante difusión capa por capa creando así el objeto 3D [20].

## **2.3. Manufactura Aditiva de polímeros.**

Para la manufactura aditiva, los polímeros se han convertido en materiales especiales para ser usados en un amplio campo de trabajos de investigación, ensayos y aplicaciones a nivel comercial por sus propiedades características que los hacen materiales únicos, como: rentabilidad, bajo peso, facilidad de proceso y versatilidad en sus composiciones. Los polímeros son materiales adecuados para la mayor parte de las tecnologías de MA por su


|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

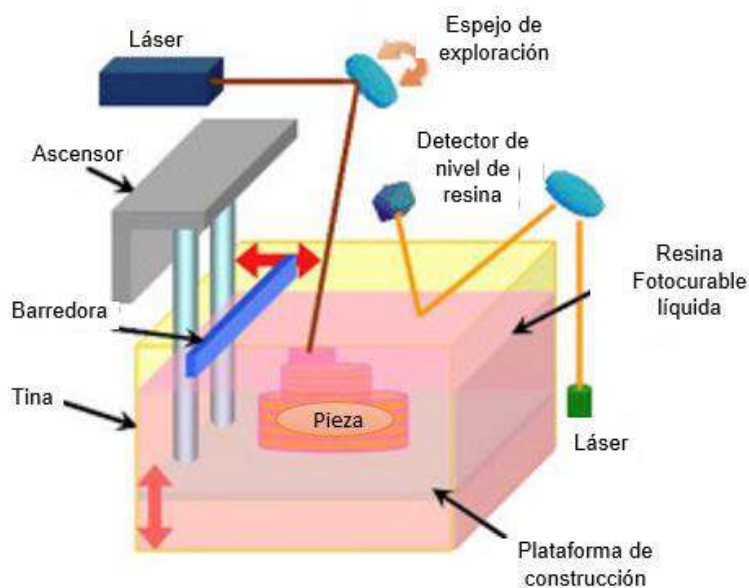
temperatura de procesamiento la cual es relativamente baja en comparación con los cerámicos y los metales. También se han obtenido biopolímeros impresos en 3D debido a la posibilidad de diseñar estructuras específicas y complejas. Existen diferentes métodos de impresión 3D (MA) para polímeros, tales como: la estereolitografía (SLA), Modelado por deposición fundida (FDM), Sinterización selectiva por láser (SLS) y bioimpresión [24].

### **2.3.1. Estereolitografía (SLA).**

SLA es una tecnología precisa, rápida y económica que se utiliza para producir piezas en 3D con geometrías internas y externas complejas [25]. Esta técnica trabaja sobre una resina líquida, cuya polimerización se activa selectivamente por un láser ultravioleta. Este láser dibuja capa por capa en la superficie de la resina líquida un patrón definido por software de computadora CAD (Ver Figura 2) [26]. Después de finalizar el proceso de manufactura, las piezas se procesan empleando calor para completar el curado y mejorar las propiedades mecánicas. La característica más exclusiva de este proceso es su alta resolución. A diferencia de otras técnicas de MA, en SLA la pieza se construye de abajo hacia arriba lo cual ofrece ventajas como un fácil control del grosor de la capa y el empleo de poca resina para llenar el tanque, lo que quiere decir que se pueden utilizar máquinas más pequeñas en comparación con procesos que fabrican piezas de arriba hacia abajo, para la cual se requieren máquinas más grandes, lo que implica un aumento de costos [27]. La estereolitografía tiene una amplia gama de máquinas que varían en términos de tamaño, consumo de energía y cadenas de suministro. Esta técnica de manufactura aditiva está siendo empleada e investigada en países como Canadá, Italia, Estados Unidos, Colombia, entre otros. Niño y col [26], fabricaron sustratos poliméricos con nanofillers de cobre mediante SLA con mejores propiedades mecánicas, lo que hace que esta técnica sea un método de manufactura aditiva potencial que puede extenderse a otras áreas que pueden beneficiarse y convertirse en un foco de estudio.




|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



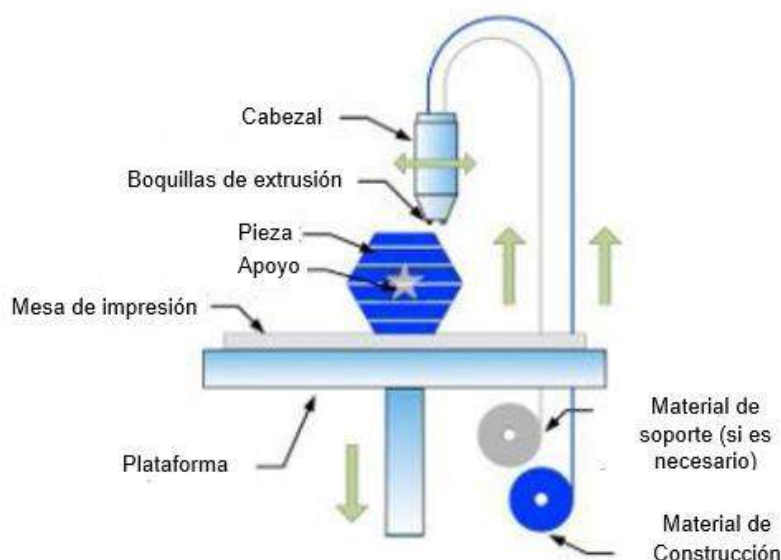
**Figura 2.** Representación de la configuración de SLA[28], [29]

### 2.3.2. Modelado por deposición fundida (FDM).

El proceso FDM es una tecnología de manufactura aditiva que ofrece ventajas de creación rápida de prototipos y menor costo ya que utiliza materiales menos costosos y no presenta riesgo de gases tóxicos ni contaminación química [30]. La FDM como técnica de manufactura aditiva se aplica en diferentes materiales, particularmente en polímeros. Una de las desventajas de este método es su dificultad de producción directa de compuestos poliméricos, es decir que se necesitan otras técnicas de fabricación complementarias por ejemplo extrusión por fusión para obtener productos adecuadamente. La calidad de las piezas impresas depende de diversas variables de proceso como la velocidad, presión, grosor de las capas, temperatura, ángulo de impresión y la naturaleza de los polímeros [31] . En este método, se utiliza un filamento continuo, es decir un conjunto de hebras usadas para formar hilos de un polímero termoplástico, de manera que se pueda imprimir en 3D capas de polímero (Ver Figura 3). El filamento se suministra a la boquilla de extrusión por medio de ruedas, luego el polímero se calienta en la boquilla hasta que se funde, depositándose continuamente en una plataforma de construcción. Todo este proceso está controlado por

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

computadora y construye capa por capa el objeto tridimensional [32]. La termoplasticidad del filamento del polímero es una propiedad esencial para este método, que permite que los filamentos se fusionen durante el proceso de la impresión [33]. Una de las desventajas de este método de manufactura es su resolución espacial, lo que quiere decir que puede producirse un desenfoque de la impresión cuando la boquilla mueve el polímero desde su ubicación a la ubicación deseada, lo que puede producir oscurecimiento en la pieza [34].




**Figura 3.** Representación de una configuración de FDM [29].

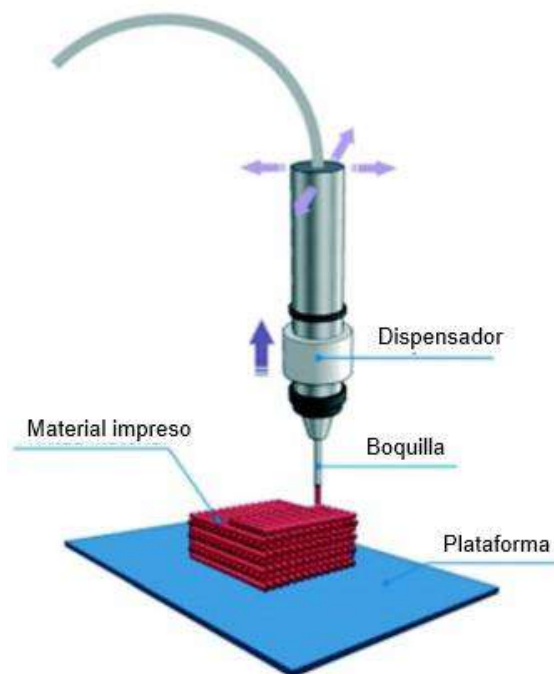
Este método de impresión 3D se aplica ampliamente en industrias como aeronáutica, automotriz, construcción, medicina, entre otros.

### 2.3.3. Modelado por deposición líquida (LDM).

El modelado por deposición líquida fabrica estructuras 3D mediante la adición consecutiva de capas de extruidos a partir de geometrías que son diseñadas en computadora. LDM utiliza la extrusión de líquidos viscosos en lugar de filamentos fundidos (ver Figura 4). La preparación de los líquidos viscosos incluso a temperatura ambiente ofrece a LDM una mayor versatilidad entre otras técnicas de impresión 3D. sin embargo, esta técnica presenta una


|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

desventaja asociada a la selección de la concentración del solvente y el polímero a utilizar para lograr obtener buenos parámetros de flujo sin comprometer la evaporación del solvente empleado[29].



**Figura 4.** Representación de una configuración de LDM [29].

Mediante esta técnica pueden imprimirse en 3D diferentes materiales adicionales a los polímeros tales como cerámicos, metales, hidrogeles, materiales a base de carbono y biomateriales [52]. Postiglione y col [35], realizaron estudios sobre materiales compuestos poliméricos obtenidos por diferentes métodos de impresión 3D, entre ellos, un nanocompuesto con relleno polimérico, usando el método de LDM. El nanocompuesto polimérico obtenido mediante la técnica LDM, evidenció aumento en la conductividad eléctrica, lo que significa que esta técnica se puede utilizar para imprimir en 3D componentes electrónicos conductores. Esta técnica de impresión está siendo estudiada y aplicada en algunos países como Italia, Estados Unidos, Filipinas, entre otros.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

#### **2.3.4. Impresión 3D Polyjet (PJP).**

Esta técnica permite la obtención de piezas a partir de plástico acrílico curable con UV. En el campo de la medicina y la odontología, el modelo impreso por esta tecnología proporciona una mejor comprensión de la anatomía del paciente [36]. Este proceso de impresión utiliza múltiples cabezales de impresión de inyección de tinta rellenos con tintas fotocurables, para depositar capas de materiales poliméricos que luego se curan mediante la exposición a la luz UV. Las lámparas utilizadas para el curado del material depositado están ubicadas en los lados del bloque de impresión para permitir la fijación inmediata después de la deposición del material. Los objetos se imprimen en una plataforma de construcción, donde cada material es depositado digitalmente donde se necesaria y adicional a esto puede utilizarse un material de soporte similar a un gel para lograr obtener estructuras sobresalientes [37].

### **3. OBJETIVOS**

**3.1.**Entender el funcionamiento del proceso del proceso de impresión 3D de polímeros.

**3.2.**Conocer el manejo y los parámetros básicos de condiciones de impresión 3D mediante el software cura

**3.3.**Obtener un prototipo 3D utilizando la impresora ANYCUBIC -4max

### **4. RECURSOS REQUERIDOS**


**4.1.** Laboratorio G402

**4.2.**Equipos.

- Impresora 3D ANYCUBIC 4 max

**4.3.** Materiales e insumos

- Espátula
- Líquido desmoldeante

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- Polímero

## 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

### 5.1. Generación de archivo 3D


El archivo estándar que se maneja para reproducir el archivo digital a la impresión física 3D es el formato stl. Este formato se puede exportar de cualquier tipo de software CAD que permite obtener el modelo 3D. Se recomienda en el momento de exportar el archivo stl emplear la opción de archivo con la máxima calidad de stl.

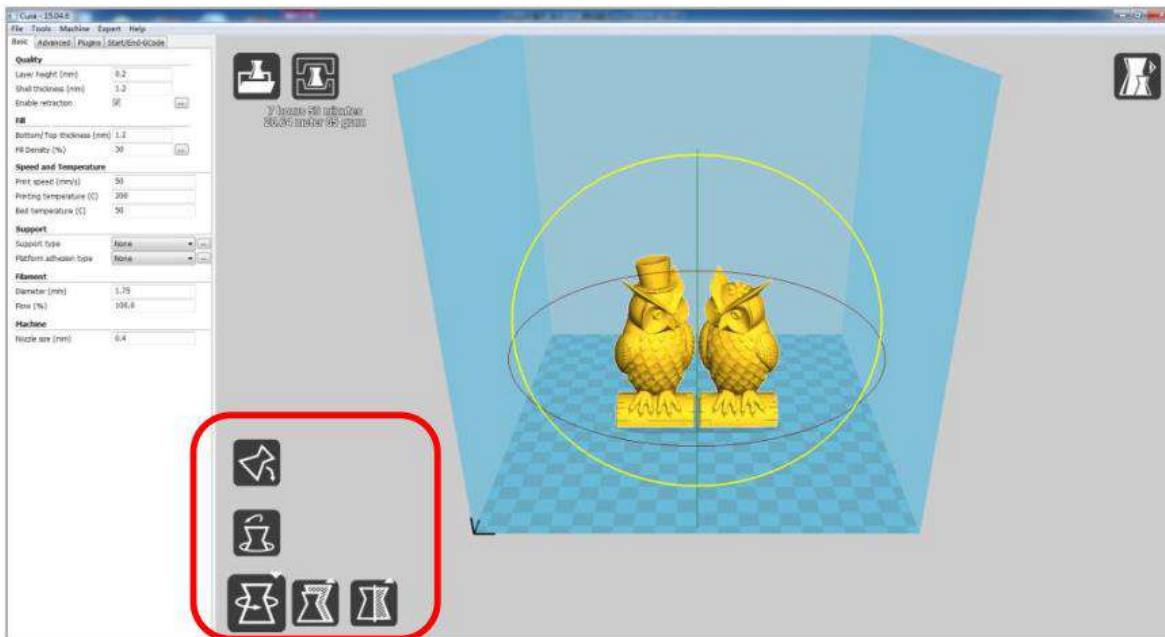
### 5.2. Importación archivo stl

El software que se emplea para programar la impresión de los modelos 3D se llama Cura. Se puede imprimir la versión 15 en adelante. Se debe ejecutar el software cura y en la interfaz de usuario del software seleccionar en el menú “*File*” seleccionar la opción “*Load model file*”

### 5.3. Definición de parámetros de impresión

El modelo importado se presenta por defecto ubicado en el centro de la base de la plataforma de trabajo. Se tienen disponibles operaciones que permiten copiar, mover, rotar, realizar un espejo del objeto importado. Esto con el fin de disponer la geometría en diferentes posiciones o diseñar un arreglo de múltiples copias del objeto 3D a imprimir.

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |



Los parámetros de impresión básicos para realizar una impresión son los siguientes:


- **Machine settings:** Son parámetros que tiene por defecto el software de acuerdo con la máquina que se dispone en el laboratorio. Estos parámetros no se requieren ajustar. Si se requiera alguna configuración para la operación de la impresora consultar con el técnico encargado del equipo.
- **Configuración de impresión:** Para los parámetros de impresión se dispone de un modo básico y avanzado. Se recomienda trabajar con el modo básico, el avanzado solo está permitido para personal que ha tenido una inducción y entrenamiento completo del uso del equipo como el técnico del equipo y personal autorizado por el jefe de laboratorio.

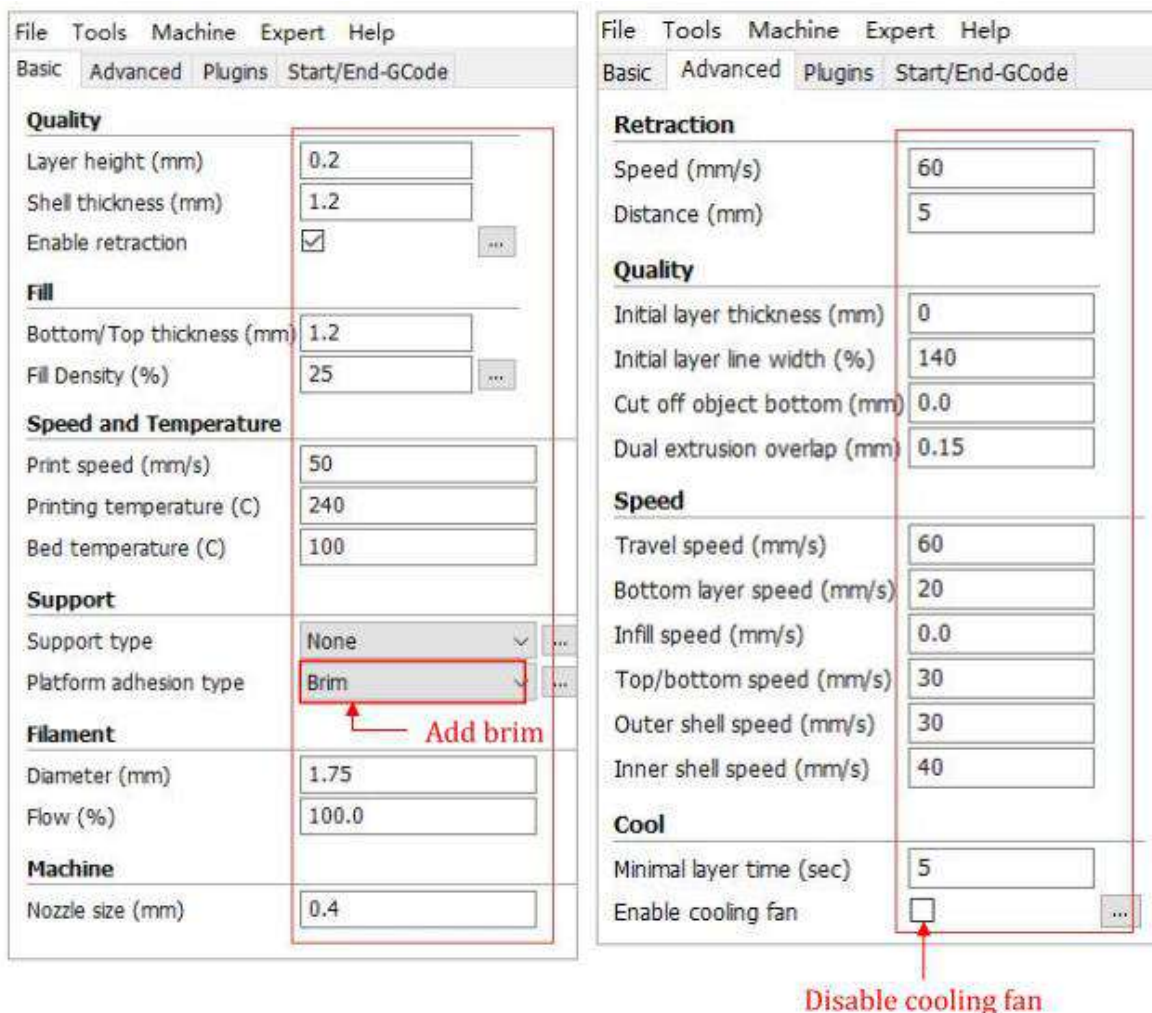
En el modo básico los parámetros de calidad (Quality), relleno (fill), velocidad y temperatura (speed and temperature), support (soporte), filamento (filament) y máquina (machine) se determinan valores por defecto de acuerdo al equipo y modelo 3D importado. Como parámetros importantes a modificar sería la altura de capa (layer height), se puede reducir para obtener una superficie del modelo impreso mas suave, el mínimo valor es 0.1 mm que es la capacidad el equipo. El espesor del contorno o capa externa se tiene por defecto mayor a 1 mm (1.2 mm) y se recomienda dejar en este valor. Para el relleno (fill) si se desea imprimir un modelo completamente macizo se debe dejar fill density en 100%, pero para ahorrar consumo de material se tiene por defecto en 25%.

Para el soporte (support) se recomienda usar la opción touching buildplate y como adhesión a la base o plataforma la opción brim que permite agregar una capa alrededor del contorno de la pieza 3D a imprimir.

Las opciones de temperatura, velocidad de impresión y las opciones del filamento, así como de máquina se deben dejar los valores por defecto, ya que dependen del material polimérico a imprimir y configuración de la máquina impresora.



|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

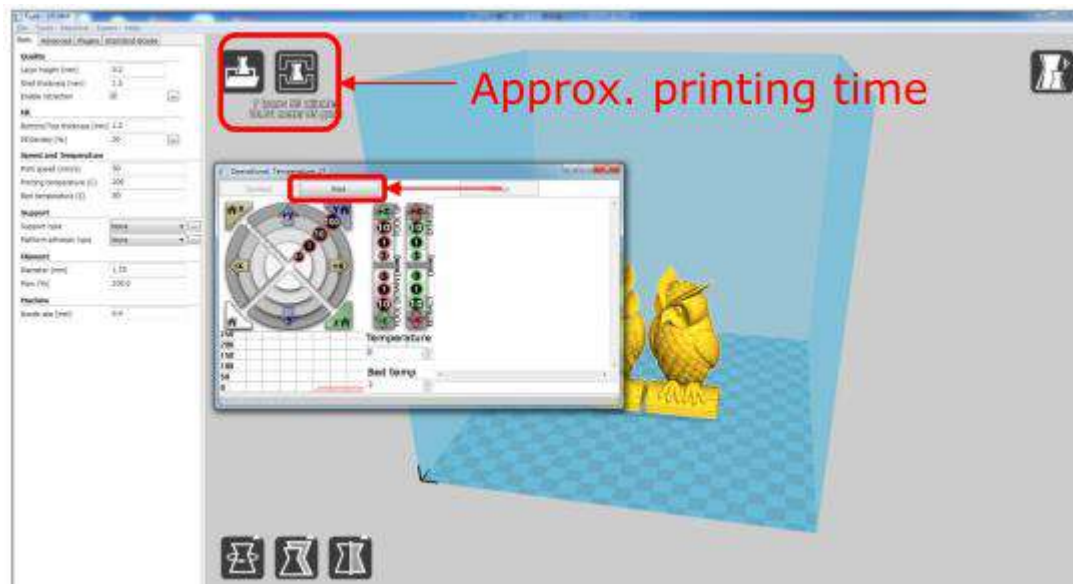


#### 5.4. Impresión del modelo

Una vez definidos los parámetros de impresión se tienen dos opciones de impresión:

- Imprimir inmediatamente el modelo: Ir al menú archivo (file) y luego imprimir (Print). Se establece entonces conexión del software con la impresora y se habilita el icono en el software de imprimir. Se indica el tiempo de impresión y al dar clic en el botón de imprimir, hecho esto la impresora comenzará a prender la calefacción de la boquilla y su posición establecidos por configuración del material y la máquina. Una vez se alcance la temperatura de impresión se comenzará a imprimir el modelo 3D.

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |




- Impresión Offline: Permite guardar el código G que permitirá guardarse en una tarjeta SD o tarjeta memoria, para posteriormente cargarse en la impresora y ejecutarse en el menú de la pantalla que muestra la información de la tarjeta de memoria. En este caso, simplemente se selecciona el archivo y se da la opción de imprimir en la pantalla que visualiza los archivos de la tarjeta de memoria

### 5.5. Salir del software y apagar impresora

Para salir del software se selecciona en el menú Archivo (File) salir (Quit) y para apagar la impresora se apaga del respectivo botón ubicado en la parte trasera de la máquina.



|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |


## 6. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.


## 7. BIBLIOGRAFÍA

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Elaborado por:</b> | <i>Libia María Baena Pérez, Carlos Andrés Vargas</i> |
| <b>Revisado por:</b>  |  |
| <b>Versión:</b>       | <i>001</i>   |
| <b>Fecha:</b>         |  |


- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dSPACE.ucbscz.edu.bo/dSPACE/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] K. Wong, A. H.-I. M. Engineering, and undefined 2012, "A review of additive manufacturing," *downloads.hindawi.com*, Accessed: Nov. 14, 2019. [Online]. Available: <http://downloads.hindawi.com/journals/isrn.mechanical.engineering/2012/208760.pdf>
- [3] K. v Wong and A. Hernandez, "A Review of Additive Manufacturing," *International Scholarly Research Network ISRN Mechanical Engineering*, vol. 2012, 2012, doi: 10.5402/2012/208760.
- [4] S. A.-M. Engineering and undefined 1991, "Rapid prototyping systems," *search.proquest.com*, Accessed: Nov. 14, 2019. [Online]. Available: <http://search.proquest.com/openview/22f7c688e652a315a2a52d4b82b9bc8b/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=40505>
- [5] S. Singh, S. Ramakrishna, R. S.-J. of M. Processes, and undefined 2017, "Material issues in additive manufacturing: A review," *Elsevier*, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S152661251630161X>

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- [6] S. S. Babu, L. Love, R. Dehoff, W. Peter, T. R. Watkins, and S. Pannala, "Additive manufacturing of materials: Opportunities and challenges," *MRS Bull*, vol. 40, no. 12, pp. 1154–1161, Nov. 2015, doi: 10.1557/mrs.2015.234.
- [7] Y. Zhang, L. Wu, X. Guo, S. Kane, ... Y. D.-J. of M., and undefined 2018, "Additive manufacturing of metallic materials: A review," *Springer*, Accessed: Nov. 17, 2019. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11665-017-2747-y>
- [8] J. Gardan, "Additive manufacturing technologies: state of the art and trends," *Int J Prod Res*, vol. 54, no. 10, pp. 3118–3132, May 2016, doi: 10.1080/00207543.2015.1115909.
- [9] A. Haleem, M. J.-C. E. and G. Health, and undefined 2019, "3D printed medical parts with different materials using additive manufacturing," *Elsevier*, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221339841930140X>
- [10] "ISO / ASTM52910 - 18 Additive manufacturing — Design — Requirements, guidelines and recommendations." <https://www.astm.org/Standards/ISOASTM52910.htm> (accessed Nov. 18, 2019).
- [11] T. D. Ngo, A. Kashani, G. Imbalzano, K. T. Q. Nguyen, and D. Hui, "Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges," *Compos B Eng*, vol. 143, pp. 172–196, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.COMPOSITESB.2018.02.012.
- [12] T. W.-A. W. P. Report. Wohlers and undefined 2014, "3D printing and additive manufacturing state of the industry".
- [13] D. Herzog, V. Seyda, E. Wycisk, and C. Emmelmann, "Additive manufacturing of metals," *Acta Mater*, vol. 117, pp. 371–392, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.actamat.2016.07.019.
- [14] L. E. Murr *et al.*, "Metal Fabrication by Additive Manufacturing Using Laser and Electron Beam Melting Technologies," *Journal of Materials Science and Technology*, vol. 28, no. 1. pp. 1–14, 2012. doi: 10.1016/S1005-0302(12)60016-4.
- [15] H. Attar, M. Calin, L. C. Zhang, S. Scudino, and J. Eckert, "Manufacture by selective laser melting and mechanical behavior of commercially pure titanium," *Materials Science and Engineering A*, vol. 593, pp. 170–177, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.msea.2013.11.038.
- [16] "Introduction to Engineering Materials - B. K. Agrawal - Google Libros." [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=kjGjIG6d6QIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Introduction+to+Engineering+Materials,+Agrawal&ots=jNFTqcyZ3T&sig=0t4LJCocollWpasYR0zDqjMELQc&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Introduction%20to%20Engineering%20Materials%2C%20Agrawal&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=kjGjIG6d6QIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Introduction+to+Engineering+Materials,+Agrawal&ots=jNFTqcyZ3T&sig=0t4LJCocollWpasYR0zDqjMELQc&redir_esc=y#v=onepage&q=Introduction%20to%20Engineering%20Materials%2C%20Agrawal&f=false) (accessed Nov. 25, 2019).
- [17] M. Badrossamay, T. C.-I. J. of M. T. and, and undefined 2007, "Further studies in selective laser melting of stainless and tool steel powders," *Elsevier*, Accessed: Nov. 25, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890695506002331>


|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- [18] Y. Bai and C. B. Williams, "An exploration of binder jetting of copper," *Rapid Prototyp J*, vol. 21, no. 2, pp. 177–185, Mar. 2015, doi: 10.1108/RPJ-12-2014-0180.
- [19] "EOS Electro Optical Systems: Industrial 3D Printing." <https://www.eos.info/en> (accessed Nov. 24, 2019).
- [20] Y. Zhang *et al.*, "Additive Manufacturing of Metallic Materials: A Review," *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 27, no. 1. Springer New York LLC, pp. 1–13, Jan. 01, 2018. doi: 10.1007/s11665-017-2747-y.
- [21] H. Lee, C. H. J. Lim, M. J. Low, N. Tham, V. M. Murukeshan, and Y. J. Kim, "Lasers in additive manufacturing: A review," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, vol. 4, no. 3. Korean Society for Precision Engineering, pp. 307–322, Jul. 01, 2017. doi: 10.1007/s40684-017-0037-7.
- [22] I. Gibson, D. Rosen, and B. Stucker, *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing, second edition*. Springer New York, 2015. doi: 10.1007/978-1-4939-2113-3.
- [23] T. Obikawa, M. Yoshino, J. S.-J. of M. Processing, and undefined 1999, "Sheet steel lamination for rapid manufacturing," *Elsevier*, Accessed: Nov. 19, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013699000278>
- [24] M. Alizadeh-Osgouei, Y. Li, and C. Wen, "A comprehensive review of biodegradable synthetic polymer-ceramic composites and their manufacture for biomedical applications," *Bioact Mater*, vol. 4, no. 1, pp. 22–36, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.BIOACTMAT.2018.11.003.
- [25] J. R.-H. Carmen M. González-Henríquez, Mauricio A. Sarabia-Vallejos, "ELSEVIER," *Prog Polym Sci*, p. 60, 2019.
- [26] J. L. E. Ely Dannier V-Niño, Andrés Díaz Lantada, Quentin Lonne, Hugo Armando Estupiñán Durán, Enrique Mejía-Ospino, Gustavo Ramírez-Caballero, "MDPI," *Polymers (Basel)*, vol. 10, no. 12, 2018.
- [27] M. Mele, G. Campana, and G. D'Avino, "Life cycle impact assessment of desktop stereolithography," *J Clean Prod*, vol. 244, p. 118743, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.118743.
- [28] J. G. D. T. Vamsi Krishna Balla, Kunal H. Kate , jagannadh Satyavolu, Paramjot Singh, "EL SERVIER," *Compos B Eng*, vol. 174, 2019.
- [29] R. C. A. Arnaldo D.Valino, John Ryan C.Dizona, Alejandro H.Espera Jr, Qiyi Chen, Jamie Messman, "E SERVIER," *Prog Polym Sci*, vol. 98, 2019.
- [30] E. J. L. Chi Zhang, Fei Chen Zhifeng Huang, Mingyong Jia, Guiyi Chen, Yongqiang de Ye, Yaojun Lin, Wei Liu Bingqing Chen, Qiang Shen, Lianmeng Zhang, "EL SERVIER," *CIENCIA E INGENIERIA DE MATERIALES: A*, vol. 764, 2019.
- [31] K. L. A.El Moumen, M.Tarfaoui, "ELSEVIER," *Compos B Eng*, vol. 171, 2019.
- [32] A. P. R. Ana Paula Moreno Madrid, Sonia Mariel Vrecha, María Alejandra Sanchez, "EL SERVIER," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 100, 2019.

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- [33] D. H. Tuan D. Ngo, Alireza Kashani, Gabriele Imbalzano, Kate TQ Nguyen, "EL SERVIER," *COMPOSITES*, vol. 143, 2018.
- [34] L. C. A. Adam L.Tyson, Stephen T.Hilton, "EL SERVIER," *Int J Pharm*, vol. 494, no. 2, 2015.
- [35] M. L. S. T. Giovanni Postiglione, Gabriele Natale, Gianmarco Griffini, "EL SERVIER," *Compos Part A Appl Sci Manuf*, vol. 76, 2015.
- [36] M. Javaid and A. Haleem, "Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review," *J Oral Biol Craniofac Res*, vol. 9, no. 3, pp. 179–185, Jul. 2019, doi: 10.1016/J.JOBCR.2019.04.004.
- [37] S. L. Brad W. Hoff, Sabrina S. Maestas, Steven C. Hayden, Daniel J. Harrigan, Rachael O. Grudt, Michele L. Ostraat, John C. Horwath, "EL SERVIER," *Addit Manuf*, vol. 22, 2018.



|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Procesos de inyección de plásticos  |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 000   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Laboratorio de polímeros  |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 2 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura   |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |

| COMPETENCIAS   | CONTENIDO TEMÁTICO   | INDICADOR DE LOGRO   |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de las máquinas inyectoras.</li> <li>Conocer los procesos de inyección de plásticos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de máquina inyectora</li> <li>Proceso de inyección de plásticos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la máquina inyectora.</li> <li>Reconoce el proceso de inyección de plásticos.</li> </ul> |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.


### 2.1. Moldeo por inyección.

El moldeo por inyección es un proceso con el que se calienta un polímero hasta que alcanza un estado muy plástico y se le fuerza a que fluya a alta presión hacia la cavidad de un molde, donde se solidifica. Entonces, la pieza moldeada, llamada **moldeado**, se retira de la cavidad[1]. El proceso produce componentes específicos o discretos que casi siempre son de forma neta. Es común que el ciclo de producción dure de 10 a 30 segundos, aunque no son raros ciclos de un minuto o más para las piezas grandes[1].

### 2.2. Proceso de inyección.

Los pellets o gránulos termoplásticos calentados a temperaturas superiores a la de fusión [2], alimentan al cilindro caliente y el fundido se fuerza dentro del molde mediante un **émbolo**

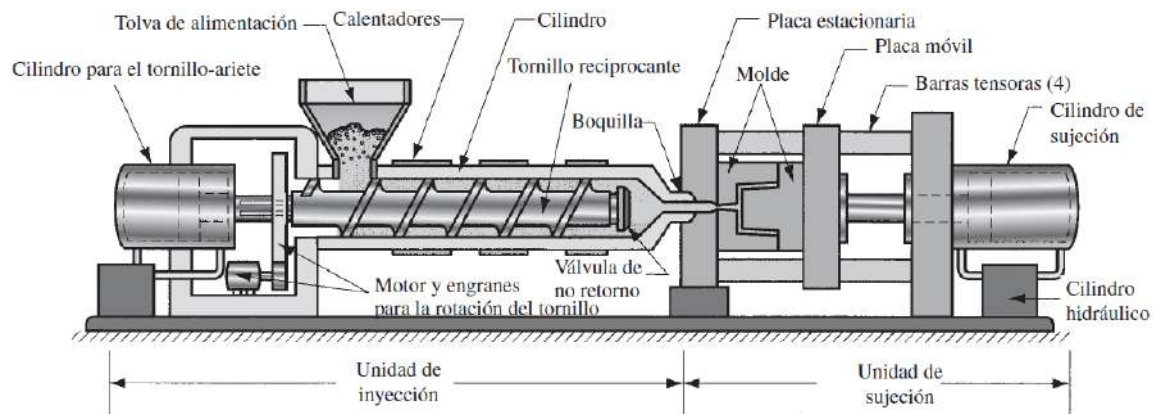


|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

hidráulico o con un sistema de *tornillo giratorio* de un extrusor, para producir una pieza. El barril (cilindro) se calienta por fuera para estimular la fusión del polímero. Sin embargo, en las máquinas de moldeo por inyección, una parte mucho mayor del calor transferido al polímero se debe al calentamiento por fricción[3]. De esta manera se produce una amplia diversidad de productos, desde tazas, peines y engranes hasta botes para basura[2].


### 2.3. Máquina inyectora

Como se ilustra en la Figura 1, una máquina de moldeo por inyección consta de dos componentes principales: 1) la unidad de inyección de plástico y 2) la unidad de sujeción del molde[1]. Por lo general, las máquinas de moldeo por inyección son horizontales[3].

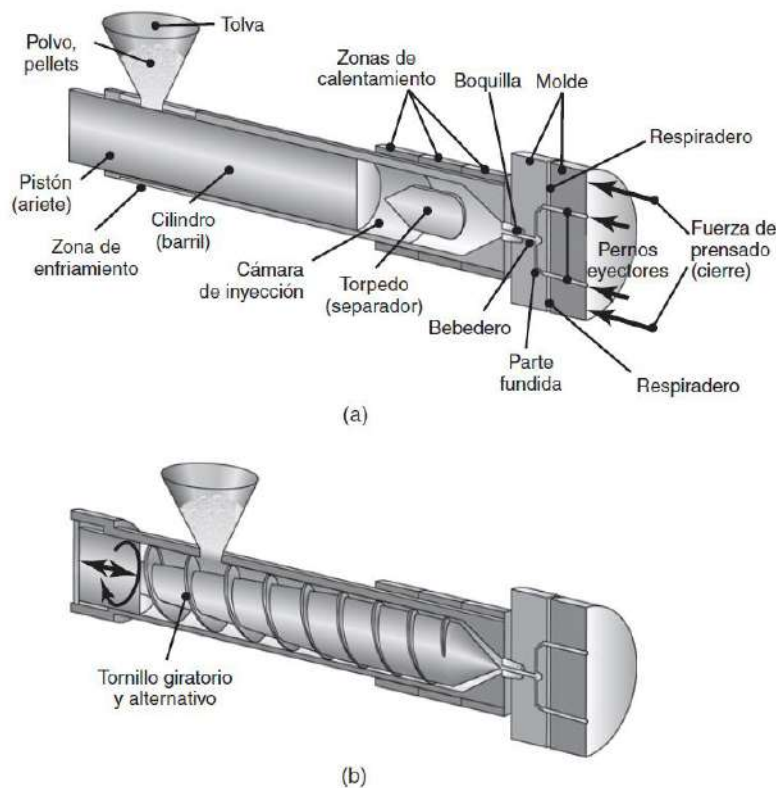


**Figura 1.** máquina de moldeo por inyección, del tipo de tornillo recíprocante [1]

Las máquinas modernas son del *tipo tornillo alternativo o plastificante* (Figura 2b). Conforme aumenta la presión a la entrada del molde, el tornillo giratorio empieza a retroceder por la presión hasta una distancia predeterminada. Este movimiento controla el volumen del material a inyectar. Después el tornillo deja de girar y se empuja hidráulicamente hacia delante, precipitando el plástico fundido dentro de la cavidad del molde. Por lo general, las presiones desarrolladas van de 70 a 200 MPa (10,000 a 30,000 psi). Para los termoplásticos, los moldes se mantienen relativamente fríos, a unos 90 °C (190 °F). Las partes de termofijos se moldean en moldes calientes a unos 200 °C (400 °F), donde tiene lugar la *polimerización* y el *encadenamiento cruzado*.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |


Las máquinas verticales se utilizan para fabricar partes pequeñas de tolerancia cerrada y para moldeo con insertos. Por lo general, la fuerza de cierre de las matrices se suministra por medios hidráulicos, aunque también se utilizan medios eléctricos (que pesan menos y son menos ruidosos que aquéllos). Las máquinas modernas se equipan con microprocesadores y microcomputadoras en un tablero de control y supervisan todos los aspectos de la operación. Las máquinas se clasifican de acuerdo con la capacidad del molde y la fuerza de sujeción; en la mayoría esta fuerza va de 0.9 a 2.2 MN (100 a 250 toneladas). La máquina más grande en operación tiene una capacidad de 45 MN (5000 toneladas) y puede producir partes de 25 kg (55 libras)[3].



**Figura 2.** Esquema del moldeo por inyección con: (a) émbolo, y (b) tornillo giratorio alternativo.

### 2.3.1. Secuencia de operación

- Se acumula polímero frente al buje del bebedero. La presión empuja el tornillo hacia atrás. Cuando se acumula suficiente polímero, la rotación se detiene.

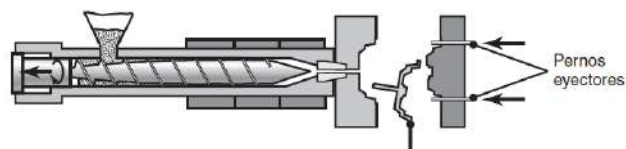
|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



- b. Cuando el molde está listo, el tornillo se empuja hacia delante con un cilindro hidráulico, llenando con polímero el buje del bebedero, el bebedero y la cavidad del molde. El tornillo empieza a girar nuevamente para acumular más polímero.




- c. Después de que el polímero se solidifica/cura, se abre el molde y los pernos eyectores extraen la parte moldeada.



Después de que la parte se ha enfriado lo suficiente (para los termoplásticos) o curado (para los termofijos), los moldes se abren y se extrae la pieza por medio de *expulsores*. Los moldes se cierran y el proceso se repite en forma automática[3].

### 3. OBJETIVOS

- 3.1.Reconocer las características de las máquinas inyectoras y el moldeo de plásticos por inyección.
- 3.2.Conocer la secuencia de operación de la inyección de plásticos para la producción de piezas.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

#### 4. RECURSOS REQUERIDOS

##### 4.1. Laboratorio de polímeros

##### 4.2. Equipos.

- Inyectora



**Figura 3.** Inyectora ubicada en el laboratorio de polímeros parque i ITM. 1) Unidad de alimentación, 2) Unidad de inyección y 3) Unidad de cierre.


##### 4.3. Materiales e insumos

La inyectora tiene la capacidad para procesar materiales termoplásticos hasta temperaturas de proceso de 350 °C

#### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

**5.1. Paso 1:** Inicialmente se debe calcular el parámetro de longitud de carrera de plastificación

$$L = \frac{m}{\rho \pi (r)^2} + \frac{1}{10(d)}$$

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**Donde:**

**L** es igual a longitud total

**m** es igual al peso del producto

**p** es igual a densidad

**r** es igual a radio del cilindro

**d** es el diámetro interno del cilindro

**5.2. Paso 2:** Se procede a encender el equipo de la perilla inicial, ubicada en la parte inferior central de la máquina, se debe esperar a que encienda la pantalla y cargue el programa.

**5.3. Paso 3:** Luego ingrese el usuario, modo supervisor (capacidad de modificar parámetros) o solo usuario sin modificaciones (global de la máquina/F3/SEL/OK).

**5.4. Paso 4:** Dirigirse a la pantalla de acceso a las diferentes inyecciones ingresadas por ese usuario seleccionado, para esto se debe presionar el botón F2 y cargar el archivo de inyección que se requiera.



**5.5. Paso 5:** Encender el motor eléctrico.




**5.6. Paso 6:** Encender las resistencias.



**5.7. Paso 7:** Presionar el siguiente botón y en  $r_1$ ,  $r_2$ , F3 e ingresar los parámetros resultantes de la ecuación.

**5.8. Paso 8:** Revisar cuanto material hay en la tolva de alimentación acorde a la cantidad de inyecciones a realizar, si es necesario agregar o retirar material utilizar el riel.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**5.9. Paso 9:** Encender el equipo adicional que regula la temperatura del molde. Graduar la temperatura deseada y verificar la calefacción de las bandas



**5.10. Paso 10:** Pasar el manejo de la maquina a semiautomático

**5.11. Paso 11:** En caso de ser necesario recalcular los parámetros con llenados parciales.

Nota: Antes de modificar parámetros se recomienda realizar mínimo entre 10-15 inyecciones.

**5.12. Paso 12:** Al finalizar todas las inyecciones, realizar una purga a la máquina.



**5.13. Paso 13:** Presionar el botón de las bandas de calefacción.




**5.14. Paso final:** Luego de esto se apagar el motor. Apagar completamente la máquina girando la perilla de encendido inicial en el sentido contrario de las manecillas del reloj.

## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno. En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS


Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b><i>Elaborado por:</i></b> | <i>Libia María Baena Pérez, Carlos Andrés Vargas</i> |
| <b><i>Revisado por:</i></b>  |  |
| <b><i>Versión:</i></b>       | <i>000</i>   |
| <b><i>Fecha:</i></b>         |  |

## Referencias

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] "donald askeland 7 edición - Buscar con Google." Accessed: Jan. 29, 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com/search?q=donald+askeland+7+edici%C3%B3n&sca\\_esv=41437dda0f3602d3&tbm=bks&lr=lang\\_es&sa=X&ved=2ahUKEwiBiMn98YWEAxVXg4QIHezyDY0QuAF6BAgDEAI&biw=1920&bih=953&dpr=1](https://www.google.com/search?q=donald+askeland+7+edici%C3%B3n&sca_esv=41437dda0f3602d3&tbm=bks&lr=lang_es&sa=X&ved=2ahUKEwiBiMn98YWEAxVXg4QIHezyDY0QuAF6BAgDEAI&biw=1920&bih=953&dpr=1)
- [3] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA


|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Manejo del Micrómetro   |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 00x   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Laboratorio de Producción   |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 2 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Procesos de manufactura I   |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |

| COMPETENCIAS   | CONTENIDO TEMÁTICO  | INDICADOR DE LOGRO  |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar lecturas de magnitud longitud con micrómetro.</li> <li>Reconocer las características y partes del micrómetro.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Partes de pie de rey</li> <li>Proceso de medición de longitudes con pie de rey.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica los conocimientos obtenidos sobre lecturas con micrómetro.</li> <li>Analiza cada uno de los elementos que conforman un micrómetro.</li> </ul> |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Micrómetros

El **micrómetro** es un instrumento de medición con un amplio uso gracias a su exactitud. Este instrumento de medición consta de un husillo o tornillo micrométrico y un yunque en forma de C, (ver Figura 1)[1]. El micrómetro que también es denominado tornillo de Palmer calibre de Palmer o simplemente Palmer, cuyo nombre deriva (Etimología de las palabras griegas

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |


“ukeo” (micros que significa pequeño)). El tambor se mueve en relación con el yunque fijo mediante una rosca de tornillo exacta. Su funcionamiento consiste en que el tornillo micrométrico valora el tamaño de un objeto con gran precisión, en un rango del orden de centésimas o milésimas (0,01 y 0,001 respectivamente y su fabricación se basa en la norma DIN 863). Para ello cuenta con dos puntos que se aproximan entre si mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado en su contorno una escala. La escala puede incluir un nonio. Todos los tornillos micrométricos en el sistema métrico tienen una longitud de 25 mm con un paso de rosca de 0.5 mm de modo que girando el tambor una vuelta completa el palpador avanza o retrocede 0.5 mm. En un micrómetro común cada rotación del tambor proporciona 0.025 pulg de viaje lineal. A cada eje se conecta un tamborcito graduado con 25 marcas alrededor de su circunferencia; cada marca corresponde a 0.001 pulg. genralmente, la manga del micrómetro está equipada con un vernier, el cual contiene resoluciones tan pequeñas como 0.0001 pulg. En un micrómetro con una escala métrica, las graduaciones son de 0.01 mm. Los micrómetros modernos están disponibles con dispositivos electrónicos que entregan lecturas digitales de la medición[1].

## 2.2.Los tipos de micrómetro más comunes son:

- Micrómetro externo**, el cual se fabrica en diferentes tamaños estándar de yunque.
- Micrómetro interno** el cual consiste en un ensamble de cabeza y un conjunto de varillas de diferentes longitudes para medir dimensiones exteriores que pudieran encontrarse.
- Micrómetro de profundidad**, similar a un micrómetro interno pero especial para medir profundidades de orificios[1].

## 2.3.El micrómetro está compuesto por las siguientes partes:

- Arco: tratado térmicamente para soportar tensiones.
- Tornillo micrométrico: construido de acero especial templado.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- Caras de medición: Sirven de apoyo para la pieza a ser medida por eso precisan ser rigurosamente planos ser rigurosamente planos paralelos.
- Tuerca de ajuste: Permite el desplazamiento del tornillo micrométrico.
- Tambor: Aquí se encuentra la escala centesimal.
- Chicharra: Asegura una presión constante de medición.
- Freno: Permite inmovilizar el tornillo.

Los micrómetros poseen características principales y estas son:

- Capacidad.
- Resolución.
- Aplicación.




**Figura 1.** Partes de un micrómetro[2]

## 2.4.Precauciones al medir y cómo usar el micrómetro del tipo de freno de fricción

### 2.4.1. Asegurar la limpieza del micrómetro

Luego de usarlo, proceda a limpiar las superficies y caras de medición del husillo, yunque y otras partes, de manera que se elimine el polvo, manchas de líquidos etc. Es recomendable, aplicar aceite anticorrosivo. De esta manera se garantiza la obtención de mediciones exactas y confiables[2].

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

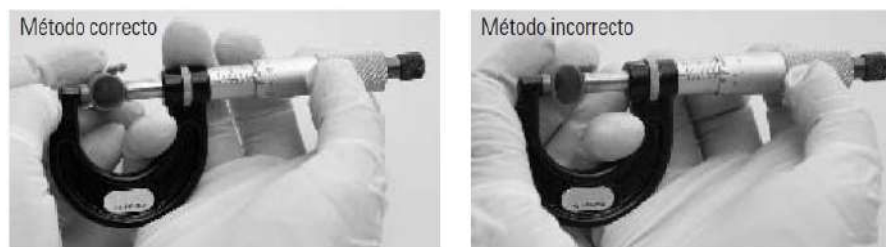
#### 2.4.2. Uso adecuado del micrómetro

Para garantizar un uso adecuado del micrómetro, se recomienda sostener la mitad del cuerpo en la mano izquierda, y el tambor en la mano derecha, manteniendo la mano fuera del borde del yunque (ver Figura 2).




**Figura 2.** Método correcto para sujetar el micrómetro con las manos[2].

El trinquete asegura que el usuario aplique una presión adecuada de medición sobre el objeto que se está midiendo mientras se lee la medida. Justo antes de que el husillo entre en contacto con el objeto, gire el trinquete con suavidad, con los dedos; luego cuando el husillo toque el objeto, de tres o cuatro vueltas leves al trinquete a una velocidad uniforme. Si acerca la superficie del objeto directamente girando el tambor, el husillo podría aplicar una presión excesiva de medición al objeto otorgando una lectura errónea (ver Figura 3). Cuando la medición finalice, despegue el husillo de la superficie del objeto girando el trinquete en dirección opuesta.



**Figura 3.** Métodos correcto e incorrecto de medición[2]

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

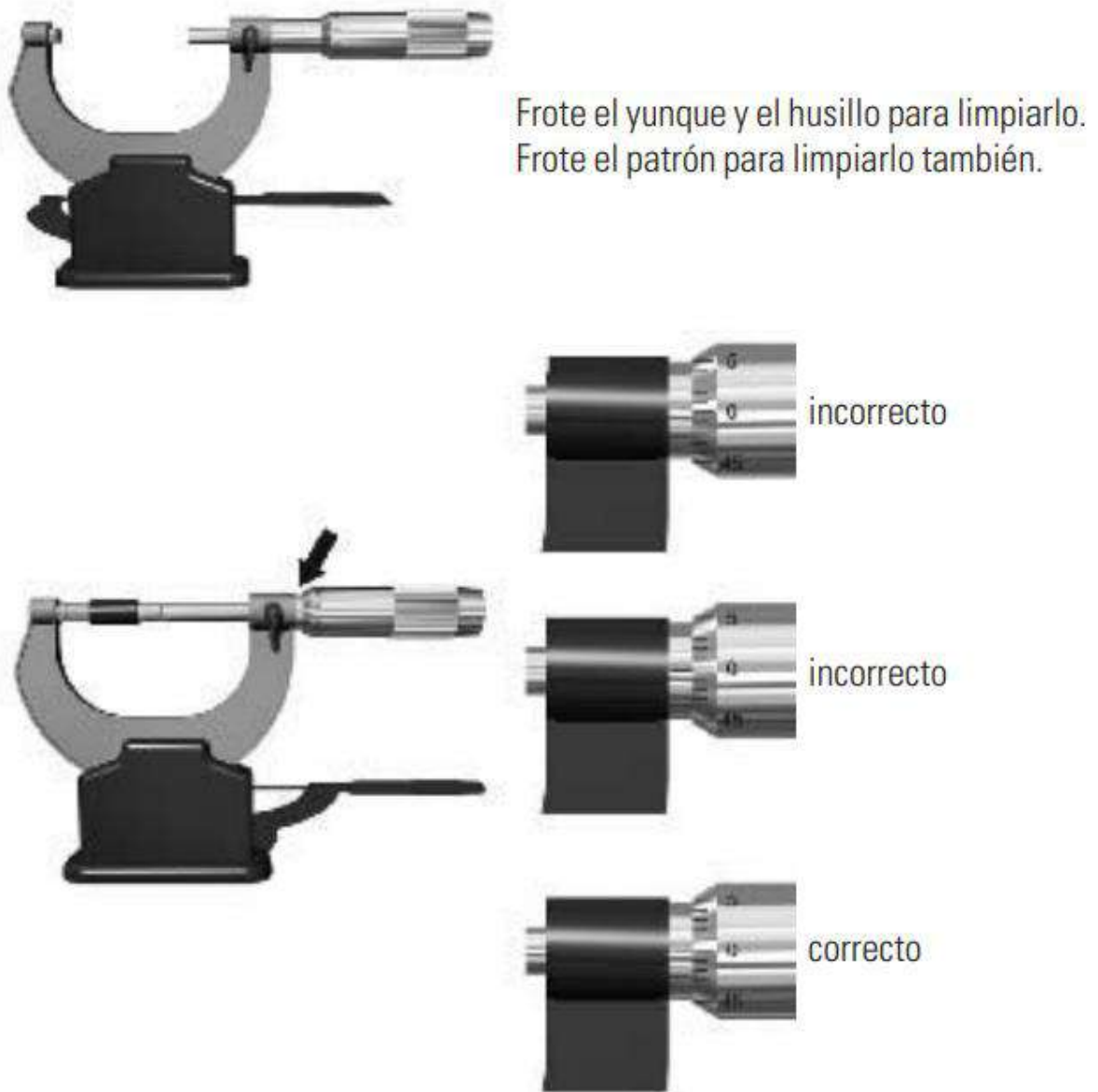
### 2.4.3. Verificación del cero

Con el uso frecuente del micrómetro o caídas, golpes fuertes, etc, existe la posibilidad de que el punto cero se desalinee, es decir, que el paralelismo entre el husillo y el yunque se desajusta, lo cual causa un movimiento del husillo anormal (ver Figura 4 y 5).



**Figura 4.** Paralelismo de las superficies de medición.


|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



**Figura 5.** Posición del punto cero incorrecto y correcto

#### 2.4.4. Asegurar el contacto correcto entre el micrómetro y el objeto

Es muy importante garantizar que el micrómetro esté en contacto correcto con el objeto a medir. Use el micrómetro formando un ángulo recto con las superficies a medir (Figura 6).

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



**Figura 6.** Contacto correcto entre el micrómetro y la pieza a medir

### 3. OBJETIVOS

- 3.1.Reconocer las características y partes de un micrómetro.
- 3.2.Aplicar los conocimientos obtenidos sobre mediciones de longitudes con micrómetro.
- 3.3.Determinar la precisión del micrómetro.

### 4. RECURSOS REQUERIDOS


#### 4.1.Materiales y equipos.

- Micrómetro
- Piezas modelo o patrones de referencia.
- Implementos de seguridad

### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.


- 5.1.Con el micrómetro, realice las mediciones de longitudes (largo y ancho) y espesor de placas de metal, de plástico y de madera, y registre las lecturas en la Tabla 1.



|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**Tabla 1.** Lecturas de medición de las placas

| <b>Numero de mediciones</b> | <b>Largo<br/>(mm)</b> | <b>Ancho<br/>(mm)</b> | <b>Espesor<br/>(mm)</b> |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1                           |                       |                       |                         |
| 2                           |                       |                       |                         |
| 3                           |                       |                       |                         |
| <b>Promedio</b>             |                       |                       |                         |
| <b>Error relativo</b>       |                       |                       |                         |
| <b>Error absoluto</b>       |                       |                       |                         |
| <b>Numero de mediciones</b> | <b>Largo<br/>(mm)</b> | <b>Ancho<br/>(mm)</b> | <b>Espesor<br/>(mm)</b> |
| 1                           |                       |                       |                         |
| 2                           |                       |                       |                         |
| 3                           |                       |                       |                         |
| <b>Promedio</b>             |                       |                       |                         |
| <b>Error relativo</b>       |                       |                       |                         |
| <b>Error absoluto</b>       |                       |                       |                         |
| <b>Numero de mediciones</b> | <b>Largo<br/>(mm)</b> | <b>Ancho<br/>(mm)</b> | <b>Espesor<br/>(mm)</b> |
| 1                           |                       |                       |                         |
| 2                           |                       |                       |                         |
| 3                           |                       |                       |                         |
| <b>Promedio</b>             |                       |                       |                         |
| <b>Error relativo</b>       |                       |                       |                         |
| <b>Error absoluto</b>       |                       |                       |                         |

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**5.2.** Para un objeto cilíndrico realice las mediciones de diámetros internos y externos en 2 puntos en forma de cruz:

**Tabla 2.** Lecturas de medición de objetos cilíndricos

| <b>Pieza u objeto</b> | <b>Longitud<br/>(mm)</b> | <b>Diámetro interno<br/>(mm)</b> | <b>Diámetro<br/>externo<br/>(mm)</b> |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>1</b>              |                          |                                  |                                      |
| <b>2</b>              |                          |                                  |                                      |
| <b>3</b>              |                          |                                  |                                      |
| <b>Promedio</b>       |                          |                                  |                                      |
| <b>Error relativo</b> |                          |                                  |                                      |
| <b>Error absoluto</b> |                          |                                  |                                      |


## **6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)**

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno. En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## **7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS**


|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- 
- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] A. E. Esquivel, "y sus aplicaciones Metrología," 2014, Accessed: Mar. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/pages/Interfase->


|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b><i>Elaborado por:</i></b> | <i>Libia María Baena Pérez, Jose Adrián Tamayo</i> |
| <b><i>Revisado por:</i></b>  |  |
| <b><i>Versión:</i></b>       | <i>001</i>   |
| <b><i>Fecha:</i></b>         |  |
| <b><i>Aprobado por:</i></b>  |  |

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Manejo de Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)                               |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 00x   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Laboratorio de Producción   |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 2 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Procesos de manufactura I   |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |

| COMPETENCIAS   | CONTENIDO TEMÁTICO   | INDICADOR DE LOGRO  |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar lecturas de magnitud longitud con Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> <li>Reconocer las características y partes Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Partes de pie de rey</li> <li>Proceso de medición de longitudes con Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica los conocimientos obtenidos sobre lecturas con Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> <li>Analiza cada uno de los elementos que conforman un Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> </ul> |

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Instrumentos de medición dimensional


Los instrumentos de medición se dividen en dos puntos: graduados y no graduados. Los **dispositivos de medición graduados** incluyen un conjunto de marcadores (llamados **graduaciones**) sobre una escala lineal o angular, contra la cual puede compararse la característica de interés del objeto. Los **dispositivos de medición no graduados** no poseen tal escala y se usan para hacer comparaciones entre las dimensiones o para transferir una dimensión y efectuar su medición mediante un dispositivo graduado. Existen diversos calibradores graduados para diferentes propósitos de medición. El más simple es el **calibrador deslizable, pie de rey o vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)**[1].

#### 2.1.1. Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)

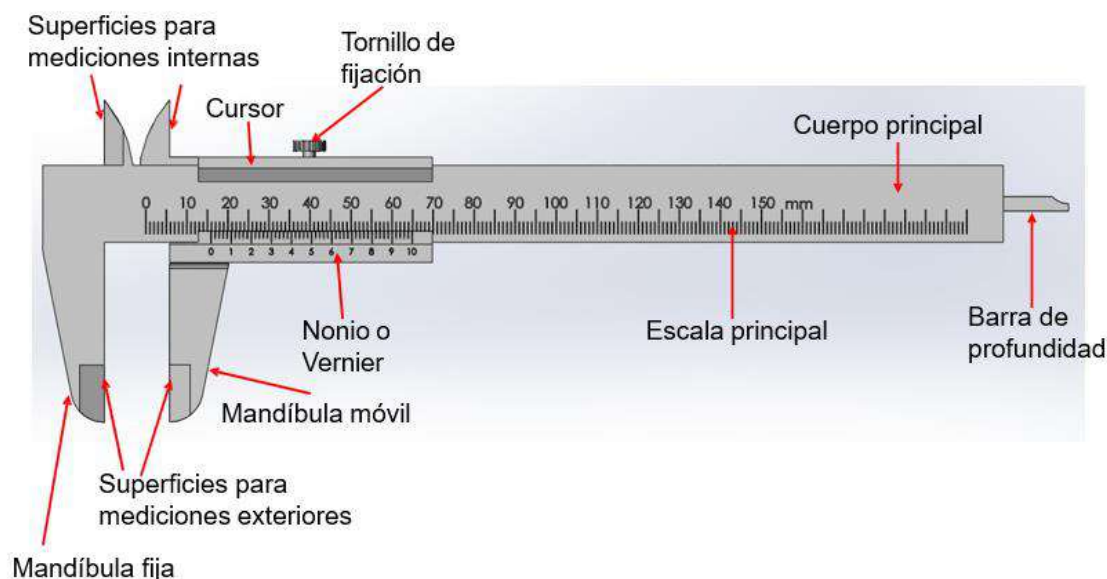
Es una regla de acero a la cual se le añaden dos quijadas, una fija en un extremo de la regla y la otra móvil, y consta de las siguientes partes (Ver Figura 1):

- Mordazas para medidas externas.
- Mordazas para medidas internas.
- Coliza para medida de profundidades.
- Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
- Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
- Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
- Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
- Botón de deslizamiento y freno.

El pie de rey es un instrumento de precisión usado para medir pequeñas longitudes (centésimas de milímetros) de diámetros externos, internos y profundidades, en una sola operación. Fue inventado en 1631 por Pierre Vernier para interpretar con mayor

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |


aproximación las fracciones decimales (de longitudes o ángulos) gracias a subdivisiones lineales o fracciones de arco[2]. Los pie de rey o calibradores deslizables se usan para mediciones internas o externas, dependiendo si se usan las caras internas o externas de la quijada. Para usarlo, las quijadas se ponen en contacto con las superficies de las piezas que se van a medir y la posición de la quijada móvil indica la dimensión de interés. Los calibradores deslizables permiten mediciones más precisas y exactas que las reglas simples. Un refinamiento del calibrador deslizable es el **calibrador vernier**, que se muestra en la figura 1. En este dispositivo, la quijada móvil incluye una escala de vernier, llamada así en honor de P. Vernier (1580-1637), el matemático francés que la inventó. El vernier proporciona graduaciones de 0.01 mm en el SI (y 0.001 pulgadas en la escala de uso común en Estados Unidos), mucho más preciso que el calibrador deslizable[1].



**Figura 1.** Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)

## 2.1.2. Precauciones al realizar mediciones de longitud con pie de rey[3]

### 2.1.2.1. Verificar que el pie de rey se encuentre en condiciones óptimas de medición

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

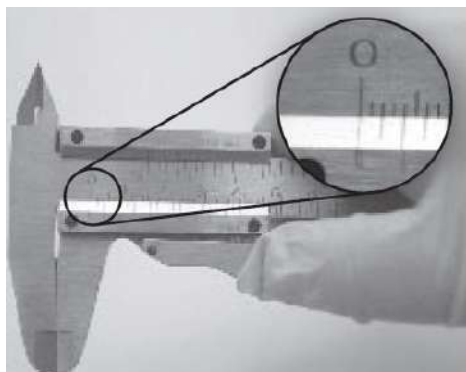
a) Antes de efectuar cualquier medición, inicie limpiando el polvo y suciedad de las superficies del objeto a medir, así como también de las partes del pie de rey tales como cursor, regleta; y superficies deslizantes, dado que el polvo puede obstruir el deslizamiento del cursor lo cual puede incurrir en lecturas erróneas.

b) Verifique que las superficies de medición de las mandíbulas y las superficies para mediciones internas estén libres de dobleces y daños.

c) Corrobore que las superficies deslizantes de la regleta o cuerpo principal estén en perfectas condiciones de uso.

Para obtener mediciones correctas verifique que la herramienta esta acomodada de la siguiente manera:

a) Cuando el cursor este completamente cerrado, el cero de la escala de la regleta y del nonio deben estar alineados uno con otro (ver Figura 2).




**Figura 2.** Verificando el contacto nivelado[3].

Al verificar las superficies de medición de las mandíbulas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Un contacto correcto entre las mandíbulas corroborando que no pasa luz entre las superficies de contacto de las mandíbulas.

b) Coloque el pie de rey hacia arriba sobre una superficie plana, con la barra de profundidad hacia abajo; empuje la barra de profundidad, si las graduaciones cero en el cuerpo principal



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

y la escala del nonio están desalineadas, el medidor de profundidad también estará desalineado (ver Figura 3).

c) Verifique que el cursor se deslice suavemente a lo largo de la regleta.



**Figura 3.** Verificando el medidor de profundidad[3].

#### **2.1.2.2. Ajuste del pie de rey sobre el objeto a medir**

Coloque el objeto entre las mandíbulas, sostenga el pie de rey con ambas manos, coloque el dedo pulgar sobre el botón y empuje suavemente las mandíbulas del nonio contra el objeto a medir. (Ver Figura 4).

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



## Medidas de longitud

**Figura 4.** Medición de objetos con pie de rey: a) Interiores, b) Exteriores y c) Profundidad[3]

### 3. OBJETIVOS

- 3.1.Reconocer las características y partes de un pie de rey.
- 3.2.Aplicar los conocimientos obtenidos sobre mediciones de longitudes con pie de rey.
- 3.3.Determinar la precisión del pie de rey


### 4. RECURSOS REQUERIDOS

#### 4.1.Materiales y equipos.

- Pie de rey
- Piezas modelo o patrones de referencia.
- Implementos de seguridad

### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

#### 5.1.Registrar los valores numéricos en mm y pulgadas de:

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

a. Precisión del instrumento:

se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = R/n$$

Donde P: precisión del instrumento, R: módulo de escala principal, n: número de divisiones del vernier

$$R = \text{_____ mm} \quad R = \text{_____ pulgadas.}$$

b. Numero de divisiones del nonio


$$R = \text{_____ mm} \quad R = \text{_____ pulgadas.}$$

c. División de escala.

$$R = \text{_____ mm} \quad R = \text{_____ pulgadas.}$$

**5.2.** Con el pie de rey, realice las mediciones de los patrones suministradas por el docente para: longitud externa, interna, profundidad.

| Instrumento de medida:    |                  |                  |                  |          |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| Marca:                    |                  |                  |                  |          |
| Rango de medición:        |                  |                  |                  |          |
| División de la escala     |                  |                  |                  |          |
| Resolución o apreciación: |                  |                  |                  |          |
| Pieza u objeto            | Lectura<br>1(mm) | Lectura<br>2(mm) | Lectura<br>3(mm) | Promedio |
| 1                         |                  |                  |                  |          |
| 2                         |                  |                  |                  |          |
| 3                         |                  |                  |                  |          |
| 4                         |                  |                  |                  |          |

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| 5 |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |


**5.3.** Para un objeto circular (tipo anillo) realice las mediciones de profundidad, diámetro interior y exterior:

| <b>Profundidad</b>       |                  |                  |                  |          |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| Pieza u objeto           | Lectura<br>1(mm) | Lectura<br>2(mm) | Lectura<br>3(mm) | Promedio |
| 1                        |                  |                  |                  |          |
| 2                        |                  |                  |                  |          |
| 3                        |                  |                  |                  |          |
| <b>Diámetro interior</b> |                  |                  |                  |          |
| 1                        |                  |                  |                  |          |
| 2                        |                  |                  |                  |          |
| 3                        |                  |                  |                  |          |
| <b>Diámetro exterior</b> |                  |                  |                  |          |
| 1                        |                  |                  |                  |          |
| 2                        |                  |                  |                  |          |
| 3                        |                  |                  |                  |          |

## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- Resultados
- Conclusiones.

En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno. En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.


## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- 
- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, “Introducción a los procesos de manufactura,” 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] “Metrología y sus Aplicaciones - Google Books.” Accessed: Mar. 03, 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com.co/books/edition/Metrolog%C3%ADa\\_y\\_sus\\_Aplicaciones/P-ThBAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.co/books/edition/Metrolog%C3%ADa_y_sus_Aplicaciones/P-ThBAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- [3] A. E. Esquivel, “y sus aplicaciones Metrología,” 2014, Accessed: Mar. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/pages/Interfase->

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Elaborado por:</b> | <i>Libia María Baena Pérez, Jose Adrián Tamayo</i> |
|-----------------------|--|

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b><i>Revisado por:</i></b> |     |
| <b><i>Versión:</i></b>      | 001 |
| <b><i>Fecha:</i></b>        |     |
| <b><i>Aprobado por:</i></b> |     |

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Procesos de remoción de material en torno Sherline  |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 005   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Laboratorio de Producción   |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 2 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I   |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |


| COMPETENCIAS  | CONTENIDO TEMÁTICO   | INDICADOR DE LOGRO  |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de los tornos y las operaciones de torneado.</li> <li>Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de Torno Sherline</li> <li>Proceso de remoción de material mediante operaciones de torneado</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja el torno Sherline</li> <li>Reconoce el proceso de remoción de material mediante operaciones de torneado.</li> </ul> |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Procesos de arranque de viruta

*El mecanizado o conformado por arranque de viruta* es un procedimiento que permite modificar formas, dimensiones y/o el grado de acabado superficial de piezas obtenidas con otros procesos de manufactura como la fundición o técnicas de conformado por deformación plástica tales como trefilado, laminación, forja, embutición, etc. Esta transformación o modificación se realiza arrancando capas de metal que se transforman en viruta [1].



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**Se define viruta** como el exceso de material eliminado en los procesos de mecanizado. Esta viruta se produce por la continua deformación plástica y cizallamiento que se produce del material a lo largo del plano de corte.

**La formación de la viruta se ve afectada por los siguientes factores:**


- Características físicas del material de la pieza
- Características químicas del material de la pieza
- Parámetros de corte
- Angulo de posición de la herramienta
- Radio de la punta del filo de corte
- Avance.



**Figura 1.** Arranque de viruta con máquina herramienta torno

**Algunos inconvenientes del mecanizado son:**

- Desperdicio de material.
- Por lo general requiere más tiempo que otros procesos de fabricación (conformado por deformación plástica, moldeado).
- Requiere más energía que otros procesos de moldeado y formado.
- Puede tener efectos negativos sobre la calidad de la superficie y las propiedades del producto.


|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**Los procesos de arranque de viruta:** se realizan en máquinas cuyo trabajo consiste en llevar una pieza o materia prima al formato o diseño definido previamente, mediante el trabajo de una o varias herramientas de corte, mediante las operaciones que permita la maquina (rotación, translación, otras). Para cada caso, existe una **máquina herramienta** diseñada para llevar adelante el proceso o modalidad de arranque de viruta correspondiente.

**Los procesos más utilizados son:**

- Torneado
- Fresado
- Perforado
- Taladrado
- Mandrinado
- Cepillado
- Escariado
- Rectificado
- tronzado

Todas estas máquinas tienen como característica principal el sacar viruta de la pieza que se está mecanizando. Cuando un material es sometido a la acción de una máquina herramienta que mecaniza materiales arrancando capas del mismo, el resultado es el desprendimiento de viruta, la cual puede adoptar diferentes formas de acuerdo a su ductilidad. Los materiales dúctiles desprenden virutas con bucles -aceros, aluminios, hierro nodular y maleable, etc- mientras los materiales frágiles desprenden viruta en polvo –fundición gris-. La Fundición blanca no se deja perforar con herramientas normales por su alta dureza. Las maquinas herramientas cuentan con dos tipos de movimientos importantes, con los que se que podrán determinar cómo y quién efectuará los movimientos. Para determinar cómo, se usarán movimientos de translación o rotación; para determinar quién se verá si se mueve la pieza o la herramienta. El caso de máquinas con rotación de la pieza sería un torno, donde la pieza está sujeta a un plato giratorio que gira a distintas velocidades, mientras la herramienta se encuentra en una torreta fija y solo se mueve en forma transversal o paralela al eje de la pieza.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

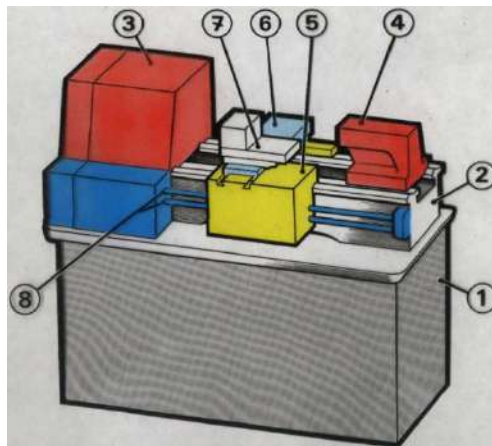
## 2.2.El torno

Es una máquina herramienta que hace girar la pieza y, por medio de una herramienta, busca dar a la pieza una forma cilíndrica. Es una máquina herramienta muy versátil que se opera en forma manual y se utiliza ampliamente en producción baja y media. La pieza a trabajar se sostiene en un plato y gira sobre su eje, mientras una herramienta de corte avanza sobre las líneas del corte deseado. Permite mecanizar piezas de forma geométrica (cilindros, conos). Se utiliza principalmente para operaciones de torneado rápido de metales, madera y plástico. Estos dispositivos se encargan de hacer girar la pieza mientras las herramientas de corte son empujadas contra su superficie, cortando las partes sobrantes en forma de viruta.

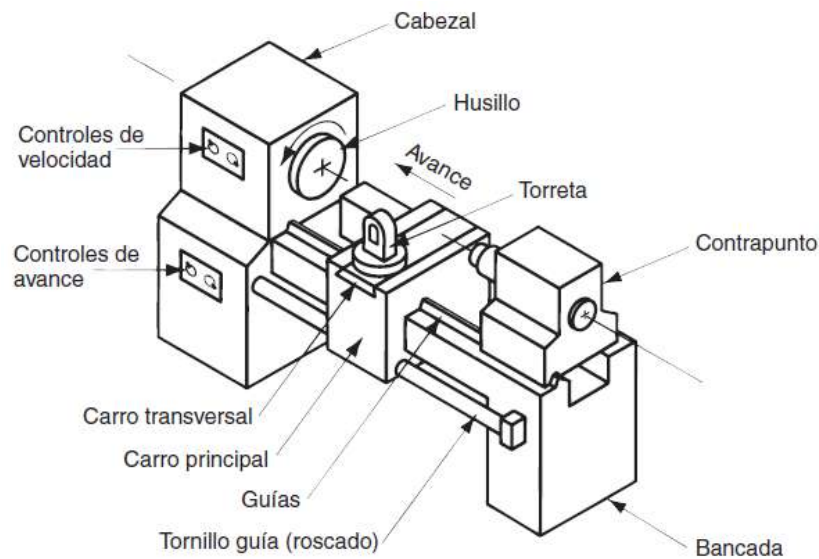
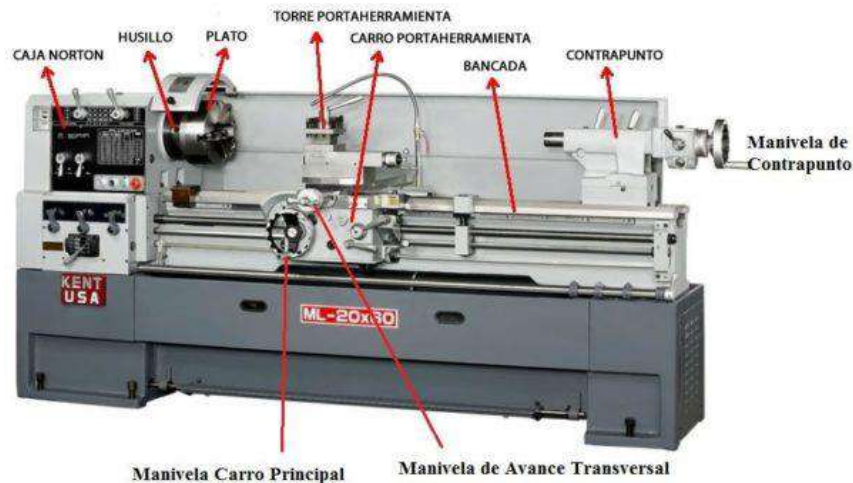
### 2.2.1. Partes principales del torno

- **Bancada:** Sirve de soporte para las otras unidades del torno. Provee un armazón rígido para la máquina herramienta.
- **Eje principal y plato mordaza:** sobre el plato se coloca la pieza a mecanizar para que gire. En el otro extremo lleva un eje terminado en punta que es móvil, llamado contrapunto, para sujetar la pieza por un punto. En este se monta un centro para sostener el otro extremo de la pieza de trabajo.
- **Husillo:** es una pieza tubular que en uno de sus extremos tiene conectada una polea que recibe el movimiento del motor, y en el otro extremo tiene conectado el plato.
- **Caja Norton o cabezal:** sirve para ajustar las revoluciones de las velocidades mediante unas palancas que accionan un conjunto de engranajes que se encuentran en el interior de la caja. Contiene la unidad de transmisión que mueve el husillo que hace girar al trabajo.
- **Carro Portaherramientas:** son los carros que permiten desplazar la herramienta de corte. Todo el conjunto de los carros se apoya en una caja de fundición llamada Delantal o Carro Portaherramientas, que tiene por finalidad contener en su interior los dispositivos que le transmiten los movimientos a los carros.


La herramienta de corte es sostenida por una **torreta o torre portaherramienta** que se encuentra fija al carro transversal, que se ensambla al carro principal.



1. Base o soporte
2. Bancada
3. Cabezal fijo
4. Cabezal móvil o contrapunto
5. Carro principal
6. Carro transversal
7. Carro superior o charriot
8. Ejes de cilindrado y roscado



**Figura 2.** Partes del torno

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- El **carro principal** se diseña para deslizarse sobre las guías del torno a fin de hacer avanzar la herramienta paralelamente al eje de rotación. **Las guías** son una especie de rieles a lo largo de los cuales se mueve el carro y están hechas con gran precisión para lograr un alto grado de paralelismo respecto al eje del husillo. Las guías se construyen sobre la **bancada**.

## 2.2.2. Movimientos del torno

### 2.2.2.1. Movimientos de la máquina

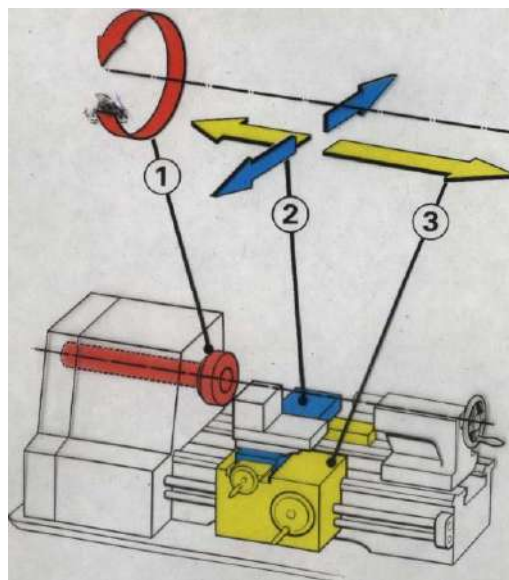
- Movimiento ROTACIONAL (husillo - pieza de trabajo)
- Movimiento TRANSVERSAL (Carro transversal)
- Movimiento LONGITUDINAL (Carro principal)

### 2.2.2.2. Movimientos de mecanizado


Movimiento PRINCIPAL o de CORTE (husillo - pieza de trabajo)

Movimiento de AVANCE

Movimiento de AJUSTE o de PROFUNDIDAD



**Figura 3.** Movimientos del torno

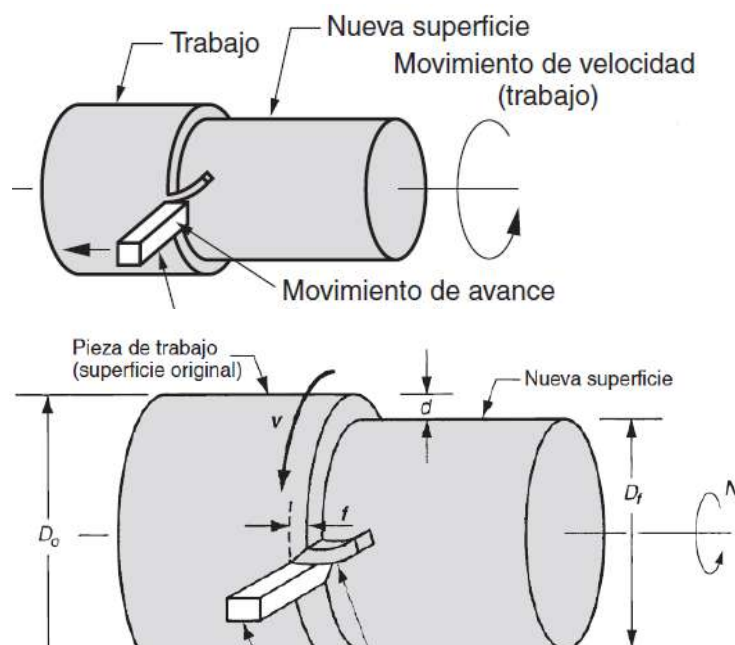
|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |


### 2.2.3. Tipos de tornos

- Torno paralelo, mecánico o de taller
- Torno Vertical
- Torno Revolver
- Torno con Dispositivo Copiador
- Torno Automático
- Torno de Control Numérico
- Centros de Mecanizado

### 2.3. Operaciones de torneado

Uno de los procesos de maquinado más básicos es el torneado, en el cual la parte rota mientras se está maquinando. Por lo común, el material inicial es una pieza de trabajo que se ha fabricado mediante otros procesos, como fundición, forjado, extrusión, estirado o metalurgia de polvos, etc [1]. El torneado es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de una sola punta remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación; la herramienta avanza linealmente y en una dirección paralela al eje de rotación, como se ilustra en las figuras. El torneado se lleva a cabo tradicionalmente en una máquina herramienta llamada torno, la cual suministra la potencia para tornear la pieza a una velocidad de rotación determinada con avance de la herramienta y profundidad de corte especificados




|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

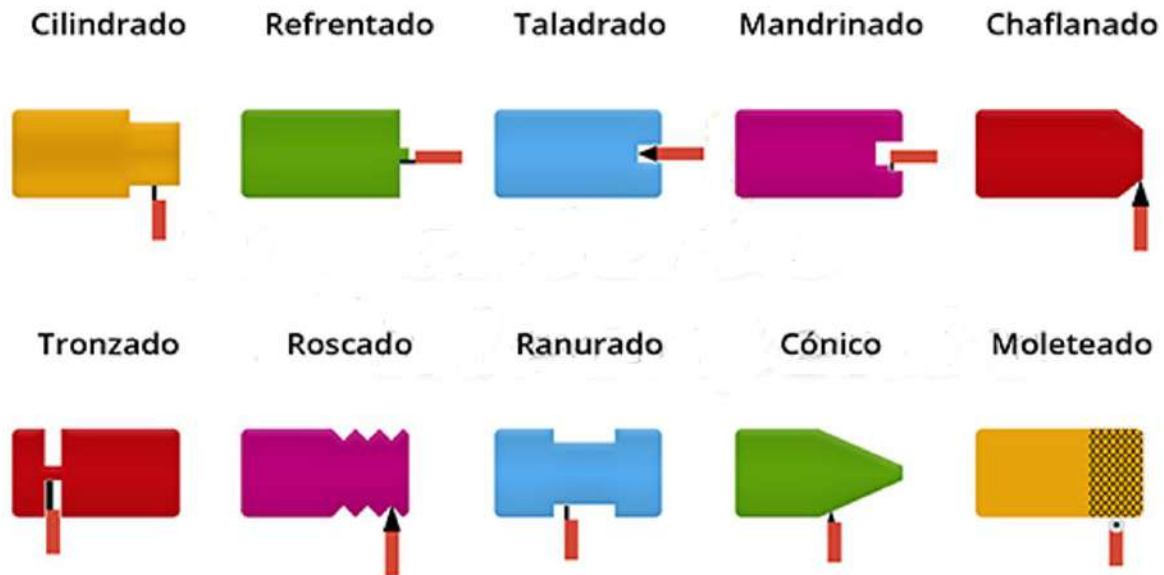
**Figura 4.** Proceso de torneado.

Con las herramientas de corte adecuadas, en un torno se pueden realizar muchas operaciones de torneado tales como:

- Cilindrado
- Refrentado
- Taladrado
- Escariado
- Moleteado
- Mandrinado
- Chaflanado
- Tronzado
- Roscado
- Ranurado
- Torneado cónico
- Contornos
- Formas

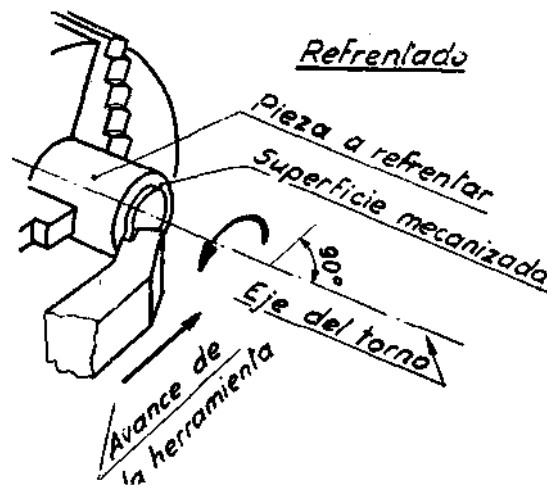


|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



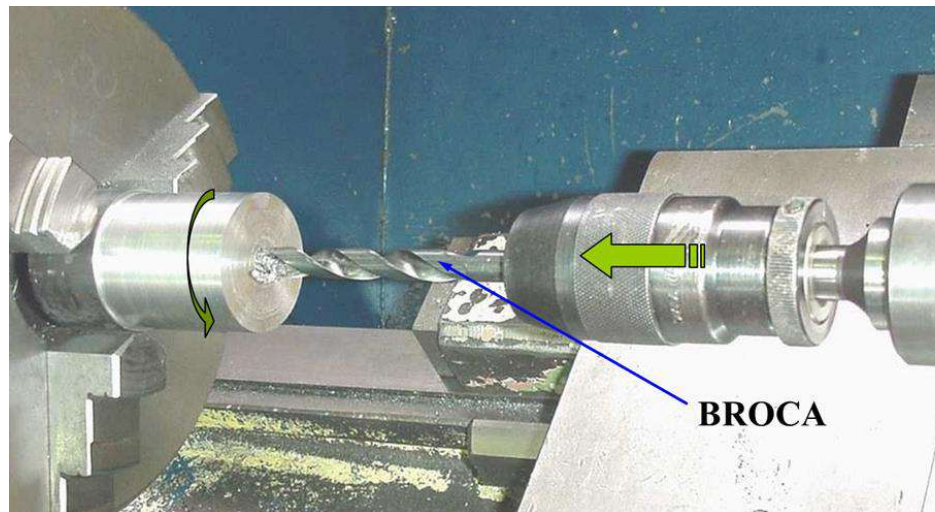
**Figura 5.** Operaciones de torneado

- a. **Refrentado:** es la construcción de superficies planas, perpendiculares al eje de rotación o eje del torno



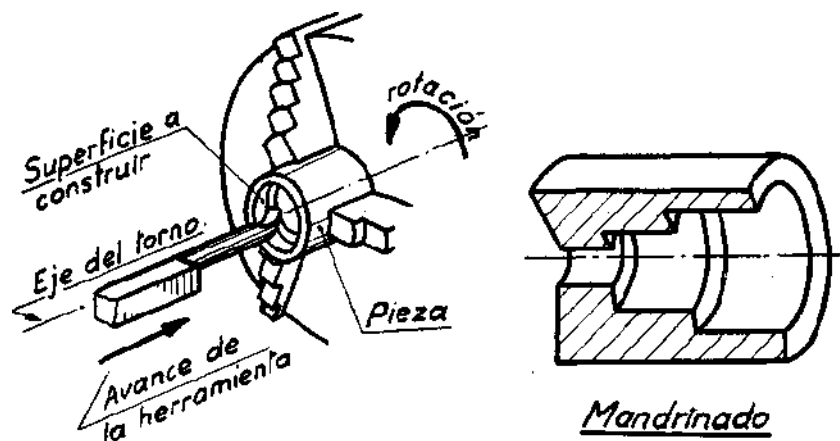
**Figura 6.** Refrentado

- b. **Taladrado:** El taladrado se puede ejecutar en un torno, haciendo avanzar la broca dentro del trabajo rotatorio a lo largo de su eje.



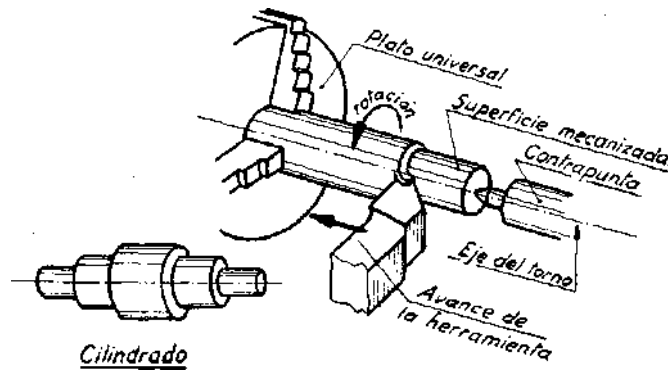
**Figura 7.** Taladrado

c. **Mandrinado:** es la construcción de superficies cilíndricas interiores



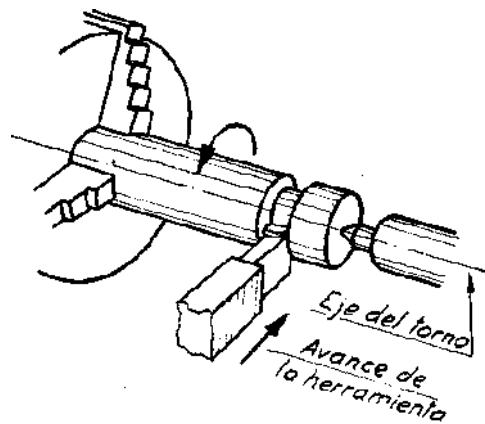
**Figura 8.** Mandrinado

d. **Cilindrado:** es la construcción de superficies cilíndricas por medio de una herramienta



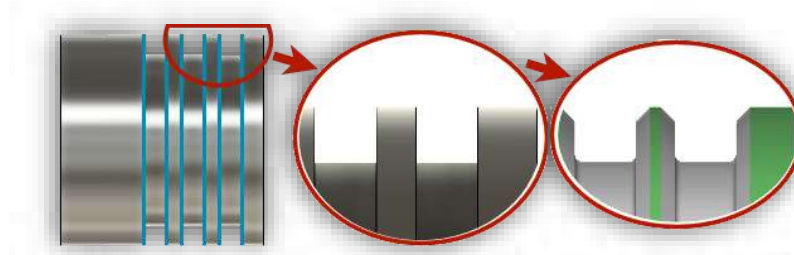
**Figura 9.** Cilindrado

- e. **Ranurado:** es la construcción de gargantas o ranuras en una superficie exterior o interior




**Figura 10.** Ranurado

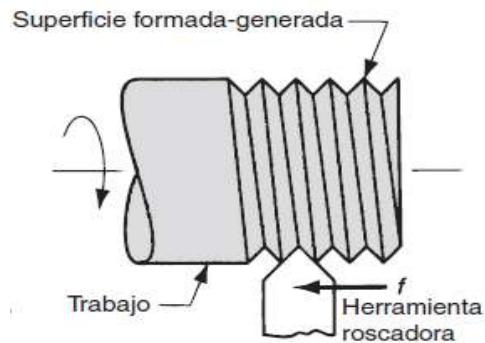
- f. **Chaflán:** El borde cortante de la herramienta se usa para cortar un ángulo en la esquina del cilindro y forma lo que se llama un “chaflán”.



**Figura 11.** Chaflán

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

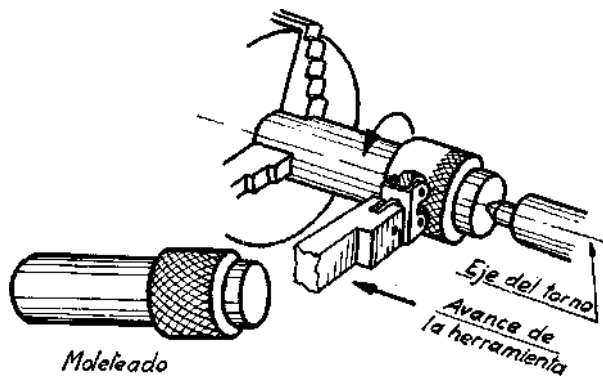
- g. Roscado:** Una herramienta puntiaguda avanza linealmente a través de la superficie externa de la pieza de trabajo en rotación y en dirección paralela al eje de rotación, a una velocidad de avance suficiente para crear cuerdas roscadas en el cilindro.



**Figura 12.** Roscado

#### **h. Moleteado**

Ésta es una operación de maquinado porque no involucra corte de material. Es una operación de formado de metal que se usa para producir un rayado regular o un patrón en la superficie de trabajo



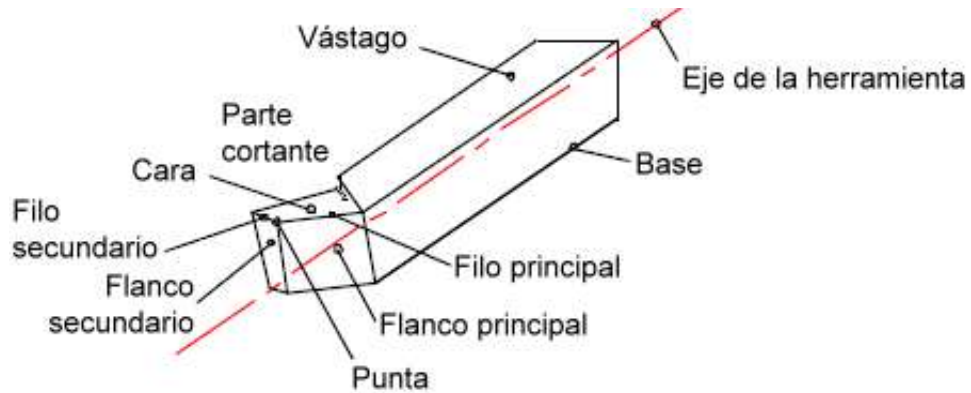
**Figura 13.** Moleteado

#### **2.4.Buriles**

El mecanizado de materiales con tornos se realiza con herramientas de corte que permiten obtener formas cilíndricas, tales como el buril. Los buriles son herramientas manuales, empleadas en las operaciones de torneado para mecanizar y cortar materiales metálicos con desprendimiento de viruta.

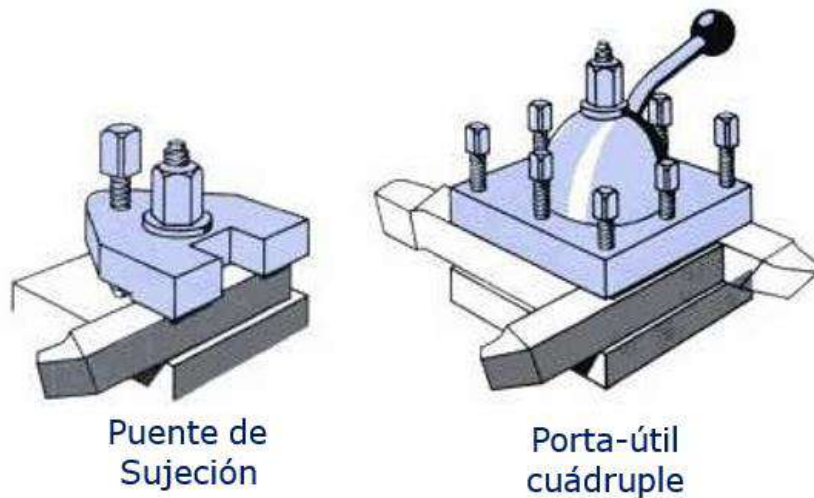
|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

Estas herramientas están formadas por un cuerpo o barra prismática con un cabezal o punta de forma variada, que se usa para cortar, marcar, ranurar o desbastar materiales con arranque de viruta.



**Figura 14.** Buril

El montaje del buril es fácil, a la parte del torno llamada “torreta” se le aflojan los tornillos necesarios para que quepa el buril, hecho lo anterior tal vez sea necesario poner debajo del buril algún elemento, para poder alinear el buril con el punto giratorio. La punta del buril con la que se va a desbastar tiene que estar alineada con el centro del punto giratorio.



**Figura 15.** Torreta o torre portaherramienta

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 2.5. Sujeción de la pieza: Mordazas, plato de garras o mandril

Se usan cuatro métodos comunes para sujetar las piezas de trabajo en el torneado, que a su vez consisten en varios mecanismos para sujetar la pieza, centrarla y mantenerla en posición sobre el eje del husillo y hacerla girar.



**Figura 16.** Sujeción de la pieza. A) De tres garras o autocentrantes. B) de cuatro garras o independientes

## 3. OBJETIVOS

- 3.1. Reconocer las características de los tornos y las operaciones de torneado.
- 3.2. Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.

## 4. RECURSOS REQUERIDOS

4.1. Laboratorio de producción

4.2. Equipos.

- Torno *Sherline*

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

#### 4.3. Materiales e insumos

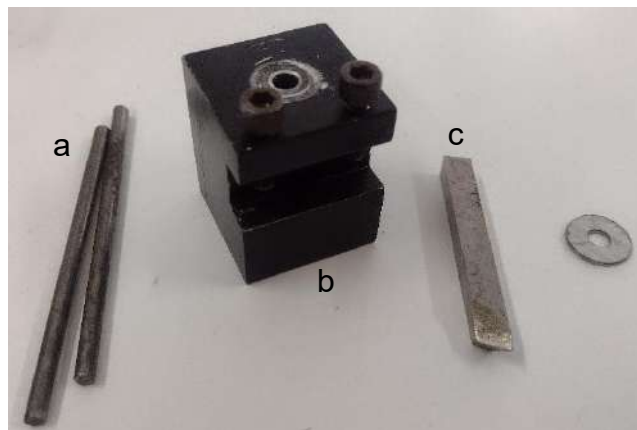
### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

**5.1.** Inicialmente se realizará un reconocimiento del torno (Figura 17), sus partes y herramientas que emplea (Figura 18):

- Torreta
- Buril (cuchilla de corte)
- Barritas de ajuste




**Figura 17.** Torno Sherline



**Figura 18.** Herramientas del torno. a) barritas de ajuste, b) Portaherramientas, c) cuchilla de corte o buril



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**5.2.** Luego se seleccionará la pieza (madera, polímero o metal ) para realizar cilindrado y refrentado.



**Figura 19.** Muestras para mecanizar (refrentado y cilindrado)

**5.3.** Inicialmente se lleva a cabo el montaje de la pieza de trabajo en las mordazas y el portaherramientas para el buril. Con las barras de ajuste se procede a ajustar las mordazas con la pieza a mecanizar.



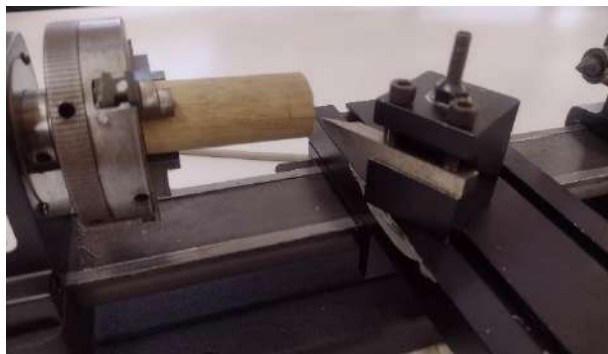
**Figura 20.** Montaje y ajuste de pieza en el cabezal

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |



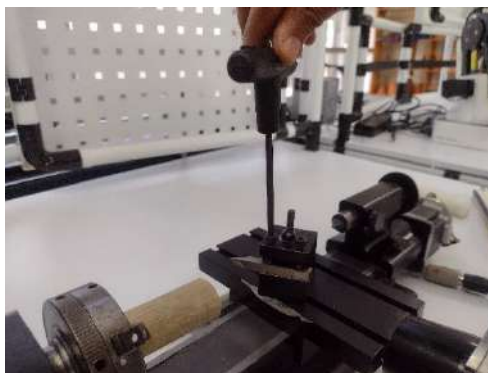
**Figura 21.** Montaje de pieza y torreta en el torno

**5.4.** Luego se lleva a cabo el montaje del buril en la torreta o portaherramienta, y se posicionan en el carro móvil en un ángulo de  $30^\circ$




**Figura 22.** Portaherramientas y buril en carro móvil a  $30^\circ$

**5.5.** Luego se ajusta el buril en la torreta con las tuercas de seguridad.



**Figura 23.** Ajuste de buril en la torreta

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

**5.6.** Finalmente se cuadran las velocidades del cabezal y se enciende el torno (ON).



**Figura 24.** Variador de velocidad y perilla de encendido - apagado del motor del cabezal

## **6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)**

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno. En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## **7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS**

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo


|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- 
- [1] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.
  - [2] Sherline mini lathes. <https://www.sherline.com/product-category/lathes/>, acceso febrero 2023.
  - [3] García Bercedo, R., Irastorza Hernando, I. y Larrieta Fernández, I. (2003). Tecnología y procesos mecánicos. Universidad del País Vasco.
  - [4] Hoffman, E. G. (2006). Manual del taller para estudiantes y operarios. Limusa.
  - [5] Kalpakjian, S. y Schmid, S. R. (2014). Manufactura, ingeniería y tecnología. 2. Procesos de manufactura. (7.a ed.). Pearson.  
<https://ebooks724.bibliotecaitm.elogim.com:443/?il=3646>

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b><i>Elaborado por:</i></b> | <i>Libia María Baena Pérez, Jose Adrián Tamayo</i> |
| <b><i>Revisado por:</i></b>  |  |
| <b><i>Versión:</i></b>       | <i>001</i>   |
| <b><i>Fecha:</i></b>         |  |
| <b><i>Aprobado por:</i></b>  |  |

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA


|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la guía:</b>                        | Procesos de unión permanente-Soldadura  |
| <b>Código de la guía (No.):</b>                  | 001   |
| <b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b> | Laboratorio de máquinas y herramientas.   |
| <b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>      | 4 horas   |
| <b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>               | Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura 2, Máquinas y herramientas.                                     |
| <b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>  | Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica. |

| COMPETENCIAS  | CONTENIDO TEMÁTICO  | INDICADOR DE LOGRO   |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de los diferentes equipos de soldadura y sus operaciones.</li> <li>Conocer los procesos de unión de materiales metálicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de equipos de soldadura MIG convencional.</li> <li>Proceso de corte con sierra circular.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja los equipos de soldadura convencional.</li> <li>Reconoce el proceso de uniones permanentes mediante operaciones de soldadura.</li> </ul> |

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1.Uniones permanentes-Soldadura.

Los procesos de soldadura que se describen en este capítulo implican la fusión parcial y la unión entre dos miembros. En este contexto, la soldadura por fusión se define como la fusión y coalescencia de materiales mediante calor. Se pueden usar metales de aporte (que son metales agregados a la zona de soldadura durante la operación). Las soldaduras por fusión realizadas sin agregar metales de aporte se denominan soldaduras autógenas. En esta guía se describen las clases principales de los procesos de soldadura por fusión. Se cubren los

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

principios básicos de cada proceso; el equipo utilizado; sus ventajas, limitaciones y capacidades relativas; y las consideraciones económicas que afectan la selección del proceso (tabla 30.1). Estos procesos incluyen los procesos de soldado mediante oxígeno y combustible gaseosos, de arco y de haces de alta energía (rayo láser y haz de electrones), que tienen aplicaciones importantes y únicas en la manufactura moderna. A continuación, se muestra un resumen de los principales procesos de unión (Ver Tabla1)[1].


**Tabla 1.** Principales procesos de unión

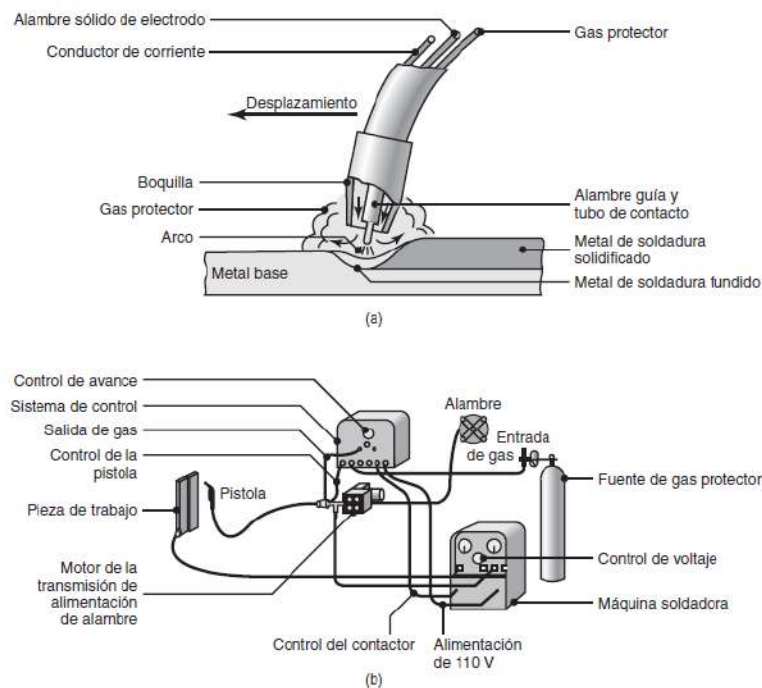
| Características generales de los procesos de soldadura por fusión |                             |                                       |                              |                     |                   |             |   |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|---|
| Proceso de unión  | Operación                   | Ventaja                               | Nivel de habilidad requerido | Posición de soldado | Tipo de corriente | Distorsión* | Costo característico del equipo (dólares) |
| Arco metálico protegido   | Manual                      | Portátil y flexible                   | Alto                         | Todas               | CA, CD            | 1 a 2       | Bajo (1500+)                              |
| Arco sumergido  | Automática                  | Deposición alta                       | Bajo a medio                 | Plana y horizontal  | CA, CD            | 1 a 2       | Medio (5000+)                             |
| Arco metálico y gas   | Semiautomática o automática | Trabaja con la mayoría de los metales | Bajo a alto                  | Todas               | CD                | 2 a 3       | Medio (3000+)                             |
| Arco de tungsteno y gas   | Manual o automática         | Trabaja con la mayoría de los metales | Bajo a alto                  | Todas               | CA, CD            | 2 a 3       | Medio (5000+)                             |
| Arco con núcleo de fundente                                       | Semiautomática o automática | Deposición alta                       | Bajo a alto                  | Todas               | CD                | 1 a 3       | Medio (2000+)                             |
| Oxígeno y combustible gaseosos                                    | Manual                      | Portátil y flexible                   | Alto                         | Todas               | —                 | 2 a 4       | Bajo (500+)                               |
| Haz de electrones, rayo láser                                     | Semiautomática o automática | Trabaja con la mayoría de los metales | Medio a alto                 | Todas               | —                 | 3 a 5       | Alto (100,000–1 millón)                   |

\*1 = la mayor; 5 = la menor.

## 2.2.Soldadura MIG.

En la soldadura por arco metálico y gas (GMAW, por sus siglas en inglés), desarrollada en la década de 1950 y antes denominada soldadura metálica en gas inerte (MIG, por sus siglas en inglés), se protege el área de soldadura con una eficaz atmósfera inerte de argón, helio, bióxido de carbono o varias mezclas de gases (figura 1a). El alambre desnudo consumible se alimenta al arco de soldadura en forma automática a través de una boquilla, mediante un motor de accionamiento de alimentación del alambre (figura 1b). Además de utilizar gases inertes como protección, es común que existan desoxidantes en el propio metal del electrodo para evitar la oxidación de la mezcla de metal fundido. Se pueden depositar varias capas de soldadura en la unión.

|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |




**Figura 1.** Proceso de soldadura GMAW-MIG A) Detalle del proceso de unión b) Equipo y sistema de soldadura.

### 3. RECURSOS REQUERIDOS

- Taller de máquinas y herramientas (Campus Robledo).
- Máquinas del taller: 2 máquinas soldadoras MIG-6.
- Herramientas y accesorios de máquinas.
- Herramientas de trabajo para cada máquina
- Elementos de seguridad para cada actividad (Gafas de protección, bata u overol de laboratorio, zapatos cerrados o botas de seguridad industrial, delantales, guantes industriales para soldadura, entre otros).
- Suministro o materia prima inicial para la manufactura de la pieza que consiste en 4 platinas de (70 mm x 25.4 x 4.8 mm) para realizar uniones por medio de dos procesos de soldadura i) MIG ii) SMAW.



|   |   |         |            |
|---|---|---------|------------|
|  | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|   |   | Versión | 02         |
|   |   | Fecha   | 08-10-2018 |

#### **4. OBJETIVOS**

##### **Objetivo General**

Desarrollar los procesos de soldadura a través de la unión de dos platinas criterios de eficiencia y calidad.


##### **Objetivos específicos**

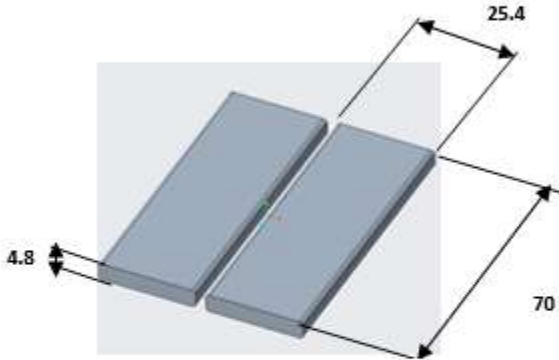
- 4.1.Reconocer las características de los diferentes equipos de soldadura y las diferentes operaciones de unión permanente.
- 4.2.Diseñar el cordón de soldadura más idóneo y eficiente para la obtención de la liga metalúrgica y unión de las piezas.
- 4.3.Seleccionar los elementos de validación y aseguramiento de la calidad tanto del proceso como del producto.
- 4.4. Identificar las principales operaciones de soldadura con material de aporte a través de las uniones de las piezas asignada.
- 4.5.Determinar los tiempos de operación y los costos asociados a las mismas, con el fin de determinar los costos de producción netos por operaciones del producto.

#### **5. PROCEDIMIENTO**

- 5.1. De acuerdo con los planos, dimensiones y carta de procesos sugeridos de la pieza (o platinas) que se muestra a continuación en la Figura 2, realice dos uniones por el método MIG-GMAW.

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

|                                |        |                          |              |           |   |
|--------------------------------|--------|--------------------------|--------------|-----------|---|
| <b>PROCESOS DE MANUFACTURA</b> |        | <b>CARTA DE PROCESOS</b> |              | Esc. Mat. |  |
| Diseño                         | Revisó | Dimensiones suministro   | Denominación | Hoja #    |   |




| PLANO TECNICO |   |             |         |           |           |           |          |       |      |        |         |                   |  |
|---------------|---|-------------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|-------|------|--------|---------|-------------------|--|
| M             | O | Descripción | Croquis | Hta (ISO) | Velocidad | Va mm/min | a mm/min | f rpm | s mm | No pas | tpo min | Costo \$ (piezas) |  |
|               |   |             |         |           |           |           |          |       |      |        |         |                   |  |
|               |   |             |         |           |           |           |          |       |      |        |         |                   |  |
|               |   |             |         |           |           |           |          |       |      |        |         |                   |  |
|               |   |             |         |           |           |           |          |       |      |        |         |                   |  |

**Figura 2.** Carta de procesos y operaciones de la pieza a manufacturar en la práctica de uniones (medidas en mm).

## 5.2. Pieza para entregar en la fecha asignada por el docente

- a) Defina las dimensiones iniciales del suministro o materia prima para realizar la pieza
- b) Describa la secuencia de operaciones más idónea y eficiente para realizar las uniones de las piezas.
- c) Para cada operación y de acuerdo con la figura 4:
  - c1. Describa la operación y elabore un croquis demostrativo de la misma.
  - c2. Describa la herramienta o equipo necesario y sus dimensiones.


|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

- c3. Describa el elemento de verificación para asegurar y validar la calidad (tolerancias dimensionales y geométricas) del producto obtenido (flexómetro, pie de rey, micrómetro, galgas para roscas, goniómetro, comparador de carátula, etc.)
- d) Describa y determine los parámetros de cada operación (como velocidad de avance, ángulo del electrodo, profundidad o penetración del cordón de soldadura etc.).
- e) Detalle el tiempo de cada operación (omita los tiempos de alistamiento).
- f) Determine el costo de cada operación.

## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe contener los siguientes numerales desarrollados, incluyendo la portada de presentación:

- 6.1.** Objetivos de la práctica.
- 6.2.** Marco teórico: describa el principio de funcionamiento de las soldaduras trabajadas.
- 6.3.** ¿Cuál es la principal diferencia que existe entre la soldadura MIG y MAG?
- 6.4.** Describa las variables y sus valores en función de las piezas a unir.
- 6.5.** Describa el electrodo utilizado para cada soldadura (MIG-SMAW) y el significado en detalles del código alfanumérico.
- 6.6.** Respecto a las piezas entregadas para unión, presente el registro gráfico de la unión (imágenes del cordón de soldadura), tipo de unión, y las variables utilizadas en el proceso (voltaje, tipo de corriente, amperaje, posición de soldeo, velocidad de alimentación, caudal de gas., tiempo de soldeo, etc.). También desarrolle todos los literales del procedimiento 5.1.
- 6.7.** Investigue sobre el equipo utilizado, marca/precios etc. especificaciones técnicas y el significado de los valores ajustados en las variables.
- 6.8.** Investigue sobre las diferentes normas y organismos para calificar el tipo de unión soldada.
- 6.9.** Conclusiones de la práctica.
- 6.10.** Referencias utilizadas (bibliografía, cibergrafía, artículos etc.)

|  |   |         |            |
|--|---|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO -<br/>EXPERIMENTAL</b><br>Talleres y Laboratorios de Docencia ITM | Código  | FGL 029    |
|  |   | Versión | 02         |
|  |   | Fecha   | 08-10-2018 |

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available:  
<http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.
- [3] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, and G. Sánchez García, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, 2002. Accessed: Dec. 11, 2017. [Online]. Available:  
[https://books.google.com.co/books?id=gilYI9\\_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20C3%93N.%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs\\_similarbooks](https://books.google.com.co/books?id=gilYI9_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20C3%93N.%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs_similarbooks)

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <b><i>Elaborado por:</i></b>         | <i>Adrián Benitez Lozano-Libia María Baena</i>   |
| <b><i>Revisado/aprobado por:</i></b> | <i>Comité curricular Tecnología en sistemas de producción, Ingeniería de producción.</i> |
| <b><i>Versión:</i></b>               | <i>001</i>   |
| <b><i>Fecha:</i></b>                 |  |