



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**FUNDAMENTOS Y PRÁCTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PÉNSUM DE LA CARRERA  
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PROCESOS DE MANUFACTURA DESARROLLADA EN EL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR (ITUGS)**

**Paulo Enrique Vargas Yanes**

Asesorado por el Ing. Alberto Eulalio Hernández García

Guatemala, febrero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FUNDAMENTOS Y PRÁCTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PÉNSUM DE LA CARRERA  
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PROCESOS DE MANUFACTURA DESARROLLADA EN EL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR (ITUGS)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**PAULO ENRIQUE VARGAS YANES**

ASESORADO POR EL ING. ALBERTO EULALIO HERNÁNDEZ GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**FUNDAMENTOS Y PRÁCTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PÉNSUM DE LA CARRERA  
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PROCESOS DE MANUFACTURA DESARROLLADA EN EL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR (ITUGS)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 5 de octubre de 2015.



**Paulo Enrique Vargas Yanes**

Guatemala, 05 de Octubre del 2017.

Señor:  
Ingeniero José Francisco Gómez Rivera  
Director Escuela Mecánica-Industrial.  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias, he tenido el agrado de asesorar el trabajo de graduación titulado **“FUNDAMENTOS Y PRÁCTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PÉNSUM DE LA CARRERA TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PROCESOS DE MANUFACTURA DESARROLLADA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR (ITUGS)”** del estudiante **Paulo Enrique Vargas Yanes** con registro académico 1956-97421-0101, carne 2005-11913, habiendo supervisado su realización y realizado las correcciones correspondientes, doy aprobada la presente para que continúe su proceso, solicitándole darle tramite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

Alberto E. Hernández García  
Ingeniero Industrial  
Colegiado 8658

Ing. Alberto Eulalio Hernández García  
Colegiado No. 8658



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **FUNDAMENTOS Y PRÁCTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PÉNSUM DE LA CARRERA TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PROCESOS DE MANUFACTURA DESARROLLADA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR (ITUGS)**, presentado por el estudiante universitario **Paulo Enrique Vargas Yanes**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

María Martha Wolford Estrada  
Ingeniera Industrial  
Colegiada 8628

Inga. María Martha Wolford de Hernández  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2017.

/mgp





REF.DIR.EMI.024.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **FUNDAMENTOS Y PRÁCTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PÉNSUM DE LA CARRERA TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PROCESOS DE MANUFACTURA DESARROLLADA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR (ITUGS)**, presentado por el estudiante universitario **Paulo Enrique Vargas Yanes**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2018.

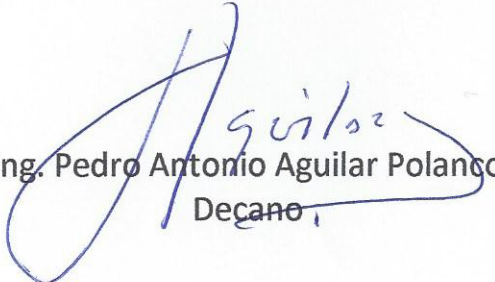
/mgp



DTG. 058.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **FUNDAMENTOS Y PRÁCTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PÉNSUM DE LA CARRERA TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PROCESOS DE MANUFACTURA DESARROLLADA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR (ITUGS)**, presentado por el estudiante universitario: **Paulo Enrique Vargas Yanes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, febrero de 2018

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la luz, las fuerzas y el camino para poder seguirlo.
<b>Mis padres</b>	Ana Delmi Yanes y Carlos Enrique Vargas Martínez por darme su apoyo e impulsarme a seguir mis estudios.
<b>Mis amigos</b>	Por ayudarme y ser compañeros de tareas y cursos durante el desarrollo de mi formación.
<b>Catedráticos</b>	Que me transmitieron sus conocimientos para realizar una labor de excelencia.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios donde forme carácter y forme mis conocimientos.

**Facultad de Ingeniería**

Por darme amigos, compañeros y maestros a los cuales debo conocimientos y ayuda durante mi formación.

**Mis amigos de la  
Facultad**

Que fueron compañeros, cómplices y mentores de cursos. Sé que son muchos, por ello no los nombró a todos. Pero a cada uno de ellos le agradezco su apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XVII
GLOSARIO .....	XIX
RESUMEN.....	XXVII
OBJETIVOS.....	XXIX
INTRODUCCIÓN .....	XXXI
1.    CAPÍTULO UNO .....	1
1.1.    Universidad de San Carlos de Guatemala.....	1
1.1.1.    Historia .....	1
1.1.2.    Ubicación .....	5
1.1.3.    Objetivos.....	5
1.1.4.    Misión .....	6
1.1.5.    Visión.....	7
1.1.6.    Organigrama.....	7
1.2.    Facultad de Ingeniería .....	13
1.2.1.    Historia de la Facultad de Ingeniería .....	13
1.2.2.    Ubicación .....	16
1.2.3.    Objetivos.....	16
1.2.4.    Misión .....	17
1.2.5.    Visión.....	17
1.2.6.    Organigrama.....	18
1.3.    Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS)....	20
1.3.1.    Historia .....	20
1.3.2.    Ubicación .....	22

1.3.3.	Objetivos .....	22
1.3.4.	Misión .....	23
1.3.5.	Visión.....	23
1.3.6.	Organigrama .....	24
1.3.7.	Distribución del complejo.....	24
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	27
2.1.	Área de ciencias básicas.....	27
2.1.1.	Diagnóstico.....	28
2.1.2.	Principios de cursos .....	29
2.1.3.	Descripción de cursos .....	30
2.1.4.	Objetivos de los cursos .....	32
2.2.	Área complementaria y técnica .....	33
2.2.1.	Diagnóstico.....	34
2.2.2.	Área eléctrica .....	36
2.2.3.	Área de herramientas.....	37
2.2.4.	Área de máquinas-herramienta .....	37
2.2.5.	Área de soldadura .....	38
2.2.6.	Área de materiales .....	39
2.3.	Área ciencias de la administración .....	40
2.3.1.	Diagnóstico.....	42
2.3.2.	Área seguridad e higiene.....	42
2.3.3.	Área legal .....	42
2.3.4.	Área de gestión ambiental.....	43
2.3.5.	Área de administración empresarial .....	44
3.	PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PÉNSUM DE ESTUDIOS.....	47
3.1.	Aspecto legal.....	48



3.2.	Justificación .....	49
3.3.	Primer semestre .....	53
3.4.	Mecánica básica.....	53
3.4.1.	Mediciones.....	54
3.4.2.	Instrumentos .....	58
3.4.3.	Procesos metal-mecánicos.....	73
3.4.3.1.	Medir.....	80
3.4.3.2.	Trazar .....	81
3.4.3.3.	Cortar.....	81
3.4.3.4.	Tallar.....	81
3.4.3.5.	Roscar .....	82
	3.4.3.5.1. Machuelo.....	82
	3.4.3.5.2. Terraja .....	83
3.4.4.	Herramientas de corte .....	84
3.4.4.1.	Terminología.....	86
3.4.4.2.	Tipos y selección .....	95
3.4.4.3.	Velocidad, avances y refrigeración ....	116
3.4.4.4.	Taladro .....	121
3.4.4.5.	Conceptos básicos e identificación de equipo.....	122
	3.4.4.5.1. Tipos de taladros .....	123
	3.4.4.5.2. Taladros y avellanado	124
	3.4.4.5.3. Medición y verificación de taladros.....	126
	3.4.4.5.4. Escariadores.....	127
	3.4.4.5.5. Ángulos y selección de broca y escariadores .....	130

3.4.4.5.6.	Teoría del corte .....	135
3.4.4.5.7.	Movimientos al perforar con taladradora.....	137
3.4.4.5.8.	Herramientas para taladrar.....	137
3.4.4.5.9.	Herramientas especiales para taladrar.....	140
3.4.4.5.10.	Amoladora.....	143
3.4.4.5.11.	Conceptos básicos e identificación de equipo .....	144
3.4.4.5.12.	Movimientos principales.....	145
3.4.4.5.13.	Tipos de trabajo a realizar y accesorios a utilizar.....	148
3.4.4.5.14.	Tipos y selección de discos abrasivos.....	155
3.4.4.6.	Tipos de máquinas .....	159
3.4.4.6.1.	Cálculo de tiempo de mecanizado.....	160
3.4.4.6.2.	Potencia requerida.....	174
3.4.4.6.3.	Acabados superficiales .....	185
3.4.4.6.4.	Organización y control de herramientas .....	186
3.5.	Segundo semestre .....	186

3.5.1.	Máquinas herramientas básicas .....	187
3.5.1.1.	Repaso de procesos metal-mecánico	192
3.5.1.1.1.	Torno .....	192
3.5.1.2.	Roscas.....	198
3.5.1.2.1.	Sistema general de roscas.....	198
3.5.1.2.2.	Tipos de rosca por sistema de medición...	200
3.5.1.2.3.	Tipos de rosca por su forma .....	202
3.5.1.2.4.	Métodos para fabricar roscas.....	206
3.5.1.3.	Cepillo.....	213
3.5.1.3.1.	Conceptos básicos .....	214
3.5.1.3.2.	Cuchilla para cepilladora .....	218
3.5.1.3.3.	Sujeción de cuchillas y piezas .....	220
3.5.1.3.4.	Cálculo del tiempo útil principal en el cepillado .....	221
3.6.	Tercer semestre .....	222
3.6.1.	Área de diseño del trabajo.....	222
3.6.1.1.	Condiciones y medio ambiente de trabajo.....	224
3.6.1.2.	Técnicas de exploración .....	227
3.6.1.3.	Técnicas de registro y análisis.....	229
3.6.2.	Área de estadística .....	230
3.6.3.	Práctica del área estadística.....	230

3.7.	Cuarto semestre.....	231
3.7.1.	Área de medición del trabajo.....	231
3.7.1.1.	Consideraciones generales .....	232
3.7.1.2.	Muestreo y estimación.....	233
3.7.1.3.	Estudio de tiempos .....	236
3.7.2.	Práctica del área medición de trabajo .....	236
3.7.3.	Procesos de soldadura industrial I .....	237
3.7.4.	Práctica de soldadura industrial .....	238
3.8.	Quinto semestre .....	241
3.8.1.	Área de metrología y normas de calidad aplicada a la manufactura.....	241
3.8.1.1.	Calibradores funcionales .....	243
3.8.1.2.	Variaciones.....	244
3.8.1.3.	Normas de calidad .....	245
3.8.1.4.	Instrumentos.....	245
3.8.2.	Área de líneas de producción.....	247
3.8.2.1.	Control de calidad .....	248
3.8.2.2.	Planificación y control de producción .....	249
3.8.2.3.	Control de existencias .....	252
3.8.2.4.	Mantenimiento.....	255
3.8.3.	Práctica del área de líneas de producción.....	258
3.9.	Sexto semestre .....	259
3.9.1.	Área de control financiero.....	260
3.9.2.	Área de práctica de control financiero .....	261
3.9.3.	Sistemas de producción .....	263
3.9.3.1.	Industria del plástico.....	265
3.9.3.2.	Industria de la cerámica .....	266
3.9.3.3.	Industria de la azúcar .....	267
3.9.3.4.	Industria del vidrio .....	271



	3.9.3.5.	Industria textil.....	277
	3.9.3.6.	Industria de hule .....	280
	3.9.3.7.	Galvanizado, niquelado, cromado .....	281
	3.9.3.8.	Otros procesos .....	283
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	285
	4.1.	Proceso de actualización de pénsum de estudios.....	285
		4.1.1. Análisis de costo de enseñanza profesional.....	287
		4.1.2. Análisis de costo de máquinas y herramientas necesarias .....	288
		4.1.3. Análisis de costo de enseres necesarios para la enseñanza .....	289
		4.1.4. Presentación de propuestas a la Dirección General del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS) .....	289
		4.1.5. Oficialización.....	291
	4.2.	Sostenibilidad .....	292
		4.2.1. Revisiones del sistema de control interno .....	292
		4.2.2. Propuestas de acciones correctivas a cursos obsoletos .....	293
		4.2.3. Determinación de la necesidad del sector empresarial y estudiantil .....	294
	4.3.	Estandarización para el pénsum de estudios .....	294
		4.3.1. Observación de otros pénsum de estudio de otras universidades.....	294
		4.3.2. Comparación del pénsum desarrollado con otros pensum de estudios de otras universidades.....	295
		4.3.3. Verificación del pénsum de estudios anual con otros pénsum de estudios extranjeros .....	295

4.4.	Concordancia en la ejecución del pénsum de estudios.....	297
4.4.1.	Verificación de temas del pénsum impartido a los estudiantes .....	297
4.4.2.	Exámenes para verificación de contenidos .....	297
4.4.3.	Consideración para la exposición de contenidos ..	297
5.	RESULTADOS.....	299
5.1.	Análisis estadísticos de procesos .....	299
5.2.	Determinación de problemas en procesos .....	299
5.3.	Desarrollo de diagramas de análisis .....	300
5.3.1.	Diagrama Ishikawa .....	300
5.3.2.	Diagrama de Pareto .....	302
5.4.	Sistemas de seguridad e higiene industrial .....	304
5.4.1.	Se�nalizaci�n de tuberías .....	304
5.4.2.	Se�nalizaci�n de áreas de trabajo .....	305
5.4.3.	Especiación de distribución de materias primas y desechos .....	305
5.5.	Conocimiento de mantenimiento, desarrollo y manejo de máquinas y herramientas .....	306
5.6.	Implementación de herramientas precisas de medición.....	307
5.6.1.	Métodos de metrología.....	308
5.6.2.	Medición y estandarización de herramientas .....	308
5.7.	Desarrollo de sistemas de verificación de calidad.....	309
5.7.1.	Diagramas de control .....	310
5.7.2.	Control estadístico de procesos .....	311
5.8.	Sistemas financieros .....	312
	CONCLUSIONES.....	315
	RECOMENDACIONES .....	317

BIBLIOGRAFÍA.....	319
APÉNDICES .....	323





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	8
2.	Organigrama de la Facultad de Ingeniería .....	19
3.	Propuesta de p�nsu�m para la carrera Técnico en Procesos de Manufactura .....	51
4.	Calibrador no graduado.....	60
5.	Calibrador o pie de rey .....	61
6.	Calibrador Vernier .....	62
7.	Micrómetro externo .....	63
8.	Calibrador mecánico .....	64
9.	Calibrador de palmer kilométrico.....	65
10.	Calibrador de contacto .....	66
11.	Transportador con bisel y escala de Vernier .....	67
12.	Preparación para usar una barra de Seno .....	68
13.	Instrumento tipo aguja para medir rugosidad .....	70
14.	Bosquejo que muestra la operación de un instrumento de rugosidad..	70
15.	Martillo de bola .....	75
16.	Martillo de pena recta y transversal.....	75
17.	Martillo de pena cruzada .....	76
18.	Lima estándar .....	76
19.	Arco sierra .....	78
20.	Granete 60 grados .....	79
21.	Morsa de herrero.....	79
22.	Morsa de banco .....	80

23.	Machuelo .....	83
24.	Terrajas.....	84
25.	Clasificación de los procesos de remoción de material .....	85
26.	Sección transversal de proceso de maquinado .....	86
27.	Herramienta de una sola punta y una fresa helicoidal .....	87
28.	Velocidad de corte, avance y profundidad de corte de una operación de torneado .....	89
29.	a) Desgaste de cráter, b) desgastes del flanco o superficie de incidencia.....	91
30.	Desgaste de la herramienta en función del tiempo de corte .....	94
31.	Siete elementos de la configuración geométrica de una herramienta de una punta.....	105
32.	Dos métodos para romper la viruta en la herramienta de una punta ..	107
33.	Formas comunes de insertos.....	109
34.	Configuración geométrica estándar de un barreno espiral .....	110
35.	Elementos de la configuración geométrica de la herramienta .....	112
36.	Elementos de la configuración geométrica de un cortado de fresado.	113
37.	La broca, configuración geométrica de los dientes .....	114
38.	Características de las hojas de sierra .....	115
39.	Operaciones de maquinado relacionados con el taladro .....	125
40.	Broca para agujeros profundos.....	128
41.	Broca de centrar .....	128
42.	Taladro con broca hueca .....	129
43.	Cuchilla de recortar.....	129
44.	Taladro con cuchilla de cilindrar .....	130
45.	Influencia del avance sobre los ángulos de incidencia y de ataque....	131
46.	Ángulo de ataque para materiales duros .....	132
47.	Afilado del ángulo de la punta.....	133

48.	Designación de la broca espiral, ángulo de incidencia en las esquinas del filo, ángulo de la espiral de las esquinas.....	139
49.	Broca para agujeros profundos.....	140
50.	Broca de centrar.....	141
51.	Taladro con la broca hueca.....	141
52.	Cuchilla de recortar .....	142
53.	Taladro con cuchilla de cilindrar .....	142
54.	Barra porta herramientas guiada para ejecución de agujeros largos .	143
55.	La geometría de la superficie de esmerilado muestra las condiciones de corte .....	145
56.	Forma longitudinal y sección transversal de una viruta simple .....	147
57.	Esmeriladora de superficies planas con husillo horizontal mesa de trabajo oscilante .....	149
58.	Dos tipos de esmerilado cilíndrico a) exteriores y b) interiores .....	151
59.	Comparación de a) esmerilado convencional y b) esmerilado de alta remoción de material.....	152
60.	Configuración típica de un esmeril de discos.....	153
61.	Esmerilador de banda .....	154
62.	Ejemplos de diversas muelas de esmeril a) muela recta o plana; b) muela de vaso; c) muela de forma; d) muela de segmentos; e) muelas montadas para esmerilar perfiles.....	158
63.	Talla de una rueda con diente recto .....	162
64.	Fresado normal .....	163
65.	Refrentado de una pieza .....	165
66.	Cálculo para tiempos de fabricación en función RPM.....	171
67.	Cálculo para determinar revoluciones por minuto .....	172
68.	Cálculo de tiempos de fabricación en función de RPM (SI) .....	172
69.	Calculadora para determinar revoluciones por minuto RPM.....	173
70.	Fuerza que actúan sobre la viruta en el corte ortogonal .....	174

71.	Fuerzas que actúan sobre la herramienta y que pueden medirse .....	177
72.	Diagrama de fuerzas sobre las relaciones geométricas entre F, N.....	177
73.	El efecto del ángulo del plano de corte .....	180
74.	Factores de corrección para los caballos de fuerza unitarios en HP y la energía específica .....	184
75.	Distribución típica de la energía total de corte entre la herramienta, el trabajo y la viruta en función de la velocidad de corte.....	185
76.	Clasificación de los procesos de remoción de material .....	188
77.	Otras operaciones diferentes al torneado que se realizan en un torno.....	196
78.	Partes de una rosca.....	198
79.	Rosca de filete triangular .....	203
80.	Rosca de filete cuadrado .....	204
81.	Rosa de filete trapecial .....	204
82.	Rosca de filete dientes de sierra.....	205
83.	Rosca de filete redondo .....	206
84.	Herramientas utilizadas para la realización de roscas.....	207
85.	Machuelos y terrajas.....	208
86.	Torno con husillo.....	210
87.	Husillo .....	211
88.	Peines de rosca .....	211
89.	Peines de rosca exterior e interior .....	212
90.	Cambio de ruedas dentadas en el husillo .....	213
91.	Cuchillas para desbastar .....	218
92.	Cuchillas para afinar .....	219
93.	Sujeción en el tornillo de la maquina .....	220
94.	Sujeción de mesa de cepillar .....	221
95.	Diseño del trabajo .....	223
96.	Pénsum Universidad Tecnológica de México .....	296

97.	Diagrama base Ishikawa .....	301
98.	Diagrama base de Pareto .....	303
99.	Colores de identificación .....	304

## TABLAS

I.	Carrera técnico en procesos de manufactura .....	50
II.	Valores típicos de dureza a temperatura ambiente y resistencia a la ruptura transversal para varios materiales de herramienta .....	96
III.	Valores prácticos para ángulo de la esprial $\tau_2$ extracto de DIN 1414	134
IV.	Normas para el empleo de los tipos de herramienta N, H, W (extracto de DIN 1414) .....	134
V.	Velocidades de corte (v), avance (s) y refrigeraicón para brocas de acero SS .....	136
VI.	Velocidad de corte (v), avance (s) y refrigeración para brocas de acero SS .....	136
VII.	Normas para la elección de muelas (esmerilado a máquinas) (Extracto de DIN 69102).....	156
VIII.	Grano, dureza y estructura de las muelas.....	157
IX.	Cálculos para trabajos de torneado .....	160
X.	Capacidad de trabajo en las cuchillas normalizadas.....	161
XI.	Duración media del corte de las cuchillas .....	161
XII.	Cálculos para trabajos de fresado.....	161
XIII.	Designación .....	163
XIV.	Periodos de entrada de la fresa .....	164
XV.	Determinación de los valores de <<E>> .....	165
XVI.	Cálculos para trabajos de roscado .....	166
XVII.	Relaciones actuales en las máquinas modernas .....	167
XVIII.	Velocidades prácticas de cote en trabajos de acepillado .....	168

XIX.	Avances para trabajos en acepilladoras, limadoras y escopios.....	169
XX.	Trabajos de taladrado y escariado.....	170
XXI.	Velocidades de corte para escariador de cuatro dientes y para afinado.....	170
XXII.	Clave de conversión: operación de torneado contra corte ortogonal..	180
XXIII.	Valores de los caballos de fuerza unitarios y energía específica para materiales de trabajo seleccionados usando herramientas de corte afiladas y espesor de la viruta antes de corte $t_o = 0,25$ mm (0,010 in).....	183
XXIV.	Rosca métrica paso normal y fino.....	200
XXV.	Rosca Whithworth, paso normal y fino.....	201
XXVI.	Rosca Sellers o americana paso normal .....	202
XXVII.	Roscas métricas .....	208
XXVIII.	Roscas Whitworth .....	209
XXIX.	Etapas para realizar estudio de métodos.....	228
XXX.	Instrumentos de registro más utilizados.....	229
XXXI.	Cálculo del número de observaciones .....	235
XXXII.	Etapas del estudio de tiempos .....	236
XXXIII.	Evaluación de inventarios de los diferentes módulos del ITUGS.....	289
XXXIV.	Matriz para evaluación de cambios.....	293

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CA</b>	Corriente alterna
<b>CD</b>	Corriente directa
<b>\$</b>	Dólar (USA)
<b>hr</b>	Hora
<b>I+D</b>	Investigación y desarrollo
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Kw</b>	Kilowatts
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>()</b>	Paréntesis
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzal
<b>VA</b>	Variable aleatoria
<b>&amp;</b>	y es una alternativa gráfica de la que deriva la conjunción española





## **GLOSARIO**

<b>ASTM</b>	American Society of Testing Materials, que significa Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Esta asociación radicada en Estados Unidos se encarga de probar la resistencia de los materiales para la construcción de bienes.
<b>AISI</b>	Es el acrónimo en inglés de American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero).
<b>Asintóticamente</b>	Se le llama asíntota de la gráfica de una función, a una recta a la que se aproxima continuamente la gráfica de tal función; es decir, la distancia entre las dos tiende a ser cero.
<b>ASSHTO</b>	La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. A pesar de su nombre, la asociación representa no solo a las carreteras, también, al transporte por aire, ferrocarril, agua y transporte público.

<b>AutoCAD</b>	Software del tipo CAD ( <i>computer aided design</i> ) que en castellano significa diseño asistido por computadora; fue creado por una empresa norteamericana especializada en este rubro llamada Autodesk.
<b>Autoevaluación</b>	También se denomina autoestudio o evaluación interna. Es un proceso participativo interno que busca mejorar la calidad. Da lugar a un informe escrito sobre el funcionamiento, los procesos, los recursos de la institución o programa de educación superior.
<b>Avellanar</b>	Técnica de ensanchar, en forma de embudo, los agujeros para los tornillos. A fin de que la cabeza no sobresalga de la pieza taladrada.
<b>Capacitación</b>	Actividades didácticas orientadas a suplir las necesidades de la empresa y que se orientan hacia una ampliación de los conocimientos, habilidades y aptitudes de los colaboradores.
<b>CNC</b>	Control numérico computarizado. Sistema de automatización de máquinas. Herramientas que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento.

<b>Competitividad</b>	Capacidad para competir y generar la mayor satisfacción de los consumidores fijando un precio o la capacidad de ofrecer un menor precio fijo a una cierta calidad.
<b>CPM</b>	La traducción de las siglas en inglés significa: método del camino crítico; es uno de los sistemas que siguen los principios de redes; fue desarrollado en 1957 y es utilizado para planear y controlar proyectos.
<b>Detección</b>	Descubrimiento, mediante la recolección de señales o pruebas, de la existencia o la presencia de una precepción de algo que no está visible.
<b>Diagnóstico</b>	Análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. Esta determinación se realiza sobre la base de datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente, que permiten juzgar mejor qué es lo que está pasando.
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización). Con sede en Berlín, es el organismo nacional de normalización de Alemania. Elabora, en cooperación con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad.

<b>DTA</b>	El derecho de trámite aduanal (DTA) es un cobro que se realiza por la presentación del pedimento en la aduana; entonces debe ser afecto al IVA.
<b>Eficacia</b>	Es la capacidad de lograr un efecto o resultado buscado a través de una acción específica.
<b>Eficiencia</b>	La noción de eficiencia tiene su origen en el término latino eficiencia y refiere a la habilidad de contar con algo o alguien para obtener un resultado.
<b>Estrategia</b>	Planificación de algo que se propone un individuo o grupo. Serie de acciones muy meditadas, encaminadas hacia un fin determinado.
<b>FONAPAZ</b>	Fondo Nacional para la Paz, también conocido como FONAPAZ, fue una institución adscrita a la Presidencia de la República, creada en 1991 para desarrollar y ejecutar proyectos para erradicar la pobreza y la pobreza extrema en Guatemala.
<b>ICDF</b>	International Cooperation and Development Fund (Fondo Internacional de Cooperación y Desarrollo) es una organización independiente que consolida todos los programas de ayuda al exterior llevados a cabo por el Gobierno de la República de China.

<b>INDE</b>	Instituto Nacional de Electrificación (INDE) de Guatemala es la entidad responsable de impulsar el desarrollo energético en el país.
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization, Organización Internacional de Estandarización, sistema de normalización internacional para productos de áreas diversas.
<b>ITUGS</b>	Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur. Dependencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, encargada de desarrollar la formación teórica, práctica y la educación profesional en las áreas tecnológicas.
<b>Logística</b>	Conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución.
<b>MRP</b>	La técnica MRP ( <i>material requirement planning</i> ) es una solución relativamente nueva a un problema clásico en la producción: controlar y coordinar los materiales para que se encuentren disponibles cuando sea necesario, y al mismo tiempo sin tener la necesidad de tener un inventario excesivo.
<b>Oficialización</b>	Acto de dar validez oficial a algo que antes no lo tenía.

<b>PERT</b>	Técnica de revisión y evaluación de programas; es una técnica de redes desarrollado en la década de los 50, utilizada para programar y controlar programas a realizar. Cuando hay un grado extremo de incertidumbre y cuando el control sobre el tiempo es más importante sobre el control del costo.
<b>PHVA</b>	Planificar, hacer, verificar y actuar. Establecido en el círculo de Deming.
<b>PMP</b>	Referencia a varios artículos: protocolo de mapeo de puertos, proyecto de Internet de la Internet Engineering Task Force. <i>Project management plan</i> , componente de Gestión de proyectos. <i>Project management professional</i> , certificación en gestión de proyectos.
<b>Red curricular</b>	Es el plan de estudios que detalla cada uno de los conocimientos que el estudiante adquirirá a lo largo de su carrera.
<b>Reforma</b>	Modificación de un proceso, sistema o cosa que necesite ser cambiada con el fin de desarrollar una mejora.
<b>SAE</b>	AISI-SAE. AISI es el acrónimo en inglés de American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero); mientras que SAE es el acrónimo en

inglés de Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotores).

**TCP/IP**

Protocolo de control de transmisión/protocolo de Internet (en inglés *transmission control protocol/Internet protocol*); un sistema de protocolos que hacen posibles servicios Telnet, FTP, E-mail y otros entre ordenadores que no pertenecen a la misma red.

**TIG**

Soldadura TIG. La soldadura por gas inherente de tungsteno (TIG, por sus siglas en inglés), también conocida como soldadura por arco por gas de tungsteno (GTAW, por sus siglas en inglés); es un proceso de soldadura por arco que utiliza un electrodo de tungsteno no consumible para soldar.

**TIR**

Tasa interna de retorno. Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos).

**VAN**

Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (valor actual neto) y el otro es el TIR.





## RESUMEN

Se desarrolla la reseña histórica de la Universidad de San Carlos de Guatemala para que el estudiante tenga el conocimiento necesario de cómo se realizarán la formación y las actividades del Instituto Tecnológico Universitario Sur (ITUGS). Esta casa de estudios es el establecimiento que forma a los técnicos que se necesitan para las actividades industriales.

Actualmente, se desarrolla al estudiante con cursos y prácticas que no son acordes para el nivel académico que se desea en esta casa de estudios. Se desea que los profesionales egresados realicen y solventen necesidades que la sociedad desee, para lograr procesos productivos eficientes y eficaces.

En el desarrollo de las actividades profesionales de los egresados se exige realizar labores sin el conocimiento para lo cual es necesario establecer y desarrollar nuevas habilidades con las cuales pueda desarrollarse y establecer la mejora continua en el sector donde se desarrollen.

Al realizar las modificaciones en el pensum de estudios se busca que el estudiante desarrolle y establezca nuevas técnicas para su desarrollo profesional en el mundo laboral de una manera óptima, con el desarrollo de los conocimientos necesarios en el Instituto Tecnológico Universitario Sur (ITUGS) para enfrentar los desafíos y solventarlos de la mejor manera.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Establecer los fundamentos y las prácticas para los contenidos del pensum de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura en el Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS), desarrollando las habilidades que adquirirán los estudiantes en el transcurso de la carrera.

### **Específicos**

1. Establecer el desarrollo del pensum de estudios para los estudiantes.
2. Desarrollar los fundamentos y las prácticas para la carrera Técnico Universitario Procesos de Manufactura.
3. Especificar el tipo de conocimiento que se desarrollará en las prácticas.
4. Desarrollar el contenido de los cursos.
5. Formular las herramientas necesarias para los egresados del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur.
6. Designar el tiempo y el procedimiento para las prácticas de la carrera técnica.
7. Conceptuar los temas de los cursos y las prácticas impartidas.

8. Basar los temas curriculares de los cursos para ser desarrollado en las prácticas.

## INTRODUCCIÓN

En el capítulo uno se esboza la historia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, los objetivos y las metas por los cuales fue creada, los diferentes procesos que ha llevado durante su formación y su expansión en la formación de profesionales y técnicos en las diferentes áreas que necesita la sociedad. Se crea así el Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS) ubicado en el kilómetro 45 antigua carretera Palín-Escuintla, específicamente, ubicado en una porción de la finca Jurún Marinalá; forma de igual manera sus objetivos y metas. Amplía la capacitación y formación de los técnicos que proporciona a la sociedad.

En el capítulo dos se desarrolla el análisis del pensum de estudios de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS); toma en cuenta los diferentes cursos que se han implementado para que el estudiante pueda desarrollarse y pueda adquirir los conocimientos necesarios para desarrollarse como profesional.

En los capítulos tres, cuatro y cinco se busca que el egresado del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS) implemente la mejora continua al desarrollar programas y servicios que busquen este fin siempre; el concepto de aprendizaje continuo se debe desarrollar aun habiendo realizado la finalización de su carrera profesional; por tal razón deberá conocer métodos y herramientas con cuales solventar sus necesidades y las de los demás. Al tener el conocimiento de funciones, herramientas, procesos, materiales y otros componentes implementados en la empresa las utilizarán eficientemente. Para

lo cual se desean realizar diferentes modificaciones que se proponen y para tener técnicos más capacitados.

Será de vital importancia conocimientos como manejo de materiales, control de procesos, análisis de producción, diagramas causa-efecto, relación entre higiene y seguridad en las empresas para la realización de una producción eficaz y eficiente. Al fundamentar las prácticas se busca que el estudiante conozca e implemente sus actividades fuera de la casa de estudios sin ningún problema; comprenderá el funcionamiento y la utilización de máquinas y herramientas para que sean utilizadas sin ningún inconveniente.

Se establecerán los procesos administrativos y legales para que se realicen las actividades y el desarrollo de la mejora que se desea implementar y dar una mejor calidad de técnicos a la sociedad y desarrollar al estudiante en los campos que aún no tiene destrezas. Por ello se desea implementar los cambios propuestos.

# 1. CAPÍTULO UNO

En los siguientes apartados se desarrollará cada unidad académica vinculación, para lo cual se toman los datos correspondientes de cada una para entender su procedencia y el desarrollo de sus actividades como centros de estudios.

## 1.1. Universidad de San Carlos de Guatemala

“Es una institución autónoma que desarrolla, integra y proporciona profesionales de alto nivel académico para que satisfagan las necesidades de la sociedad. Implementa y gestiona unidades académicas para el desarrollo de los profesionales, estableciendo mejoras a cada una con el objetivo de tener egresados actualizados en las tecnologías y las necesidades”.<sup>1</sup>

### 1.1.1. Historia

“La Universidad de San Carlos de Guatemala celebra cada 4 de noviembre a San Carlos de Borromeo, patrono de los catequistas, seminaristas y de San Juan Pablo II.

Aunque las universidades fueron establecidas en la sociedad europea medieval, por lo tanto, la Universidad de San Carlos de Guatemala es una herencia española en el territorio guatemalteco; entre las sociedades prehispánicas también hubo un importante desarrollo científico y cultural”.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

Como en Europa, las clases se recibían en dos jornadas diarias: durante la mañana el catedrático leía una lección en latín, que los estudiantes debían memorizar y, por la tarde, se realizaban debates entre estudiantes, evidenciando la memorización del contenido. Gran parte del éxito de los debates consistía en la argumentación basada en los filósofos más estimados por las universidades, Platón y Aristóteles.

El territorio de la actual Guatemala fue conquistado entre 1524 y 1530. El verdadero éxito militar se obtuvo a partir de 1527, cuando se estableció como base de las operaciones de conquista la ciudad de Santiago de Guatemala, en el valle de Almolonga, el actual San Miguel Escobar, junto a Ciudad Vieja Sacatepéquez. Como cura de la ciudad se nombró al licenciado Francisco Marroquín. En 1534, la parroquia fue convertida en sede de diócesis y Marroquín se convirtió en el primero obispo.

En 1548 el obispo Marroquín solicitó a la Corona el establecimiento de una universidad, cuando la ciudad ya estaba en el valle de Panchoy". La solicitud no fue atendida por lo que, cuando falleció Marroquín, en 1563, dejó un patrimonio de dos mil pesos para la fundación de un Colegio Mayor donde se sirvieran las cátedras de gramática, aritmética, geometría, astronomía y música, así como teología y derecho eclesiástico.

En 1620, con el legado de Marroquín se logró el establecimiento del Colegio Mayor de Santo Tomás, dependiente de los dominicos. Durante el final de la Edad Media los dominicos eran los clérigos con mejor formación académica, dentro de sus exponentes estaba el mayor representante de la filosofía escolástica, Santo Tomás de Aquino. Sin embargo, en el siglo XVII otra orden religiosa contaba con importantes metodologías de enseñanza, eran la Compañía de Jesús. En la ciudad de Santiago de Guatemala la Compañía estableció dos colegios: el de San Lucas y el de San Francisco de Borja, con un plan universitario, mientras otros religiosos tenían sus propios colegios.

Por ello, las élites locales deseaban participar activamente en las decisiones de la Audiencia. Así en 1660, con los aportes económicos dejados por Sancho de Barahona, Isabel de Loaiza y Pedro Crespo Suárez, el obispo Payo Enríquez, quien introdujo la imprenta en Guatemala, solicitó nuevamente la creación de una universidad en la ciudad de Santiago de Guatemala. Esta nueva solicitud tuvo éxito y, en 1676, la Corona autorizó la fundación de la universidad guatemalteca.

Se abrieron siete cátedras: teología, escolástica, teología moral, cánones, leyes, medicina y dos idiomas indígenas. A éstas, Urquiola añadió las cátedras de instituta, que consistía en fundamentos legales, y artes, que incluía gramática, dialéctica, retórica, aritmética, geometría, astronomía y música.

En 1686 se ordenó que se hicieran oposiciones para catedráticos en España, en las Universidades de Salamanca, Valladolid y Alcalá de Henares. Ese mismo año, asumió el cargo de primer rector, el doctor José de Baños y Sotomayor, nombrado por el rey y uno de los principales promotores de la Universidad. Para entonces se habían graduado dos generaciones de bachilleres.

En 1840, la universidad fue restablecida según su organización original, en su edificio actual Museo Universitario. En 1847, durante el gobierno de Rafael



Carrera, se creó la república de Guatemala. Se había iniciado una recuperación económica basada en las exportaciones lo que permitió que se recobraran varias instituciones, sobre todo la universidad. A partir de 1851, cuando regresaron los jesuitas, la universidad estuvo bajo su cuidado.

En 1875, la Universidad de San Carlos de Guatemala fue transformada en la Universidad Nacional y sus viejos símbolos cayeron en desuso. Al año siguiente se abrió la universidad de occidente, como parte del mismo centro de estudios.

De acuerdo con las leyes liberales, el Estado controlaba la educación en todos los niveles. Se organizaron las facultades de Jurisprudencia, Ciencias Políticas y Sociales, Medicina y Farmacia, Ciencias Eclesiásticas, el Consejo Superior Universitario, integrado por el rector y los decanos.

En 1882, las facultades eran de Derecho y Notariado, Medicina y Farmacia, Ingeniería, Filosofía y Literatura. En cinco años se suprimió la enseñanza religiosa, meta de los liberales. En todas las universidades se estaban realizando cambios importantes en el siglo XX. En 1918, en la Universidad de Córdoba, Argentina, se produjo un movimiento de reforma que impactó para siempre en las universidades latinoamericanas. A imitación de las huelgas de sindicatos, los estudiantes iniciaron una huelga. Exigieron varios cambios:

- Libertad de cátedra: los docentes no tuvieran que esperar la autorización del gobierno central para la enseñanza ni la selección de libros, puesto que los funcionarios no necesariamente estaban actualizados con las ciencias.
- Autonomía: la universidad decidiera por sí misma, sin autorización del régimen de turno. Un gobierno entre docentes, graduados y estudiantes, con la idea de que únicamente los estudiantes y egresados conocían los verdaderos intereses de un centro de educación superior.
- Extensión: la universidad tuviera una inserción en la sociedad, que sus conocimientos no fueran pura especulación, sino que tuvieran aplicación para solucionar los problemas de su entorno.
- Concursos de oposición para los docentes: de manera que se impidiera el favoritismo por amigos o familiares de funcionarios, muchas veces sin capacidad. Fomento de la investigación, puesto que las universidades latinoamericanas estaban en desventaja con las europeas y estadounidenses, donde se realizaban los principales hallazgos científicos y tecnológicos.
- Solidaridad latinoamericana: que hubiera una constante comunicación entre universidades y que fuera productiva.
- Unidad obrero estudiantil: con la convicción que la universidad debía apoyar u reducir apoyo de los grupos menos privilegiados de la sociedad, puesto que tenían un interés común, una mejoría general para la población.

Sin embargo, en Guatemala, estos cambios se dieron para 1920, cuando un grupo de políticos logró destituir al presidente Estrada Cabrera quien, para mantenerse en el poder, atacó la capital desde su casa, en la actual zona 5, durante la Semana Trágica de abril de 1920. Tras estos incidentes, se convocó a elecciones y se estableció el primer gobierno electo del siglo XX.

Entre las primeras acciones estuvo la de suprimir el nombre de Estrada Cabrera de cualquier institución o lugar geográfico, por lo que se restauró la Universidad Nacional. Aunque el nuevo gobierno duró poco, más de un año, se permitió a la Universidad adherirse a las reformas de Córdoba.

De esa cuenta, en 1920 se inició la Extensión Universitaria, surgieron la Asociación del Derecho, Juventud Médica y la Asociación de Estudiantes Universitarios. En 1921 se restableció la Huelga de Dolores, para la cual, Hernán Martínez Sobral pintó al personaje de La Chabela, como una sátira de la muerte, mientras que José Luis Balcárcel, David Vela, Alfredo Valle Calvo y Miguel Ángel Asturias, con música de José Castañeda, compusieron La Chalana.

Después de los terremotos de 1917 y 1918 que prácticamente destruyeron el edificio de la universidad, el ingeniero alemán Roberto Hoegg construyó la Escuela de Ciencias Naturales y Farmacia, inaugurada en 1928. Entre 1926 y 1930 se construyeron el Paraninfo, la Escuela de Medicina y la Escuela de Odontología, a cargo de los ingenieros León Yela, Juan Domergue, Arturo Aguirre Guido Albani.

La Junta Revolucionaria de gobierno integrada por Francisco Javier Arana, Jacobo Arbenz Guzmán y Jorge Toriello, emitió el Decreto No. 12 por el que se estableció, en 1944 la Autonomía Universitaria. Este decreto fue emitido para evitar que cualquier gobernante pudiera controlar la Universidad Nacional de San Carlos de Guatemala como lo había hecho Jorge Ubico.

En los considerandos del decreto se destacó la importancia de la investigación de los problemas que afrontaba el país, así como la difusión de la cultura. Se estableció su autonomía respecto al gobierno, personalidad jurídica, capacidad de adquirir, administrar y enajenar bienes.

En ese momento integraban la universidad las Facultades de Ciencias Jurídicas y Sociales, Ciencias Médicas, Ciencias Económicas, Ciencias Naturales y Farmacia, Ingeniería, Odontología y Humanidades, aunque esta empezó a funcionar tiempo después.<sup>3</sup>

La primera Ley Orgánica de la Universidad fue promulgada por el Congreso de la República en 1945. Fue modificada en 1947. De acuerdo con esta Ley, su fin primordial es elevar el nivel espiritual de los habitantes promoviendo y difundiendo la cultura y el saber científico. Además, debe

---

<sup>3</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

promover la integración centroamericana. Se constituye por facultades y centros universitarios.

### **1.1.2. Ubicación**

La Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con varias ubicaciones en el país, en los departamentos: Guatemala, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, Chimaltenango, El Progreso, Escuintla, Huehuetenango, Izabal, Jalapa, Quetzaltenango, Quiché, Petén, San Marcos, Santa Rosa, Sololá, Suchitepéquez, Totonicapán, Zacapa.

Guatemala es la sede central y la encargada de realizar las gestiones administrativas y judiciales de las otras sedes. Su ubicación está en la Ciudad Universitaria de la zona 12. El Centro Universitario Metropolitano, CUM es otra de las sedes en el departamento Guatemala.

### **1.1.3. Objetivos**

Los objetivos de la Dirección General de Investigación son los siguientes:

- Desarrollar todo tipo de acción que tienda a integrar la investigación con la docencia y la extensión.
- Promover acciones que tiendan a difundir amplia, oportuna y adecuadamente los resultados de la investigación.

- Coordinar la investigación con los centros, institutos, departamentos o coordinaciones, como elementos del subsistema operativo, para que esencialmente:<sup>4</sup>
  - Prioricen los problemas a investigar.
  - Fortalezcan el proceso enseñanza-aprendizaje.
  - Estudien permanentemente los problemas nacionales, para ofrecer soluciones viables a los mismos.
  
- Preparar el presupuesto anual del sistema de investigación para elevarlo a consideración y aprobación del Consejo Superior Universitario.
  
- Convocar al Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación, por lo menos dos veces por mes, para realizar reuniones de trabajo.
  
- Ejecutar las directrices que determine el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación.
  
- Promover acciones destinadas a lograr el adecuado funcionamiento de los programas universitarios de investigación.
  
- Aprovechar el potencial universitario en investigación para vincularlo con instituciones u organismos nacionales e internacionales.

#### **1.1.4. Misión**

En su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del estado y la

---

<sup>4</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

educación estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones. Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales.

### **1.1.5. Visión**

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución de educación superior estatal, autónoma, con cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social, humanista y ambiental, con una gestión actualizada, dinámica, efectiva y con recursos óptimamente utilizados, para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica.

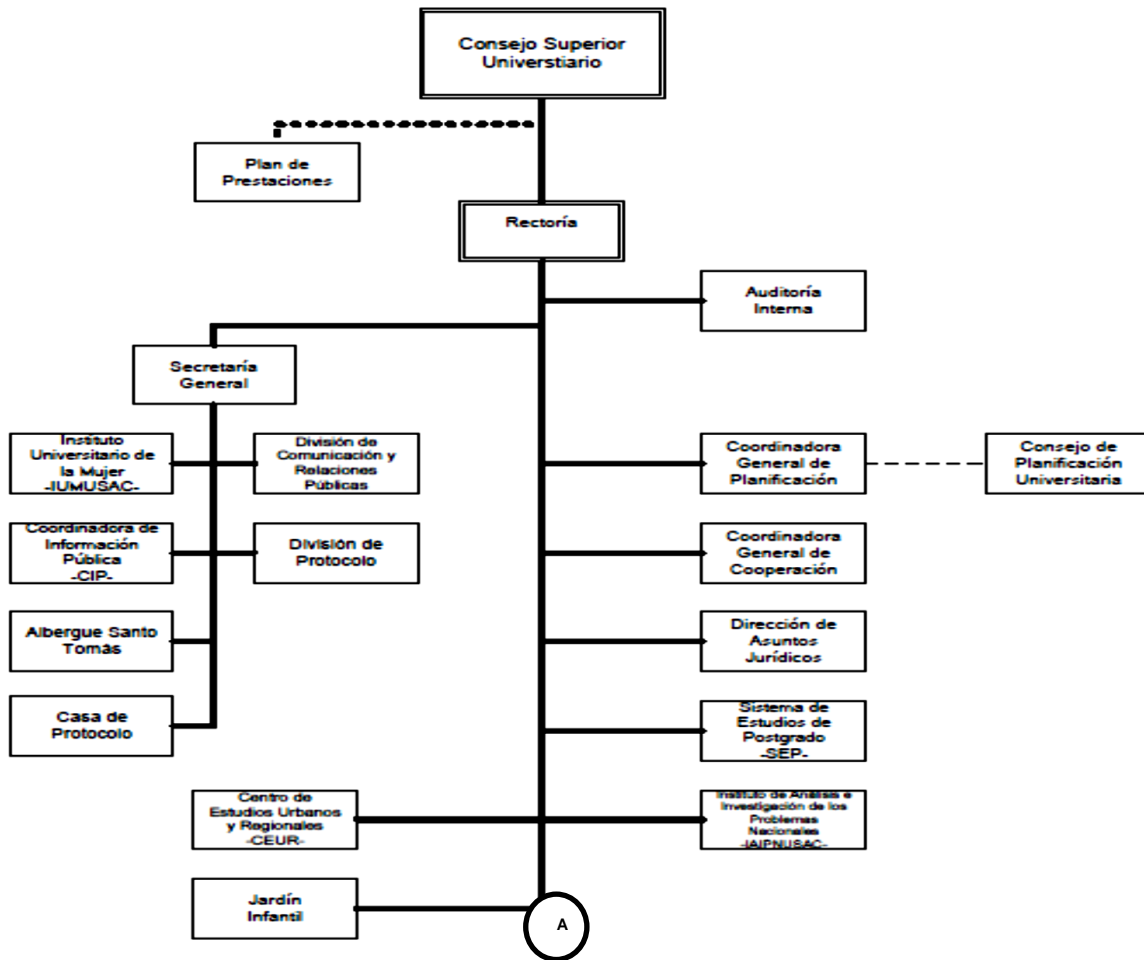
### **1.1.6. Organigrama**

La Estructura Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentra integrada por unidades de decisión superior, unidades de apoyo funcional y las unidades ejecutoras del desarrollo de las funciones de docencia, investigación y extensión de la Universidad. Siendo este organigrama el siguiente:<sup>5</sup>

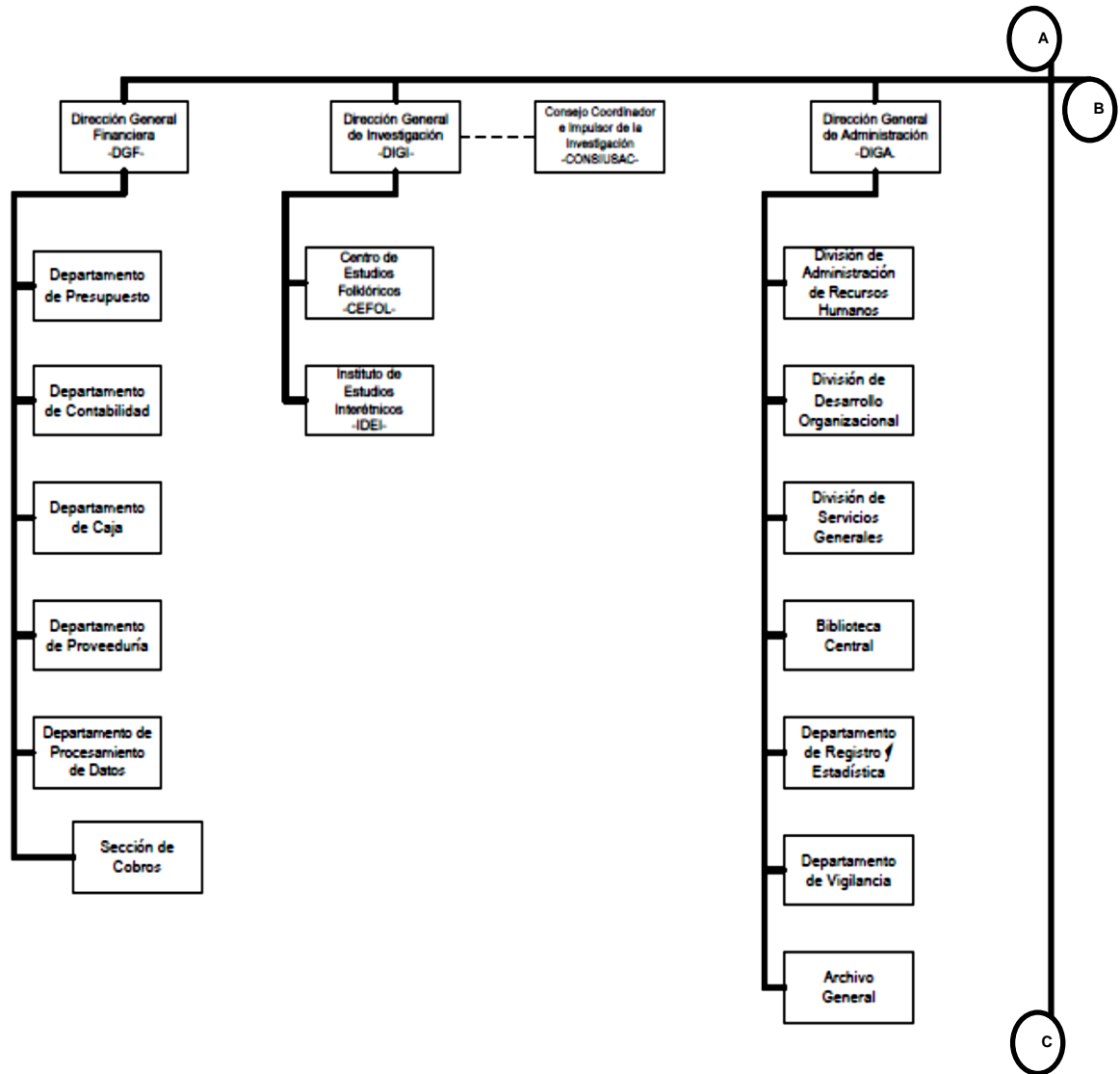
---

<sup>5</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

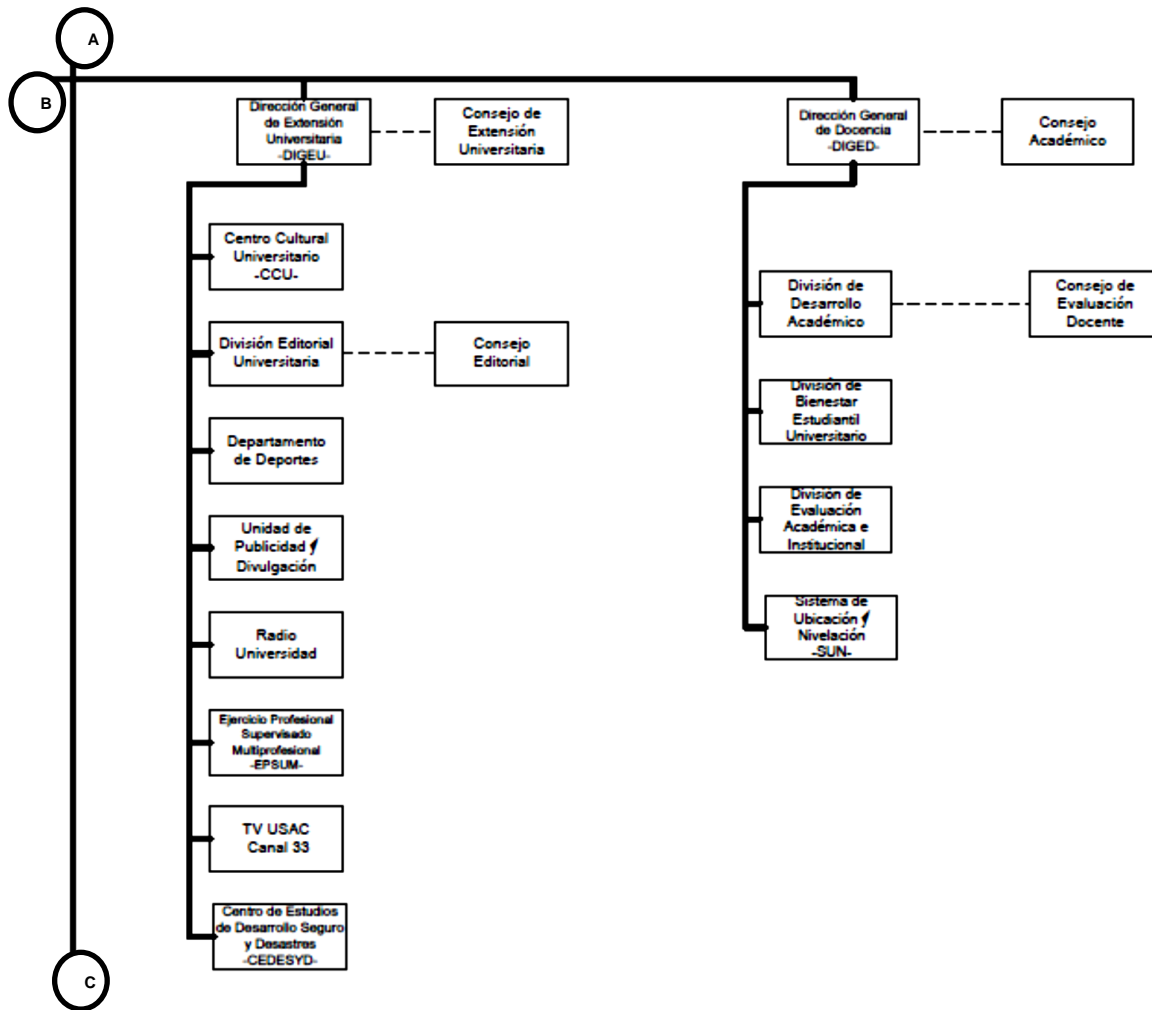
Figura 1. Organigrama de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Continuación de la figura 1.

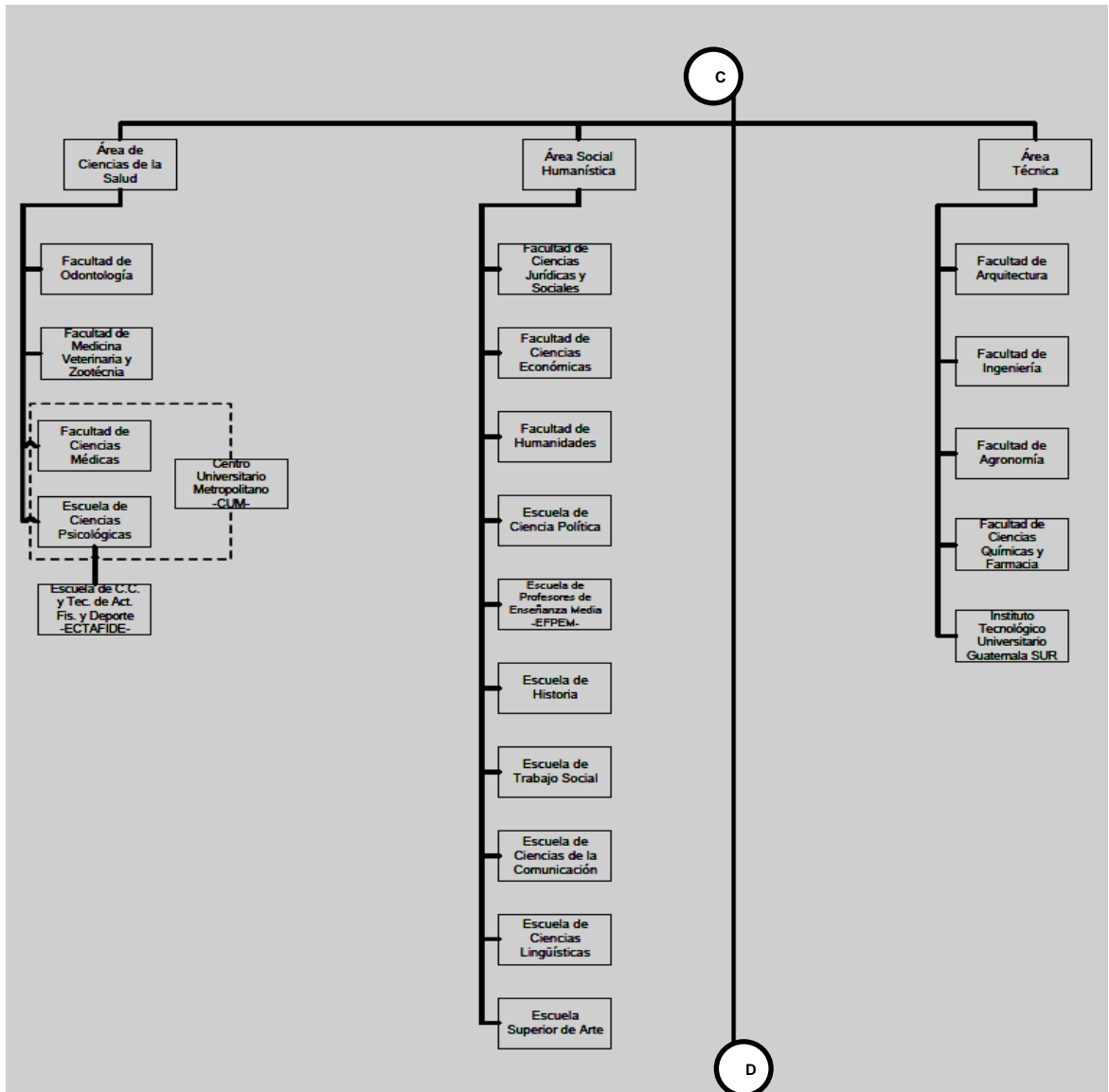


Continuación de la figura 1.

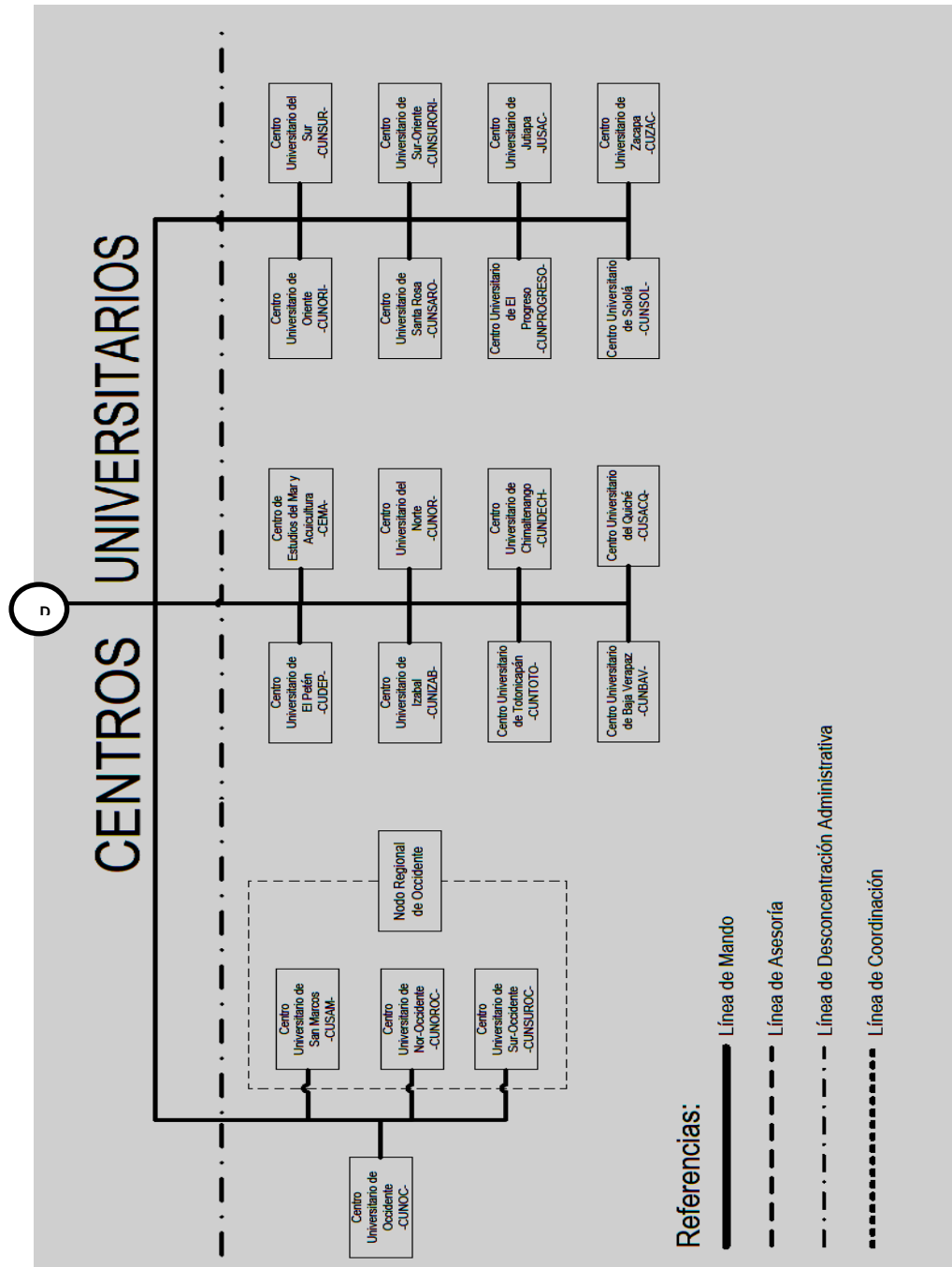




Continuación de la figura 1.



Continuación de la figura 1.



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

## **1.2. Facultad de Ingeniería**

La Facultad de Ingeniería se dedica a la formación de profesionales de prestigio, cuyos conocimientos contribuyen al progreso científico y tecnológico de Guatemala. En esta unidad académica se desempeñan seis escuelas facultativas de pregrado que disponen de doce carreras, una escuela de postgrado con carácter regional centroamericano; además, del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de manera que su proyección es amplia hacia diversas actividades económicas y sociales del país.

### **1.2.1. Historia de la Facultad de Ingeniería**

Desde 1676, en sus primeras épocas, la Universidad de San Carlos graduaba teólogos y abogados; posteriormente, médicos. En 1769 se crearon cursos de física y geometría, lo que marcó el inicio de la enseñanza de las ciencias exactas en Guatemala.

En 1834, cuando el jefe de Estado de Guatemala era Mariano Gálvez, se creó la Academia de Ciencias, sucesora de la Universidad de San Carlos y se implantó la enseñanza de álgebra, geometría, trigonometría y física, además, se otorgaron títulos de agrimensores.

En 1873 se fundó la Escuela Politécnica para formar ingenieros militares, topógrafos y de telégrafos, además de oficiales militares. Decretos gubernativos específicos de 1875 son el punto de partida para considerar la creación formal de las carreras de ingeniería en la recién fundada Escuela Politécnica; carreras que más tarde se incorporaron a la universidad.

En 1879 se estableció la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala, por decreto del Gobierno; pero en 1882, se tituló como facultad dentro de esa institución y se separó de la Escuela Politécnica. El ingeniero Cayetano Batres del Castillo fue el primer decano de la Facultad de Ingeniería; dos años más tarde fue el ingeniero José E. Irungaray. Durante su gestión se reformó el programa de estudios; como consecuencia, la duración de la carrera de ingeniería se redujo en dos años; de ocho, pasó a durar seis años.

Gracias al interés de profesores y alumnos, en 1935 se impulsaron otras reformas que elevaron el nivel académico y la categoría del currículo. El nuevo plan incluía conocimientos de física, termodinámica, química, mecánica y electricidad que, en resumen, constituían los conocimientos fundamentales para afrontar las necesidades de desarrollo de Guatemala en el momento cuando se daba el primer impulso a la construcción moderna y a la industria.

El año 1944 sobresale por el reconocimiento de la autonomía universitaria y la asignación de recursos financieros del presupuesto nacional, fijados por la Constitución de la República. A partir de entonces, la Facultad de Ingeniería se independizó de las instituciones gubernamentales y se integró al régimen autónomo estrictamente universitario.

En 1947, la facultad ofrecía solamente la carrera de ingeniería civil; en ese año los planes de estudios se cambiaron al régimen semestral en el que, en lugar de seis años, se establecieron doce semestres para la carrera. La Escuela Técnica de la Facultad de Ingeniería se fundó en 1951 con el fin de capacitar y ampliar los conocimientos de los operarios de la construcción.

En 1953 en la Facultad de Ingeniería se creó la carrera de ingeniero arquitecto, paso que condujo a la creación de la Facultad de Arquitectura. En 1959 se creó el Centro de Investigaciones de Ingeniería para fomentar y coordinar la investigación científica con participación de varias instituciones públicas y privadas.

En 1965 entró en funcionamiento el Centro de Cálculo Electrónico, dotado de computadoras y del equipo periférico para prestar servicio a catedráticos, investigadores y alumnos, quienes dispusieron de instrumentos para el estudio y la aplicación de los métodos modernos de procesamiento de la información. Esto constituyó un logro importante a escala nacional y regional.

En 1966 en la Facultad de Ingeniería estableció el primer programa regional (centroamericano) de estudios de posgrado, mediante la creación de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y la Maestría en Ingeniería Sanitaria. Estos estudios son reconocidos internacionalmente. Después, ese programa se amplió con la maestría en recursos hidráulicos.

La Escuela de Ingeniería Química, que desde 1939 funcionaba en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en 1967 se integró a la Facultad de Ingeniería, en ese año también se creó la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial que tuvo a su cargo las carreras de ingeniería industrial, ingeniería mecánica y la combinada de ingeniería mecánica industrial.

La Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica se creó en 1968; a su cargo quedaron las carreras de ingeniería eléctrica y la combinada de ingeniería mecánica eléctrica. En 1970 se creó la carrera de ingeniería en ciencias y sistemas con grado de licenciatura.

Al final de la década de 1960 se realizaron estudios para la reestructuración y modernización del plan de estudios de la facultad. En octubre y noviembre de 1970 la Junta Directiva de la facultad y el honorable Consejo Superior Universitario conocieron y aprobaron el nuevo plan. En 1971 se inició la ejecución del Plan de Reestructuración de la Facultad de Ingeniería, que impulsaba la formación integral de sus estudiantes para una participación cada vez más efectiva de la ingeniería en el desarrollo del país. El plan incluía la aplicación de un pensum flexible que permite la adaptación al avance tecnológico y a las necesidades de desarrollo productivo del país, así como a la vocación de los estudiantes.

En 1974 se fundó la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado para todas las carreras de la Facultad de Ingeniería. En 1975 se crearon los estudios de posgrado en ingeniería de recursos hidráulicos con tres opciones: calidad del agua, hidrología e hidráulica. Las licenciaturas en matemática aplicada y física aplicada se crearon en el periodo de 1976 a 1980, mediante la creación de la Escuela de Ciencias, que atiende la etapa básica común para las diferentes carreras de ingeniería.

En 1984 se creó el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) que inició sus actividades con un programa de estudios de hidrocarburos y varios cursos sobre exploración y explotación minera, geotecnia, pequeñas centrales hidroeléctricas e investigación geotérmica; contó con el apoyo del Ministerio de Energía y Minas.

Con el fin de mejorar su administración docente, en 1986, la carrera de ingeniería mecánica se separó de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. Debido al avance tecnológico en las ramas de ingeniería eléctrica, en 1989, se creó la carrera de ingeniería electrónica a cargo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En 1994 se creó la unidad académica de Servicio de Apoyo al Estudiante (SAE) y de Servicio de Apoyo al Profesor (SAP), conocida por sus siglas SAE-SAP, cuyo fin es prestar apoyo al estudiante por medio de la ejecución de programas de orientación y tutorías en el plano académico, administrativo y social y para facilitar la labor docente y de investigación de los profesores.<sup>6</sup>

En 1995 se expandió la cobertura académica de la Escuela de Postgrado, con los estudios de maestría en sistemas de construcción y en ingeniería vial; logro que permitió, en 1996, la creación de la maestría en sistemas de telecomunicaciones. Durante el período comprendido de 2001 a 2005 se iniciaron las maestrías de ciencias de ingeniería vial, gestión industrial, desarrollo municipal y mantenimiento industrial. En 2007 se creó la carrera de ingeniería ambiental, con grado de licenciatura.

En los años siguientes se establecieron convenios con universidades europeas como la de Cádiz, de Almería y la Tecnológica de Madrid; con la norteamericana Florida International University, para la realización de intercambios estudiantiles. En ese año concluyó el proceso que le otorgó la

---

<sup>6</sup> Facultad de Ingeniería, Usac. [www.ingenieria.usac.edu.gt](http://www.ingenieria.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

acreditación a la carrera de ingeniería química. Además, en ese período se inició el proceso en busca de la acreditación de la carrera de ingeniería civil.

### **1.2.2. Ubicación**

Se encuentra ubicado en la Universidad de San Carlos de Guatemala, precisamente en la ciudad universitaria zona 12 de Guatemala; realiza sus actividades en los edificios T3, T5, T4 y T1 donde forma a los profesionales para satisfacer las necesidades cambiantes de la población, al realizar sus actividades con ética y valores, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.<sup>7</sup>

### **1.2.3. Objetivos**

- Objetivo general

Formar el recurso humano dentro del área técnica científica que necesita el desarrollo de Guatemala, dentro del ambiente físico, natural, social, económico, antropológico y cultural del medio que lo rodea, para que pueda servir al país en forma eficiente y eficaz como profesional de la ingeniería.

- Objetivos específicos
  - Proporcionar, al estudiantado de la Facultad de Ingeniería, las oportunidades para obtener una formación técnica científica, para su aplicación al medio laboral y adaptación a la tecnología moderna.

---

<sup>7</sup> Facultad de Ingeniería, Usac. [www.ingenieria.usac.edu.gt](http://www.ingenieria.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

- Fomentar la investigación científica y el desarrollo de la tecnología y las ciencias entre los estudiantes y catedráticos de la Facultad de Ingeniería, con proyección y como resarcimiento para el pueblo de Guatemala.
- Fortalecer las relaciones con los sectores externos del país, que se vinculan con las diversas ramas de la ingeniería y contribuir a satisfacer sus necesidades, lo cual generará el beneficio mutuo.

#### **1.2.4. Misión**

“Formar profesionales en las distintas áreas de la ingeniería que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, conscientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sean capaces de generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible y los retos del contexto global”.<sup>8</sup>

#### **1.2.5. Visión**

“Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional, formamos profesionales en las distintas áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional”.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Facultad de Ingeniería, Usac. [www.ingenieria.usac.edu.gt](http://www.ingenieria.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

<sup>9</sup> *Ibíd.*

### 1.2.6. Organigrama

La Facultad de Ingeniería está organizada en:

- Escuelas facultativas
- Centros
- Departamentos
- Unidades académico-administrativas

También integran la Facultad de Ingeniería:

- Centro de Investigación de Ingeniería (CII).
- Centro de Cálculo e Investigación Educativa.
- Biblioteca.
- Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado.
- Unidad de Servicio de Apoyo al Estudiante y de Apoyo al Profesor – SAE-SAP.

Su estructura es la encargada de administrar las actividades de la facultad:

- Decano
- Vocal I
- Vocal II
- Vocal III
- Vocal IV
- Vocal V
- Secretario Académico<sup>10</sup>

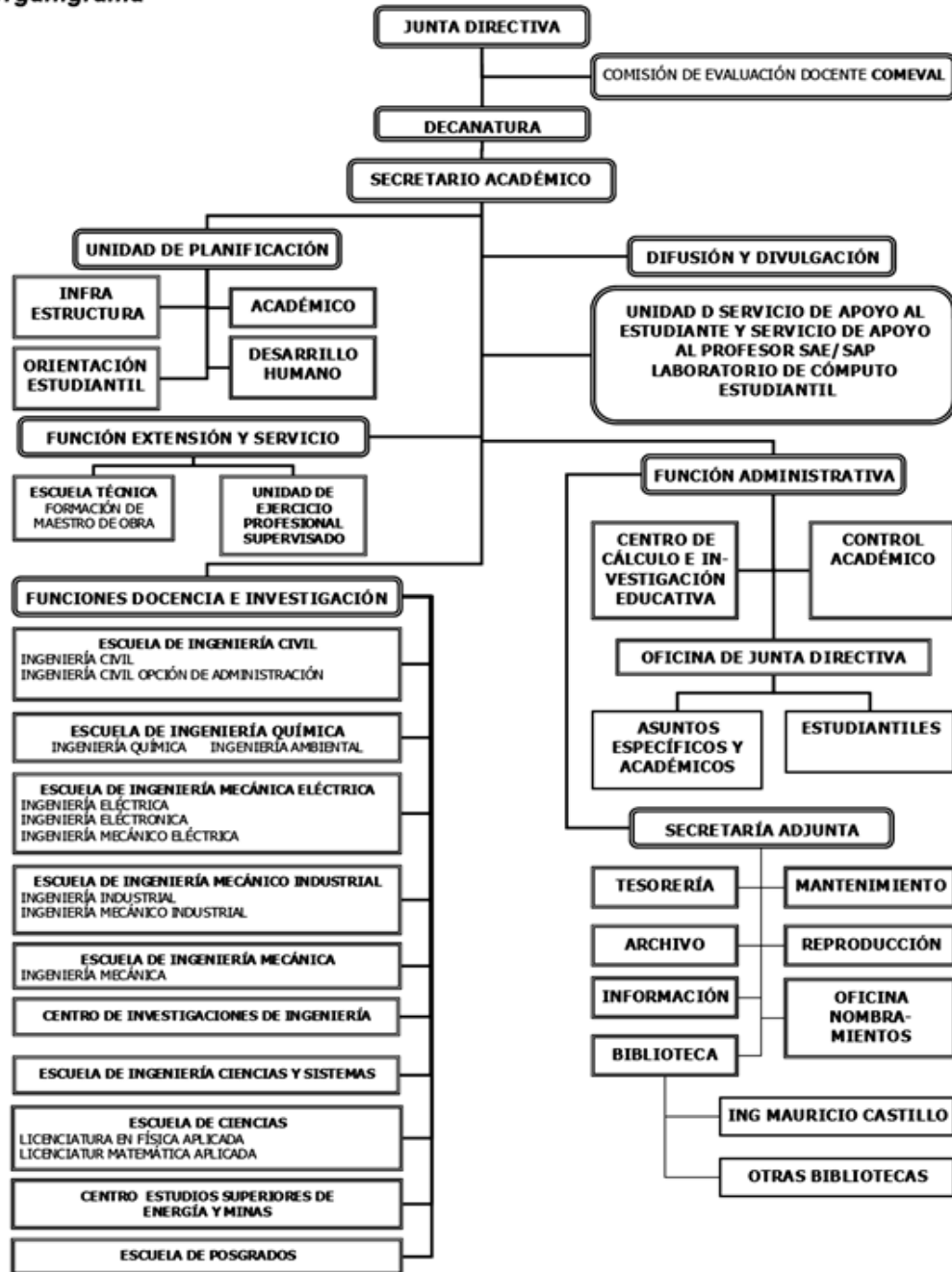
---

<sup>10</sup> Facultad de Ingeniería, Usac. [www.ingenieria.usac.edu.gt](http://www.ingenieria.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.



Figura 2. Organigrama de la Facultad de Ingeniería

Organigrama



Fuente: Facultad de Ingeniería, Usac. [www.ingenieria.usac.edu.gt](http://www.ingenieria.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

### **1.3. Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS)**

El instituto imparte los cursos de las carreras de Técnico en Procesos de Manufactura, Metal y Mecánica, Electrónica, Refrigeración y Aire Acondicionado, Producción Alimentaria y Mecánica Automotriz, en dos ciclos semestrales, el primero de enero a mayo y el segundo de julio a noviembre, con una sola inscripción al año. Los meses de junio y diciembre son períodos de vacaciones.

#### **1.3.1. Historia**

El Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur fue una iniciativa del Gobierno de la República de Guatemala en el período 2000 y 2004 que contó con el apoyo del Gobierno de Taiwán para la adquisición de la finca ubicada en el kilómetro 45 antigua ruta Palín - Escuintla. A través de un crédito blando se pudo iniciar la construcción de las edificaciones y la compra del equipo de laboratorio.

Es una dependencia académica descentralizada de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de conformidad con lo establecido en el artículo 22 del Estatuto de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con patrimonio propio, correspondiéndole desarrollar la formación teórico y práctica y la educación profesional en las áreas tecnológicas. Desarrollará sus actividades en el orden administrativo, docente y financiero observando las disposiciones universitarias correspondientes.

La actual administración de la Universidad de San Carlos de Guatemala promueve la desconcentración y descentralización de la educación superior, y como tal constituye una prioridad institucional proponer su estructura organizativa. No obstante, su naturaleza tecnológica, apoyará a las unidades académicas que la integran, Facultad de Ingeniería, Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y CEMMA, en su servicio de docencia, investigación y extensión. Las unidades académicas son las encargadas de otorgar los grados académicos de los estudios correspondientes.

La Universidad de San Carlos de Guatemala a través del El Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, propone una sólida formación científica y tecnológica adaptada a las realidades contemporáneas, en estrecha colaboración con los profesionales de las diferentes áreas.

Las carreras implementadas en el Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur son:

- Técnico Universitario en Procesos de Manufactura

- Técnico Universitario en Metal Mecánica
- Técnico Universitario en Electrónica
- Técnico Universitario en Refrigeración y Aire Acondicionado
- Técnico Universitario en Producción Alimentaria
- Técnico Universitario en Mecánica Automotriz

Está ubicado en una porción de la finca Jurún Marinalá, donada por el Instituto Nacional de Electrificación, INDE, por medio de Acuerdo Gubernativo 528-2003 de fecha 7 de octubre de 2003. Mediante Acuerdo Gubernativo 43- 2003, se creó el Marco Legal del Instituto Tecnológico Guatemala Sur ITUGS, y se nombró a FONAPAZ como agencia ejecutora de un préstamo proporcionado por el Gobierno de China- Taiwán, ICDF (International Cooperation and Development Fund, por sus siglas en inglés, Fondo Internacional de Cooperación y Desarrollo).

El Gobierno de Guatemala, a través del Fondo Nacional para la Paz, FONAPAZ, completó el estudio de factibilidad del proyecto, en el cual se identifica la problemática de la educación tecnológica en nuestro país, proponiendo y justificando la creación de un instituto con características tecnológicas que permitiera la superación integral de ciudadanos a través de capacitación tecnológica a nivel universitario.

Ante tales demandas, durante el período del Presidente de la República, Ing. Álvaro Colom Caballeros, se acordó el traslado del Instituto Tecnológico Guatemala Sur a la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el propósito de abrir una nueva vía de formación que permitiera a los estudiantes egresados del citado instituto, en un tiempo menor, integrarse a diversas actividades productivas, sin perder de vista en todo momento, la necesidad de una permanente reflexión para lograr la capacidad de adaptarse a un ambiente tecnológico en constante cambio, sea por su propia evolución o por la transformación del mismo.<sup>11</sup>

Por medio de Acuerdos de Rectoría números 0718 y 0936-2008 de fechas 24 de abril y 21 de mayo, respectivamente, por medio de los cuales el señor rector, nombró la comisión que tendría a su cargo sistematizar y ejecutar el traslado de la infraestructura, bienes y equipo del Instituto Tecnológico Guatemala Sur a la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como realizar el análisis, evaluación y diseño del currículo de estudios de las carreras que se impartirían en dicha unidad académica.

---

<sup>11</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala, ITUGS. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

### **1.3.2. Ubicación**

Está ubicado en una porción de la finca Jurún Marinalá, donada por el Instituto Nacional de Electrificación, INDE, en el kilómetro 45 antigua carretera Palín – Escuintla.

### **1.3.3. Objetivos**

Los objetivos del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur son:

- **Objetivo general**

Aportar a la sociedad guatemalteca técnicos universitarios con una sólida e integrada formación profesional y disciplinar, aportando al desarrollo del país desde el ámbito de la educación.

- **Objetivos específicos**

- Formar técnicos universitarios en las áreas de la Electrónica, Procesos de Manufactura, Metal Mecánica, Refrigeración y Aire Acondicionado, Producción Alimentaria y Mecánica Automotriz.
- Estar a la vanguardia de la educación superior a nivel nacional y regional en el área tecnológica.
- Investigar, estudiar y transmitir todos los aspectos concernientes a la ciencia y la tecnología.
- Fomentar y desarrollar la investigación tecnológica y de otras ciencias y disciplinas afines enfocados al ámbito nacional.
- Ampliar la cobertura institucional hacia nuevas áreas tecnológicas de impacto en la economía de la población guatemalteca.
- Establecer alianzas estratégicas y convenios de apoyo para fortalecer la tecnología.
- Ampliar y fortalecer el alcance de convenios institucionales con organismos internacionales e instituciones de formación profesional.
- Apoyar a las unidades académicas que integran el Consejo Directivo del ITUGS a realizar las prácticas o actividades necesarias para desarrollar su docencia.

- Normar todos los procedimientos del ITUGS.<sup>12</sup>

#### **1.3.4. Misión**

Es misión del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur formar técnicos de educación superior, de alto rendimiento y competitividad, íntegras, éticas, con una visión humanística cuyo trabajo permita incrementar los índices de productividad y eficiencia que provoquen un cambio socioeconómico positivo en Guatemala.

- Promover el acervo cultural de la comunidad guatemalteca, no obstante, su naturaleza tecnológica.
- Contribuir al desarrollo local y regional que respalden políticas públicas del Estado y de la Universidad de San Carlos como parte de la extensión universitaria.
- Mejorar la calidad de vida de la población principalmente en las áreas de reasentamiento, reinserción y áreas circunvecinas.
- Facilitar la reinserción económica de la población rural, mediante el desarrollo de actividades productivas y la generación de empleo e ingresos.
- Promover la investigación tecnológica y de otras ciencias y disciplinas afines enfocadas al estudio y solución de los problemas nacionales.
- Apoyar a las unidades académicas que la integran en su servicio de docencia, investigación y extensión. Las unidades académicas las encargadas de otorgar los grados académicos de los estudios correspondientes.
- Brindar asistencia técnica y tecnológica en todas las actividades económicas, para contribuir a la competitividad y al desarrollo del país.<sup>13</sup>

#### **1.3.5. Visión**

En el año 2020, el Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur será la institución educativa de mayor desarrollo y reconocimiento en la región centroamericana por los técnicos-profesionales que egresan en diferentes áreas del desarrollo industrial, agrícola y servicios, así como por su valor estratégico en el desarrollo social y económico de las diferentes comunidades, empresas y sector público, en el marco de una perspectiva del desarrollo humano y ambiental

---

<sup>12</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala, ITUGS. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

<sup>13</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

sostenible y del mandato de excelencia académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.<sup>14</sup>

### **1.3.6. Organigrama**

El Consejo Directivo es la máxima autoridad del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur y se integra por los decanos de las facultades de Agronomía, Ingeniería, Ciencias Químicas y Farmacia, Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, el Director General de Docencia y el director del instituto, este último con voz, pero sin voto.

El Consejo Directivo constituye la autoridad superior del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, del cual depende el director, quien ejerce autoridad sobre el consejo académico, planificación y el coordinador administrativo. El director es quien dirige al coordinador académico y al Departamento de Control Académico.

El demás personal administrativo, tesorero, auxiliar de tesorería, auxiliar de tesorería, encargado de bodega y oficinista, también dependen directamente del director. Por su parte el personal de servicios, mantenimiento, limpieza, seguridad y funcionamiento, dependen directamente del administrador.

Por su parte la coordinadora académica ejerce autoridad con respecto a sus profesores y auxiliares. Dentro del apoyo staff se contempla el apoyo secretarial que ejerce la secretaría de dirección.<sup>15</sup>

### **1.3.7. Distribución del complejo**

Las instalaciones de infraestructura civil del complejo cuentan con seis edificios, que debido a la topografía del lugar se han distribuido en plataformas particulares para cada uno. Los edificios que componen el complejo han tomado el nombre de su proyecto original, módulo 5, módulo 6, módulo 8, módulo 10 y módulo 12 y están repartidos de la siguiente manera:

El módulo 5, de dos niveles se compone de dos alas: en la planta baja se han ubicado algunos laboratorios de la carrera de electrónica como telecomunicaciones, protocolo de redes, TCP/IP, computación; además, cuatro salones de clase y bodega. En la planta alta se ubican tres salones de clase, sala de reuniones para catedráticos, oficinas de administración y dirección, coordinaciones, control académico, tesorería y servicios sanitarios para hombres y mujeres en los dos niveles. Las oficinas ocupan lo que originalmente son salones de clase. En cada salón de clase se pretende ubicar a cuarenta estudiantes con el fin de seguir los lineamientos respectivos de acreditación.

---

<sup>14</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

<sup>15</sup> *Ibíd.*

El módulo 7 fue construido para albergar los laboratorios de la carrera de electrónica, los cuales son: microcomputadoras, PCB, circuitos digitales, circuitos electrónicos, control de sensores, instalaciones eléctricas, maquinas eléctricas, guardalmacén y servicios sanitarios para hombres y mujeres.

El módulo 6, de dos niveles, fue construido para laboratorios varios ubicados en la planta alta tales como Autocad, física y dibujo técnico y laboratorios de la carrera de producción alimentaria los cuales son: microbiología, biología y química; además cuenta con servicios sanitarios para hombres y mujeres en los dos niveles y duchas de emergencia en el primer nivel.

El módulo 8 se compone de dos alas y se encuentra el equipo necesario para realizar los laboratorios de las carreras de procesos de manufactura y de metal mecánica. Además del equipo, cuenta con varios ambientes de bodegas, servicios sanitarios de hombres y mujeres y duchas de emergencia.

El módulo 10 cuenta con equipo para realizar los laboratorios de aire acondicionado y refrigeración. Este edificio también está compuesto por dos aulas; cuenta con dos oficinas, ambientes para almacenar herramienta, dos oficinas, ducha de emergencia y servicios sanitarios para hombres y mujeres.

En el módulo 12 está dividido por tres ambientes en donde se encuentran ubicados los talleres para realizar las prácticas de laboratorio de la carrera de mecánica automotriz y al igual que los demás edificios cuenta con oficina, bodega, ducha de emergencia y servicios sanitarios para hombres y mujeres.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.





## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

En el proceso de desarrollo del pensum de estudios los cursos se han regulado de la manera que se exponen en este capítulo, establecidos por su importancia en el conocimiento del estudiante ayudándolo a comprender de una manera ordenada y sencilla los cursos y poder asimilar el contenido desarrollado.

En el desarrollo de las actividades se exponen los temas de ciencias básicas como inicio de los conocimientos que el estudiante debe comprender para poder entender los temas que en el transcurso de la carrera se impartirán.

### **2.1. Área de ciencias básicas**

En el proceso aprendizaje de conocimientos y de habilidades que el estudiante obtendrá del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS) se toma importancia a esta área ya que consta de relevancia para la continuación de los contenidos de los cursos.

Al implementar los programas correspondientes de los cursos se busca que el estudiante genere y desarrolle sus habilidades de razonamiento y comprensión. Para enfrentar los desafíos que se le impondrán en el transcurso de la carrera.

Con el desarrollo de las actividades curriculares respectivas de los cursos el estudiante puede asimilar los contenidos de una manera ordenada y precisa

para comprender los siguientes temas que se desarrollaran y poder aplicar los temas anteriores.

### **2.1.1. Diagnóstico**

En el desarrollo de los cursos del área básica se cuenta con los siguientes cursos:

- Primer ciclo
  - Matemática básica I
  - Social humanística I
  - Química general I
  - Técnica complementaria
  - Idioma técnico I
  
- Segundo Ciclo
  - Social humanística II
  - Física básica
  - Matemática básica II
  - Técnica complementaria II
  - Idioma técnico II

En el primer ciclo se desarrollan los cursos, matemática básica uno, social humanística uno y química general uno; el curso de matemática uno implementa los conocimientos necesarios para entender y desarrollar ecuaciones y desigualdades, funciones crecientes y decrecientes, cuadráticas, máximos y mínimos, modelado, funciones uno a uno y sus inversas, funciones polinomiales y racionales, funciones exponenciales y logarítmicas, trigonometría, geometría analítica, analizar ángulos, elementos geométricos, establecer trigonometría y desarrollar funciones.

En el curso de social humanística uno se desarrollan los temas: sociedades, prehispánicas, española, procesos de conquista y colonización de Centroamérica y Guatemala, organización y desarrollo de la sociedad colonial guatemalteca, proceso de independencia de Centroamérica, federalismo y régimen conservador, reforma liberal de 1871 y siglo XX.

Para el curso de química general uno se desarrollan los temas: ciencia y medición, teoría atómica, el núcleo, teoría atómica electrón, clasificación periódica, conceptos fundamentales de enlace químico, nomenclatura, estequiometría de las reacciones, cálculo con ecuaciones, químicas balanceadas, gases.

En el segundo ciclo se imparten los cursos de social humanística dos, física básica y matemática básica dos; para el curso de social humanística dos los temas correspondientes son Revolución de Octubre de 1944 y contrarrevolución.

historia inédita, neoliberalismo y globalización, la pobreza en Guatemala, el problema agrario, la industria, desarrollo urbano en Guatemala.

Para el curso de matemática básica dos se imparten los temas: límites y derivadas, la tangente y los problemas de velocidad, límite de una función, cálculo de límites utilizando las leyes correspondientes, definición exacta de un límite, continuidad, límites al infinito, asíntotas horizontales, derivadas y razones de cambio, reglas de derivación, derivadas de polinomios y funciones exponenciales, las reglas del producto y del cociente, derivadas de las funciones trigonométricas, regla de la cadena, derivación implícita, aplicaciones de la derivada, la integral definida, el teorema fundamental del cálculo, teorema del cambio total, regla de la sustitución, volúmenes, cascarones cilíndricos, trabajo, valor promedio de una función.<sup>17</sup>

El curso de física básica es el encargado de desarrollar los siguientes temas: cantidades fundamentales y derivadas, patrones de longitud, masa y tiempo, análisis dimensional, sistemas de unidades de medida, conversión de unidades, estimaciones, cálculos de órdenes de magnitud y cifras significativas, definición, propiedad, suma, resta y forma gráfica de vectores, tiempo, posición, desplazamiento, velocidad instantánea, media, rapidez, aceleración media, instantánea, movimiento con velocidad constante o con aceleración constante, movimiento en dos dimensiones, concepto de fuerza, leyes de Newton, la fuerza gravitacional y el peso, fuerza de tensión, fricción estática y cinética. Aplicación a las leyes de Newton, movimiento circular y aplicaciones de las leyes de Newton, energía y transferencia de energía, energía potencia, colisiones.

### **2.1.2. Principios de cursos**

“En el desarrollo del curso de matemática se desea que el estudiante desarrolle sus habilidades analíticas y numéricas para la resolución de problemas abstractos; el principal interés es la relación de la aplicación de estos

---

<sup>17</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

conocimientos en otras ciencias como la estadística, física, química, entre otras, empleando teoremas, enunciados y leyes fundamentales para su resolución”.<sup>18</sup>

En el curso de social humanística se desarrolla la historia y el origen de la sociedad guatemalteca; se analizan sus orígenes, causas y problemas, para que el estudiante conozca y no realice los mismos errores del pasado. Se establece de igual manera el panorama científico acerca de la realidad social y económica guatemalteca.

El curso de química general está orientado para comprender y desarrollar los conocimientos relacionados en las otras ciencias y disciplinas que se estudian dentro de la formación académica: la composición y las propiedades de los materiales, la química del agua, suelos, metalurgia, las leyes de los gases y otros procesos.

Física básica es la encargada de proporcionarle al estudiante los conocimientos necesarios de cinemática y la dinámica de partículas, útiles para el análisis y la comprensión de la mecánica clásica en los objetos que se estudiarían posteriormente; proporciona las herramientas necesarias al estudiante para utilizar las debidas fuerzas, velocidades, fricciones y trabajos en equipos.

### **2.1.3. Descripción de cursos**

En curso de matemática básica uno forma y desarrolla conceptos y procedimientos del precálculo para ingeniería; su contenido comprende ecuaciones y desigualdades, funciones polinomiales, exponenciales, logarítmicas, trigonométricas y sus inversas respectivamente, geometría elemental y geometría analítica. El curso de matemática básica dos es encargada de desarrollar los

---

<sup>18</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

conceptos y procedimientos del cálculo diferencial e integral en una variable, límites, derivadas, aplicaciones de la derivada, integrales y sus aplicaciones.<sup>19</sup>

El curso de social humanística uno proporciona al estudiante un panorama científico acerca de la realidad social y económica guatemalteca. Se plantea un diálogo entre el presente y el pasado; los hechos históricos son los que han determinado y condicionado las características actuales del país. Con la correcta interpretación de la realidad social guatemalteca actual, así como su transformación para construir una sociedad más justa y solidaria, es imposible sin el correcto conocimiento del pasado; se desarrollan los contenidos derechos humanos, descubrimiento, conquista y colonización, sociedad colonial, independencia, federación, régimen conservador, reforma liberal.

Para el curso de social humanística dos se desarrollan los temas Revolución de Octubre y contrarrevolución, historia inmediata, neoliberalismo y globalización, la pobreza en Guatemala, el problema agrario, la industria y el desarrollo urbano. Esto es útil para el estudiante ya que se desarrolla una comprensión de la realidad guatemalteca sobre la problemática histórica, económica y social, los factores a los cuales está expuesta, sus orígenes y sus posibles soluciones a las cuales puede optar.

Para el curso de física básica se estudia la cinemática y dinámica de la partícula; se da inicio al estudio de una parte importante y fundamental de la física conocida como mecánica clásica, la encargada del movimiento de los cuerpos que son relativamente grandes comparados con los átomos y se tiene la restricción de que se mueven a velocidades mucho menores que la luz. Se desarrollan conceptos fundamentales de la cinemática: posición y aceleración, lo que permite introducirse al estudio de las leyes de la mecánica o Leyes de Newton; se continúa con el estudio del movimiento de una partícula usando conceptos de energía y cantidad de movimiento lineal, así como los teoremas fundamentales de impulso-momentum y trabajo-energía que son sumamente importantes y tiene aplicaciones en otras áreas de la física.<sup>20</sup>

El curso de química general está orientado para cubrir a satisfacción las necesidades de estudiantes orientados en comprender la composición y propiedades de los materiales, química del agua, suelos y metalurgia, las leyes de los gases y los procesos que ocurren alrededor.

---

<sup>19</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

<sup>20</sup> *Ibíd.*

## 2.1.4. Objetivos de los cursos

Los objetivos del curso de matemática uno:

- Comprender los conceptos y desarrollar los procedimientos algebraicos del precálculo para ingeniería.
- Utilizar y aplicar los conceptos y procedimientos del precálculo en la formulación y solución de problemas aplicados a las ciencias de ingeniería.
- Usar la geometría plana para resolver problemas de uso técnico.

Para el curso de matemática dos se desean los siguientes objetivos:

- Comprender numérica, geométrica y algebraicamente los conceptos de límite, derivada e integral, en una variable.
- Aplicar los conceptos de límite, derivada e integral en la solución de problemas aplicados a las ciencias de ingeniería.
- Usar problemas de optimización, para uso de los materiales.

Para el curso de física básica el objetivo general es que el estudiante adquiera una clara comprensión de la mecánica de la partícula, la descripción del movimiento y sus causas, así como los principales conceptos y teoremas que lo vinculan para la solución de problemas de su entorno natural y técnicos y proporcionar los fundamentos para el ulterior estudio de cuerpos rígidos y medios continuos. Los objetivos específicos de este curso son:

- Interpretar el significado físico de los conceptos y principios fundamentales relacionados con la cinemática y la dinámica de la partícula en el marco de la mecánica clásica.
- Describir y resolver problemas del movimiento traslacional de una partícula y de un sistema finito de partículas, utilizando las variables cinemáticas y dinámicas adecuadas, en una y dos dimensiones desde marcos de referencia inerciales.
- Describir y resolver problemas del movimiento traslacional de una partícula y de un sistema finito de partículas, utilizando conceptos de energía y de cantidad de movimiento lineal.

De los cursos de social humanística uno y social humanística dos sus objetivos generales son:

- Coadyuvar a la formación de un profesional con adecuada preparación técnica que conozca e interprete globalmente su realidad nacional y manifieste una actitud científica y responsable de su papel en la sociedad.

- El estudiante aprenda a utilizar el instrumento teórico y metodológico necesario para conocer científicamente la dinámica socioeconómica y cultural de Guatemala, así como el papel de la ciencia y la tecnología constituyéndose en un elemento favorable a la transformación efectiva de su sociedad.<sup>21</sup>

Para el curso de química general uno se aplica lo siguiente:

- Explicar desde el punto de vista de la teoría científica, las propiedades y leyes que rigen el comportamiento de la materia.
- Clasificar de forma sistemática las diversas sustancias inorgánicas que existen en la naturaleza, evaluando su participación como componentes esenciales para la elaboración de bienes materiales utilizados por el ser humano.
- Establecer relaciones entre los componentes que participan en los diversos procesos para determinar sus eficiencias.

## **2.2. Área complementaria y técnica**

Para el área complementaria y técnica se desarrolla de la siguiente manera en los ciclos respectivos.

- Primero
  - Técnicas de estudio e investigación
  - Técnica complementaria I
  - Idioma técnico I
  - Social humanística
  - Matemática básica I
- Segundo
  - Técnica complementaria II
  - Idioma técnico II

---

<sup>21</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

- Social humanística II
- Física básica
- Redacción de informes
- Matemática básica II
- Tercero
  - Tecnología de los materiales
  - Máquinas y equipo
  - Procesos de soldadura
  - Electricidad y electrónica básica
  - Dibujo técnico mecánico
  - Administración I
- Cuarto
  - Metalurgia y metalografía
  - Procesos de manufactura I
  - Máquinas-herramientas básicas
  - Seguridad e higiene industrial
  - Ética profesional
  - Legislación
- Quinto
  - Metrología y normas de calidad
  - Procesos de manufactura II
  - Gestión ambiental
  - Tratamientos térmicos y ensayo de materiales
  - Control numérico computarizado CNC
  - Máquinas herramienta especiales
- Sexto
  - Práctica profesional
  - Evolución de proyectos<sup>22</sup>

### **2.2.1. Diagnóstico**

En el proceso de aprendizaje, se desea que los estudiantes desarrollen conocimientos concretos para ser profesionales con un nivel alto de desempeño; por ello se implementa el área complementaria que el estudiante desarrolle otras habilidades necesarias mientras que el área técnica es utilizada

---

<sup>22</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.



para el conocimiento y manejo de las diferentes máquinas-herramientas, equipos y equipos utilizados en la industria.

Los cursos técnicos son de estudio e investigación, técnica complementaria, idioma técnico uno, técnica complementaria dos, idioma técnico dos, dibujo técnico mecánico para desarrollar e implementar habilidades adicionales en el estudiante para competir laboralmente.

El curso de técnicas de estudio e investigación desarrolla hábitos y habilidades para el estudio, técnicas de estudio, formas de preparar un estudio eficaz, método de estudio, lectura comprensiva, redacción de resúmenes, consulta de bibliografía, ortografía y redacción, narración, argumentación, investigación científica, ciencias e investigación, método científico, plan de la investigación, recolección de la información, tipos de datos y variables, tablas estadísticas, tipos de gráficos estadísticos, análisis exploratorio de datos, distribución de frecuencia, media, mediana, moda, medidas de posición no centrales, cuartiles, medidas de dispersión, medidas de asimetría, medida de curtosis, regresión y correlación lineal, manejo electrónico de datos. Útiles para el proceso de análisis de datos estadísticos y generación de conclusiones o soluciones a problemas que se presenten en la industria.

El curso de técnica complementaria desarrolla los temas: instrumentos de dibujo y su manejo, materiales y tamaños de los formatos, rotulado, figuras geométricas y sus trazos, escalas, acotación, proyecciones, interpretación de vistas, diseños en AutoCAD, creación de polígonos de terreno, isométrico en AutoCAD, rotulado, capas o Layer, modificación de objetos, elaboración de proyectos. Estos conocimientos son para el desarrollo de modelos o prototipos de máquinas o equipos necesarios en la industria.

Los cursos de idioma técnico son importantes para comprender lenguajes extranjeros en los cuales la mayoría de manuales y otras instrucciones son proporcionadas por proveedores para la operación de maquinarias y equipos industriales. Es útil de igual manera ya que desarrolla en el estudiante un lenguaje profesional en otro idioma, utilizado mundialmente. Este aprendizaje es útil para la comunicación entre profesionales de otros países y llegar a una solución real de los problemas.

El curso de dibujo técnico mecánico se desarrolla como una continuación de los cursos de técnica complementaria; se trabaja con AutoCAD, siendo los trabajos desarrollados en este programa los siguientes: tipos de líneas en elementos mecánicos, líneas de contorno, de eje, de referencia, de achurado, de corte, escalas y acotado, vistas auxiliares, elementos mecánicos de fijación, normas y simbologías, elementos fijos, tornillos, pernos, espárragos, pasadores, cuñas, engranes, elementos mecánicos en 3D.

### **2.2.2. Área eléctrica**

En esta área se desarrolla el curso de electricidad y electrónica básica ambos temas son: estructura molecular de los conductores, semiconductores y aislantes eléctricos, tipos y uso de conductores, tipos de semiconductores, tipos aislantes, definición de corriente, voltaje, resistencia en corriente alterna y corriente directa, voltímetro, amperímetro, óhmetro, resistencia, capacitancia, inductancia, circuitos lineales, en serie, paralelos y mixtos, algebra booleana, circuitos digitales, compuertas lógicas And y Or. Este es importante por su comprensión de las corrientes y voltajes siendo posibles modificaciones para reducir su costo y optimizar su utilización en las industrias.

### **2.2.3. Área de herramientas**

Esta área la integran los cursos de procesos de manufactura uno y dos, los cuales proporcionan al estudiante los temas: propiedades de los materiales, clasificación general de los materiales, ensayos destructivos y no destructivos de los materiales, corrosión, procesos generales de deformación de metales, trabajos en frío o en caliente, tratamiento termoquímico, metalurgia de la soldadura, uniones soldadas y soldadura a presión, soldadura por fusión, por arco, arco de carbón, selección y aplicación de los electrodos, calidad de la soldadura, industria del plástico, cerámica, azúcar, vidrio, textil, hule, galvanizado, niquelado, cromado y otros procesos. Estos temas son impartidos para entender las herramientas y cómo se comportan los materiales al experimentar diferentes cambios y el tiempo utilizado para realizar estos cambios.<sup>23</sup>

### **2.2.4. Área de máquinas-herramienta**

Se desarrollan los cursos: máquinas-herramientas básicas y especiales, máquinas y equipo, control numérico computarizado; el curso máquinas-herramientas básicas es el encargado de los temas siguientes instrumentos de medición, escala de acero y compases, escala del Vernier e instrumentos de medición, bloques patrón, sistemas e instrumentos métricos, acabados superficiales, procesos en máquinas herramientas, conceptos básicos e identificación de equipo, movimientos principales, tipos de trabajo y accesorios, ángulos y partes principales de la broca, tipos y selección de broca y escariadores, teoría de corte, tipos de taladros, esmeril, tipos y selección de discos abrasivos.

Para máquinas-herramientas especiales se imparten los temas: conceptos básicos, tipos y equipo auxiliar en torno, movimientos principales, operaciones principales, teoría de corte, materiales para herramientas de corte, tipos y selección de buriles, potencia requerida para el mecanizado, cálculo de tiempo de mecanizado, conceptos básicos e identificación de equipo de fresadora, movimientos principales, tipos y selección de fresadora, conceptos básicos e identificación de la rectificadora y el equipo, movimientos principales, tipos de trabajo, accesorios y tipos de muelas, teoría de corte.

---

<sup>23</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

En el curso de máquinas y equipo se imparten los temas: generalidades sobre el proceso metal mecánico, seguridad en el proceso metal mecánico, instrumentos de medición, escala de acero y compases, escala de Vernier, bloques patrón, herramientas de corte, terminología, tipos y selección, tipos de máquinas, cálculo de tiempo de mecanizado, potencia requerida, acabado superficiales, organización y control de herramientas.<sup>24</sup>

Para el curso de control numérico computarizado CNC se desarrollan los temas: generalidades del torno, proceso de fabricación de piezas mecánicas, ventajas y desventajas del uso de CNC, ejes de la máquina, referencias de la máquina, velocidad del cabezal, herramientas de corte, torreta, portaherramientas, tabla de herramientas, reglaje de herramientas, descripción de la pantalla y el teclado, desplazamiento de los ejes, teclas de operación, modos de trabajo.

Estos cursos son utilizados para comprender el funcionamiento de las máquinas-herramientas, los procesos que pueden realizar cada una y los tiempos con los cuales pueden contar para realizar una producción. También, son utilizados para desarrollar diferentes tipos de componentes para otras máquinas o para otros usos que se deseen en la industria.

### **2.2.5. Área de soldadura**

Para esta área se tiene el curso de procesos de soldadura el cual desarrolla los temas: prevención del uso de equipos, medidas de seguridad, conocimiento y practica de equipos como taladros, máquinas cortadoras, de soldadura, máquinas dobladoras, máquinas enrolladoras, taladro radial, clasificación de los procesos de soldadura, por fusión, por presión, por fusión y presión, soldadura oxiacetilénica ventajas y desventajas, soldadura de arco voltaico SAE, identificación, selección y utilización de tipos de electrodo, soldadura de puntos, soldadura por atmosfera inerte, soldadura Tig, soldadura para aceros inoxidable, inspección de soldadura, defectos de soldadura.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

<sup>25</sup> *Ibíd.*

Se implementa estos temas para que el estudiante conozca los procesos de soldadura y cómo influyen en los procesos industriales las malas prácticas; también, se imparten estos temas para comprender las formas correctas de realizar el proceso y no realizar aumentos en costos.

### **2.2.6. Área de materiales**

Los cursos encargados de proporcionar los conocimientos sobre materiales a los estudiantes son tecnología de los materiales, metalurgia y metalografía, metrología y normas de calidad, tratamientos térmicos y ensayo de materiales.

Para el curso de tecnología de los materiales se proporciona al estudiante los siguientes temas: propiedades y clasificación general de los materiales, ensayos destructivos y ensayos no destructivos, corrosión, procesos generales de deformación de metales, trabajos en frío o caliente, tratamiento termoquímico de los materiales.

Para el curso de metalurgia y metalografía se imparten los temas: definición de metalurgia, clasificación de metalurgia, metalurgia extractiva y de polvos, hierro, aluminio, cobre, fabricación de piezas metálicas por los métodos de vaciado, soluciones sólidas, sistemas eutécticos, peritéticos, solidificación fuera de equilibrio, fases intermedias, reacciones en los estados sólidos.<sup>26</sup>

Para el curso de metrología y normas de calidad se desarrollan los temas: metrología (sistemas de pesos y medidas, magnitudes), apreciación, sensibilidad, instrumentos de medición, normas aplicadas a ensayos de materiales ASTM y ASSHTO, introducción a la norma de calidad ISO 9001:2000, escala de acero y compases, escala de Vernier e instrumentos métricos.

Para el curso de tratamientos térmicos y ensayo de materiales el estudiante adquirirá los siguientes temas: aplicación del diagrama de equilibrio para el sistema hierro-carbono, aceros al carbono, clasificación AISI/SAE, aceros aleados, clasificación AISI/SAE, aceros para herramientas, clasificación

---

<sup>26</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

AISI/SAE, fundiciones, definiciones ciclo térmico, efectos y fenómenos indeseables relacionados, hornos y equipo auxiliar, clasificación de los tratamientos térmicos, temple, revenido y recocido, normalizado y globulización del acero, cementación y nitruración del acero, ensayos superficiales y subsuperficiales.

Esta área es la interesada de proporcionarle al estudiante los conocimientos necesarios de los materiales, su comportamiento, los cambios que pueden realizarse por diferentes métodos. También, es utilizada para que el estudiante analice el tipo de material que debe utilizar para realizar alguna tarea industrial en especial teniendo en cuenta los procesos que sufrirá el material al ser utilizado.

Al realizar los procesos necesarios para los materiales se desea que el estudiante proporcione la mano de obra calificada para realizar los diferentes mantenimientos dentro de la industria al conocer los materiales con los cuales puede trabajar.

### **2.3. Área ciencias de la administración**

“Se desea que el estudiante obtenga los conocimientos necesarios de gestión empresarial para desarrollar e implementar con eficiencia los materiales, los equipos y el personal que se desempeña en la industria donde labore. También es importante que pueda realizar auditorías cuando sea necesario y solventar los problemas que puedan surgir en el transcurso de la producción”.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

Se busca también que el egresado tenga los conocimientos necesarios para la industria al establecer programas de seguridad e higiene industrial, acordes a los procesos que se realicen. Es importante el desarrollo ambiental en el país como una herramienta para los procesos que se lleven a cabo sin afectar al medio ambiente.

Para el aprendizaje se desarrolla de la siguiente manera la programación de los cursos:

- Tercer ciclo
  - Administración I
  
- Cuarto ciclo
  - Seguridad e higiene industrial
  - Ética profesional
  - Legislación
  
- Quinto ciclo
  - Gestión ambiental
  
- Sexto ciclo
- Evaluación de proyectos

### **2.3.1. Diagnóstico**

“Al establecer los diferentes programas de los cursos se ha buscado que el estudiante obtenga los conocimientos y las herramientas necesarias para la industria. Los cursos en los cuales se ha enfocado esta labor con los siguientes: administración uno, seguridad e higiene industrial, ética profesional, legislación, gestión ambiental, evaluación de proyectos”.<sup>28</sup>

Cada curso se explicará y se desarrollará a continuación; se exponen sus temas principales y su importancia en el desarrollo del estudiante.

### **2.3.2. Área seguridad e higiene**

Para el desarrollo de esta área se tiene el curso de seguridad e higiene industrial el cual imparte los siguientes temas: significado de causa y efecto, normas, leyes, entes participantes, autoridades, marco legal y normativo, estadísticas, administración del departamento y los programas, detección de causa y efecto de los accidentes, organización y evaluación de los programas de seguridad, costos de los accidentes, primeros auxilios, higiene ambiental interior y externa, iluminación, ventilación, manejo de cargas, equipo de protección, indicadores de seguridad e higiene, auditoría del riesgo, ruido, energía eléctrica, radiación electromagnética y corpuscular, calor, fuego, enfermedades profesionales derivadas de la actividad industrial y agrícola, contaminación a los cuerpos de agua, vulnerabilidad ante los desastres naturales.

Se desea el fortalecimiento de medidas correctivas y soluciones aplicadas que dan inicio a planes de seguridad eficaces; también, que el alumno desarrolle en la cultura de prevención que aunada con las técnicas de solución a necesidades conforman el marco de planeación de la unidad de trabajo; generar también profesionales consientes y acordes que contribuyan con el desarrollo eficaz al saber manejar correctamente las variables concurrentes para beneficio de la sociedad, la empresa y el ambiente.<sup>29</sup>

### **2.3.3. Área legal**

En el desarrollo de conocimientos de esta área se tienen los siguientes cursos: legislación y ética profesional, los cuales ayudan al estudiante a conocer sus

---

<sup>28</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

<sup>29</sup> *Ibíd.*



derechos, obligaciones, principios y normas correctas de trabajo y de orden profesional; genera en el egresado el correcto uso de estos conocimientos y la adecuada práctica profesional sin menoscabar a otro ser humano y dan las justas y correctas recompensas laborales.

Para el curso de legislación se imparten los siguientes temas: el hombre y la sociedad, el estado y el derecho, jerarquía de las normas jurídicas y la Constitución, Constitución Política de la República de Guatemala, derechos humanos, el poder público, Código de Trabajo, el derecho del trabajo, suspensión y terminación de los contratos de trabajo, salario, jornadas de trabajo y prestaciones, sindicatos, pactos colectivos, huelgas y paros, código civil, los bienes, las personas y la familia, Registro de la Propiedad, Código de Comercio, comerciantes y sus auxiliares, cosas mercantiles, teoría general de los títulos de crédito. Ley de Contrataciones del Estado, órganos competentes, régimen de licitación o cotización, excepciones, garantías o seguros, leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.<sup>30</sup>

El curso de ética profesional proporciona los temas: la dignidad de la persona, la ética en la vida profesional, los valores y la ley moral relacionándolos con la ética, definiciones éticas fundamentales, las virtudes humanas, intelectuales, y morales, toma de decisiones, principios éticos para la toma de decisiones, responsabilidad ética en la toma de decisiones, evaluación ética de los actos humanos, ideologías que influyen en el análisis ético de los humanos, ética social, los derechos de los trabajadores, los empresarios indirectos, la iniciativa privada, asociaciones laborales, responsabilidad social empresarial, valores de la empresa, la actividad económica y la productividad, la ética en las empresas, los códigos de ética o códigos de conducta. manuales de auditorías de RSE, matrimonio, familia y empresa.

#### **2.3.4. Área de gestión ambiental**

Los temas que se desarrollan en este curso son: evaluación del impacto ambiental, medio ambiente, elementos de ambiente, gestión ambiental, impacto ambiental, evaluación, estudio, valoración e informe final del impacto ambiental, recursos naturales, deterioro ambiental, mineralización y erosión del suelo,

---

<sup>30</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

alteraciones del ciclo hidrológico, empobrecimiento de las comunidades naturales, desarrollo de plagas, desaparición de especies, alteraciones climáticas, contaminación ambiental, legislación ambiental, medidas de prevención, mitigación y control de impactos ambientales.

Se aborda el tema de gestión ambiental por ser de importancia al realizar procesos productivos no nocivos al ambiente, ya que al afectar los recursos naturales y estos afectan de manera indirecta las materias primas que son necesarias para la producción. También, se debe tener en cuenta los recursos de fauna, flora e hidrológicos, afectados al realizar prácticas nocivas en la producción, también, afectados los seres humanos.

### **2.3.5. Área de administración empresarial**

Para que el estudiante desarrolle y genere los procesos productivos necesarios para la industria es necesario que conozca y aplique la administración empresarial ya que de esto depende el buen funcionamiento del equipo de trabajo que tenga a cargo; también, de los recursos, establezca las fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas que pueda tener la industria y realizar las acciones necesarias. Se busca que realice planeaciones, proyectos y los gestione de manera óptima para generar la mayor ganancia al menor costo.

Con los cursos de administración I y evaluación de proyectos, encargados de proporcionar al estudiante las herramientas necesarias para administrar y realizar los cambios necesarios.

El curso de administración I imparte los temas: manejo de equipos de trabajo, importancia y modalidades de los equipos de trabajo, marco para la

eficacia de un equipo, procesos internos del equipo, administración en un entorno dinámico, gerentes y la administración, competencias gerenciales, evolución de la administración, planteamiento tradicional de la administración, planteamiento conductual, planteamiento sobre los sistemas, planteamiento sobre los sistemas, planteamiento sobre las contingencias, sobre la calidad, fuerzas del entorno, fuerzas competitivas, administración global, la economía global, estrategias para los negocios internacionales.

También, se desarrolla en este curso acuerdos de comercios mundiales, fuerzas culturales, emprendedores, ética y responsabilidad social de las empresas, planeación estratégica, formas de planeación, niveles de diversificación y planeación, niveles estratégicos y planeación, fases de planeación, modelos de estrategias competitivas, fundamentos de la toma de decisiones, funciones de la toma de decisiones, condiciones en la toma de decisiones, fundamentos del diseño organizacional, factores estratégicos y del entorno, motivación para el trabajo, dinámica de liderazgo, liderazgo y poder, comunicación de la tecnología, barreras a la comunicación eficaz, culturas organizacionales y diversidad cultural.

Para el curso de evaluación de proyectos se desarrollan los temas: la tasa de interés, valor de oportunidad, equivalencias financieras, ordenamiento de la información financiera, criterios de evaluación, ordenamiento de proyectos, la verdadera rentabilidad, análisis incremental, sensibilidad, aspectos socioeconómicos, evolución financiera y económica, precio de cuenta.



### **3. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PÉNSUM DE ESTUDIOS**

Al realizar el cambio del pensum de estudios de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura se desea que el estudiante proporcione a la industria mayores opciones y mejores procesos, al establecer con eficiencia y eficacia los materiales, el equipo para el desarrollo de las actividades. De igual manera ser partícipes de la innovación en la industria al resolver los problemas e implementar nuevos sistemas de producción.

- **Visión**

La formación de técnicos universitarios especialistas en procesos de manufactura, con conocimientos técnico – prácticos en el manejo adecuado de productos industriales o derivados, el análisis y evaluación de peligros y el control de puntos críticos dentro de los procesos, para garantizar la seguridad dentro de los procesados; esto le permitirá al técnico universitario la adecuada supervisión de los procesos para lograr una adecuada toma de decisiones y la búsqueda de procesos más productivos y empresas más competitivas, todo esto conforme a los valores morales y éticos en el desempeño de su trabajo.

- **Misión**

Formar líderes técnicos profesionales con una base sólida, tecnológica y práctica aplicada a la realidad nacional dentro de las industrias, para el adecuado manejo de los procesos, con la aplicación de buenas prácticas de manufactura y el análisis y control de peligros que puedan afectar al personal

dentro de los productos y aplicar principios y conocimientos actualizados y aplicados con base en normas internacionales con la finalidad de lograr mayor competitividad.

- Valores y actitudes
  - Vocación de servicio
  - Proactividad
  - Sociabilidad laboral
  - Profesionalismo

### **3.1. Aspecto legal**

Para el fomento de la educación superior, la Universidad de San Carlos de Guatemala se basa en los siguientes artículos:

“Artículo 82. Autonomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución autónoma con personalidad jurídica. En su carácter de única Universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del Estado y la educación profesional universitaria estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones”.<sup>31</sup>

Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales. Se rige por su Ley Orgánica y por los estatutos y reglamentos que ella emita, debiendo observarse en la conformación de los órganos de

---

<sup>31</sup> Universidad de San Carlos de Guatemala. [www.usac.edu.gt](http://www.usac.edu.gt). Consulta: 10 de octubre de 2015.

dirección, el principio de representación de sus catedráticos titulares, sus graduados y sus estudiantes.

La Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala establece lo siguiente:

“Decreto Número 325

Artículo 4º. Cuando lo estime conveniente, o sea requerida para ello, colaborará en el estudio de los problemas nacionales, sin perder por eso su carácter de centro autónomo de investigación.

Artículo 24º. El Consejo Superior Universitario, además de Cuerpo Consultivo del Rector tiene las siguientes atribuciones y deberes: a. Aprobar o rectificar los planes de estudio de las escuelas o institutos facultativos”<sup>32</sup>.

### **3.2. Justificación**

Para el desarrollo del estudiante egresado del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS) se debe contar con las herramientas necesarias para la industria, ya que es un sector cambiante e innovador en sus procesos; el egresado tiene que analizar los recursos, procesos y funciones que son realizadas y establecerlos de manera eficiente y eficaz.

Se establece que también puedan solventar y generar controles en las actividades que se desenvuelvan diariamente, ayudando a la sociedad y a sí mismos en los problemas que se susciten en el transcurso de sus vidas profesionales. Impulsando a la industria por el rumbo correcto con una ética profesional bien establecida.

---

<sup>32</sup> *Leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.* [Htttpps://es.scribd.com/document/240747222/Ley-Organica-de-La-Usac](https://es.scribd.com/document/240747222/Ley-Organica-de-La-Usac). Consulta: 11 de octubre de 2017.

- Cuadro comparativo de la mejora

Para la mejora del pensum de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura se muestra el pensum actual versus lo mejorados. Para realizar el análisis comparativo adecuado.

- Pénsum actual

El pénsum actual lo conforman VI ciclos, por medio de la propuesta se plantea el reacomodo de algunas clases con el fin de que el estudiante tenga una introducción temprana a su área de trabajo desde los primeros ciclos y no a partir de los últimos.

Tabla I. Carrera técnico en procesos de manufactura

I CICLO			III CICLO			V CICLO		
CÓDIGO	PRE	CRE	CÓDIGO	PRE	CRE	CÓDIGO		
01001 Técnicas de Estudio e Investigación	--	3	01192 Administración I	008	3	01013 Metrología y Normas de Calidad	80	5
01002 Técnica Complementaria 1	--	4	01193 Tecnología de los Materiales	005-011	5	01027 Procesos de Manufactura 2	020	3
01003 Social Humanística 1	--	2	01194 Máquinas y Equipo	005-011-191	5	01200 Gestión Ambiental	022	6
01004 Idioma Técnico 1		7	01195 Procesos de Soldadura	005-011-191	3	01201 Tratamientos Térmicos y Ensayo de Materiales	019-199	6
01005 Química General 1			01196 Electricidad y Electrónica Básica	007		01202 Control Numérico Computarizado CNC	019-199	5
01006 Matemática Básica 1			01197 Dibujo Técnico Mecánico			01203 Máquinas-Herramienta Especiales	199	
II CICLO			IV CICLO			VI CICLO		
CÓDIGO	PRE	CRE	CÓDIGO	PRE	CRE	CÓDIGO		CRE
01007 Técnica Complementaria 2 (Autocard)	002	3	01019 Metalurgia y Metalografía	009-192	3	01031 Práctica Profesional Supervisada (PPS)	VC*	-
01008 Social Humanística 2	003	4	01020 Procesos de Manufactura 1	009-193-194-196-197	5	01204 Evaluación de Proyectos	VC*	5
01009 Idioma Técnico 2	004	2	01022 Seguridad e Higiene Industrial	60 CRE	3			
01011 Física Básica	005-	5	01024 Ética profesional	192	3			
01012 Redacción de Informes	006	3	01198 Legislación	60 CRE	5			
01191 Matemática Básica 2	001	7	01199 Máquinas-Herramientas Básicas	009-194-196				

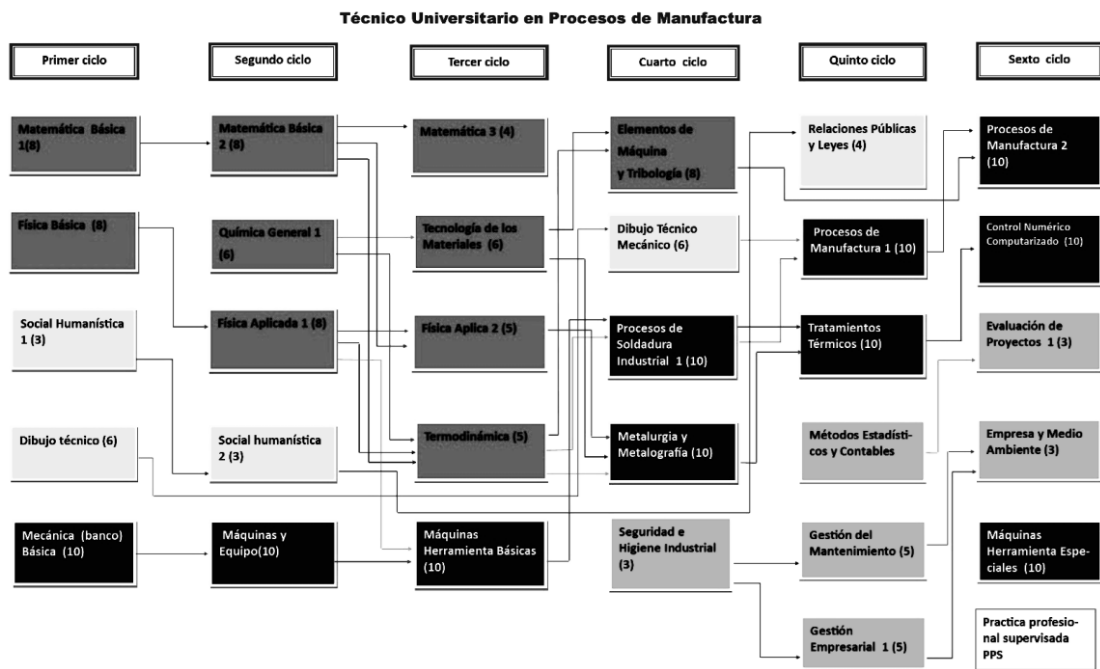
Fuente: ITUGS, Guatemala. C3.usac.edu.gt/itugs.usac.edu.gt/public\_html/. Consulta: 11 de octubre de 2017.



- Propuesta mejora de pénsum

A continuación, se muestra la propuesta de la mejora en el pénsum de la carrera de Técnico Universitario en Procesos de Manufactura.

Figura 3. **Propuesta de pénsum para la carrera Técnico en Procesos de Manufactura**



Fuente: elaboración propia.

Los cursos agregados al nuevo pensum de Técnico Universitario en Procesos de Manufactura son:

- Mecánica básica: todo lo relacionado mecánica de banco.
- Máquinas y equipos todo lo relacionado con máquinas herramientas y todos los equipos: para trabajar.
- Máquinas herramientas básicas: todas las máquinas herramientas aplicado CNC, torno, fresadora y el resto de máquinas herramientas.
- Elementos de máquina y tribología todo lo relacionado con máquinas y tribología.
- Relaciones públicas y leyes todo lo de legislación.
- Métodos estadísticos y contables.
- Gestión de mantenimiento: todo lo relacionado con mantenimiento y montaje de equipo.
- Gestión empresarial de empresas.
- Empresas y medio ambiente, manejo de desperdicios y el medio ambiente.
- Máquinas herramientas especiales.
- Evaluación de proyectos 1, preparación y evaluación de proyectos.

Los programas de los cursos se encuentran en el anexo 1. Para ver que contenidos serán impartidos en cada curso agregado al nuevo pensum, así como las guías de las prácticas de cada curso.

### **3.3. Primer semestre**

Se toman los restantes cursos estaban establecidos en el primer ciclo ya que son de importancia para el estudiante en su formación. No tienen ninguna modificación los cursos: técnicas de estudio e investigación, técnica complementaria uno, social humanística uno, idioma técnico uno, química general uno, matemática básica uno.

Para este semestre o ciclo se propone agregar los siguientes cursos: mecánica básica, herramientas de corte de los cuales se explicarán a continuación los temas correspondientes.

### **3.4. Mecánica básica**

Se busca que el estudiante conozca sobre la medición, los instrumentos de medición, cómo hacer un roscado, tallar y cortar una pieza, en diferentes máquinas; también, los tipos de taladros, la velocidad a la cual pueden operar, las diferentes brocas, escariadores, amoladora.

De gran utilidad para el desarrollo de las actividades de producción y de mejora de los tiempos de procesamiento. También, podrá establecer las medidas correctas para las piezas fabricadas y el error que puedan tener al realizarlas.

### **3.4.1. Mediciones**

La medición es un procedimiento en el cual se compara una cantidad desconocida con un estándar conocido con el uso de un sistema de unidades aceptado y consistente.

La inspección es un procedimiento en el cual se examina alguna característica de una pieza o producto como una dimensión para determinar si se apega o no a la especificación del diseño. Muchos procedimientos de inspección se basan en técnicas de medición, mientras que otros usan métodos de calibración. La calibración determina simplemente si la característica de la pieza cumple o no con la especificación del diseño: si la pieza pasa o no la inspección.

Los principios de la medición son la exactitud y la precisión. La exactitud es el grado en el que un valor medio coincide con el valor verdadero de la cantidad e interés. Un procedimiento de medición es exacto cuando no tiene errores sistemáticos. Los errores sistemáticos son desviaciones positivas o negativas del valor verdadero consistentes de una medición a la siguiente.

La precisión es el grado en el que se puede repetir el proceso de medición. Una buena precisión significa que se reducen al mínimo los errores aleatorios en el procedimiento de medición. Por lo general, los errores aleatorios se asocian con la participación humana en el proceso de medición. Entre los componentes no humanos que contribuyen al error aleatorio están los cambios de temperatura, el desgaste gradual y/o el desajuste en los elementos funcionales de los dispositivos y otras variantes. Se supone que los errores aleatorios obedecen a una distribución estadística normal cuya media es cero y una desviación estándar que está dada por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \text{ ecuación mediciones} \quad [\text{Ec. 1.}]$$

Donde  $\sigma$  es la desviación estándar de la población,  $x_i$  es la variable de interés,  $\mu$  es la media de la población y  $n$  es el número de miembros de la población.

Por supuesto, no es posible construir un instrumento de medición con una exactitud perfecta (ningún error sistemático) y una precisión perfecta (ningún error aleatorio). Una directriz que se aplica con frecuencia para determinar el nivel de precisión correcto es la regla de 10, que establece que el dispositivo de medición debe ser 10 veces más preciso que la tolerancia especificada. Por lo tanto, si la tolerancia que se medirá es  $\pm 0,25$  mm ( $\pm 0,010$  in), entonces el dispositivo de medición debe tener una precisión de  $\pm 0,025$  mm ( $\pm 0,001$  in).

Otras características deseables de un instrumento de medición incluyen la facilidad de calibración, la estabilidad, la velocidad de respuesta, el rango de operación amplio, la confiabilidad alta y el costo bajo. La mayoría de los dispositivos de medición deben calibrarse en forma periódica. La calibración es un procedimiento en el cual el instrumento de medición se verifica contra un estándar conocido.

Por conveniencia, al usar el instrumento de medición, el instrumento debe ser capaz de conservar su calibración y continuar midiendo la cantidad sin desviarse del estándar. Esta capacidad de conservar la calibración se llama estabilidad y la tendencia del dispositivo a perder gradualmente su precisión en relación con el estándar se demoniza desviación. La capacidad de un instrumento de medición para indicar la cantidad en un mínimo de tiempo se

denomina velocidad de respuesta. En forma ideal, el periodo debe ser cero, sin embargo, este es un ideal imposible.

El instrumento de medición debe poseer un rango de operación amplio, la capacidad de medir la variable física en un periodo de interés práctico para el usuario. Por supuesto, la confiabilidad alta, que puede definirse como la ausencia de fallas frecuentes del dispositivo, y el bajo costo son atributos en cualquier equipo de ingeniería.

La inspección implica el uso de técnicas de medición y calibración para determinar si un producto, sus componentes, subensambles o materiales iniciales se apegan a las especificaciones del diseño.

Las inspecciones se dividen en dos tipos: 1) inspección por variables: en la cual las dimensiones del producto o pieza se miden mediante instrumentos de medición adecuados; y 2) inspección por atributos: en la cual las piezas se calibran para determinar si están dentro de los límites de tolerancia o no.

Se tiene también el muestreo contra inspección al 100 %, en el cual se usa la inspección de muestreo, por lo general el número de piezas en la muestra es pequeño en comparación con la cantidad de piezas producidas. Debido a que no se miden todos los artículos en la población, en cualquier procedimiento de muestreo existe el riesgo de que pasen piezas defectuosas. Un propósito del muestreo estadístico es definir el riesgo esperado, esto es, determinar la razón de defectos promedio que pasará por el procedimiento de muestreo.

La inspección al 100 % automatizada ofrece un modo de superar los problemas asociados con la inspección al 100 % manual. Las inspecciones

automáticas se definen como la automatización de uno o más pasos en el procedimiento de inspección como: 1) la presentación automatizada de las piezas mediante un sistema de manejo automatizado, donde un operador humano aún realiza el proceso de inspección real; 2) la carga manual de las piezas en una máquina de inspección automática; y 3) una celda de inspección completamente automatizada en la cual las piezas se presentan y se inspeccionan en forma automática; la automatización de la inspección también puede incluir 4) la recopilación de datos computarizados a partir de instrumentos de medición electrónicos.

La clasificación de las piezas significa dividir los artículos en dos o más niveles de calidad. La separación básica incluye dos niveles: aceptable y no aceptable. Algunas situaciones incluyen más de dos niveles: aceptable, retrabajable y desperdicio. La clasificación y la inspección pueden combinarse en la misma estación. Otras instalaciones ubican una o más inspecciones a lo largo de la línea de procesamiento, con la estación de clasificación cerca del final de la línea. Los datos de inspección se analizan y se envían instrucciones a la estación de clasificación que indican qué acción se requiere para cada pieza.

La retroalimentación de los datos de inspección hacia la corriente de operaciones de manufactura permite realizar ajustes en el proceso para reducir la variabilidad y mejorar la calidad. Si las medidas de inspección indican que el resultado se está alejando de los límites de tolerancia, se hacen correcciones a los parámetros del proceso para mover el resultado hacia el valor nominal. Por lo tanto, el resultado se mantiene dentro de un rango de variabilidad más pequeño del que es posible obtener con los métodos de inspección por muestreo.

La inspección por contacto implica el uso de una sonda mecánica u otro dispositivo que hace contacto con el objeto que se inspecciona. Por su naturaleza, esta inspección generalmente se utiliza para medir o calibrar alguna dimensión física de la pieza. Se realiza en forma manual o automática.

Los métodos de inspección sin contacto utilizan un sensor localizado a cierta distancia del objeto para medir o calibrar la característica deseada. Las ventajas comunes de la inspección sin contacto son: 1) ciclos de inspección más rápidos y 2) se evita que puedan ocurrir daños a las partes debido al contacto. Con frecuencia, los métodos sin contacto pueden realizarse en la línea de producción sin ningún manejo especial. En contraste, la inspección por contacto requiere un posicionamiento especial de la pieza, lo cual implica su remoción de la línea de producción.

### **3.4.2. Instrumentos**

Los bloques de calibradores de precisión son los estándares contra los que se comparan otros instrumentos de medición y calibradores de dimensión. Por lo general, los bloques de calibración tienen forma cuadrada o rectangular.

Las superficies de medición tienen un acabado considerado dimensionalmente exacto y paralelo hasta dentro de varias millonésimas de una pulgada y pulidos con un acabado tipo espejo.

Existen diversos grados de bloques de calibración de precisión, con tolerancias más estrechas para grados de precisión más altos. El grado más alto, el estándar maestro de laboratorio, está hecho a una tolerancia de  $\pm 0,00003$  mm ( $\pm 0,000001$  in). Los bloques de calibración pueden hacerse de



varios materiales duros, entre los que se encuentran el acero para herramienta, el acero chapeado con cromo el carburo de cromo, o el carburo de tungsteno.

Para mejores resultados, los bloques de calibración deben usarse sobre una superficie plana de referencia, como una placa superficial. Una placa superficial es un bloque sólido y grande cuya superficie superior tiene un acabado totalmente plano.

Los instrumentos de medición se dividen en dos puntos: graduados y no graduados. Los dispositivos de medición graduados incluyen un conjunto de marcadores sobre una escala lineal o angular, contra la cual puede compararse la característica de interés del objeto.

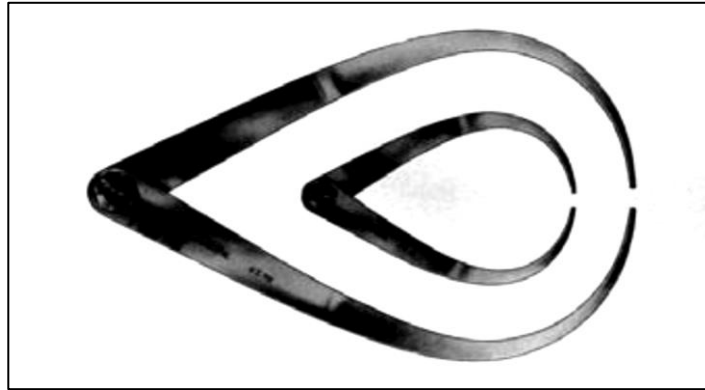
Los dispositivos de medición no graduados no poseen tal escala y se usan para hacer comparaciones entre las dimensiones o para transferir una dimensión y efectuar su medición mediante un dispositivo graduado.

Existen calibradores en estilo graduado y no graduado. Un calibrador no graduado consta de dos patas unidas mediante un mecanismo articulado, como se muestra en la figura 4.

Los extremos de las patas están hechos para entrar en contacto con las superficies del objeto que se mide y la articulación está diseñada para sostener las patas en posición durante el uso.

Los contactos apuntan hacia adentro o hacia afuera. Cuando apuntan hacia adentro, como en la figura 9, el instrumento se denomina un calibrador externo y se usa para medir dimensiones externas como un diámetro.

Figura 4. **Calibrador no graduado**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 57.

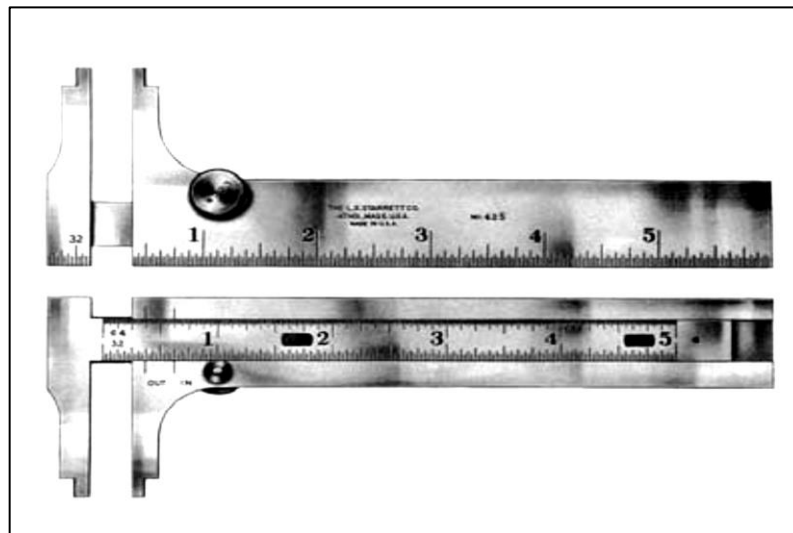
Cuando los contactos apuntan hacia afuera, se denomina un calibrador interno, el cual se usa para medir la distancia entre dos superficies internas. Un instrumento similar a la configuración del calibrador es el compás divisor, excepto que ambas piernas son rectas y terminan en contactos duros con puntas agudas. Los divisores se usan para establecer distancias en escala entre dos puntos o líneas sobre una superficie y para inscribir círculos o arcos sobre una superficie.

El más simple es el calibrador deslizable, una regla de acero a la cual se le añaden dos quijadas, una fija en un extremo de la regla y la otra móvil, como se muestra en la figura 5.

Los 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.

Figura 5. **Calibrador o pie de rey**

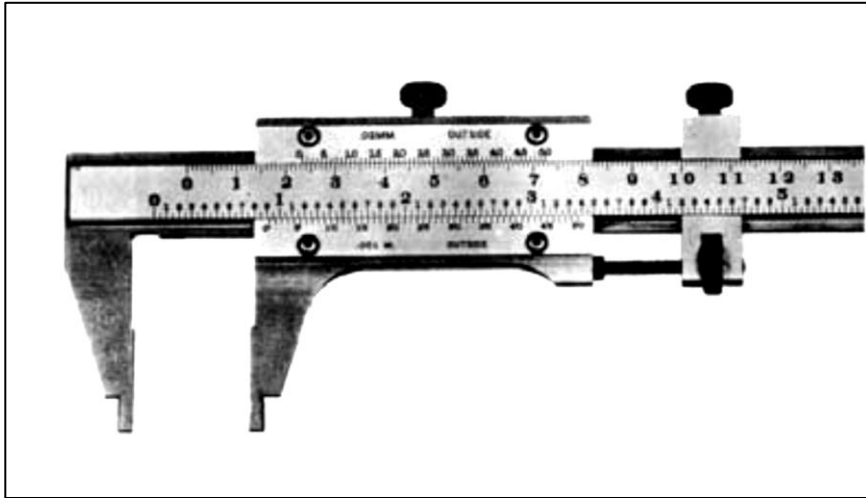


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 61.

Un refinamiento del calibrador deslizable es el calibrador vernier, que se muestra en la figura 6. 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).

Las variaciones del calibrador vernier incluyen el calibrador vernier de altura, usado para medir la altura de un objeto en relación con una superficie plana, como una placa, y el calibrador vernier de profundidad, para medir la profundidad de un agujero, ranura u otra cavidad en relación con una superficie superior.

Figura 6. **Calibrador Vernier**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 63.

El micrómetro se usa ampliamente y es un dispositivo de medición muy exacto, su forma más común consiste en un husillo y en un yunque en forma de C, como se muestra en figura 7. El mango se mueve en relación con el yunque fijo mediante una rosca de tornillo exacta.

En un micrómetro común cada rotación del mango proporciona 0,025 pulgadas de viaje lineal. A cada eje se conecta un manguito graduado con 25 marcas alrededor de su circunferencia; cada marca corresponde a 0,001 in.

Por lo general, la manga del micrómetro está equipada con un vernier, el cual permite resoluciones tan estrechas como 0,001 in. En un micrómetro con una escala métrica, las graduaciones son de 0,01 mm.

Figura 7. **Micrómetro externo**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 65.

- Instrumentos comparativos

Los instrumentos comparativos se usan para confrontar las dimensiones entre dos objetos, como una pieza de trabajo y una superficie de referencia. En general, no son capaces de proporcionar una medición absoluta de la cantidad que interesa; en lugar de eso, miden la magnitud y dirección de la desviación entre dos objetos. Entre los instrumentos que se encuentran en esta categoría están los calibradores mecánicos y electrónicos.

Calibradores mecánicos: indicadores de carátula. Los calibradores mecánicos están diseñados para magnificar en forma mecánica la desviación, para permitir la observación. El instrumento más común en esta categoría es el indicador de carátula, figura 8, que convierte y magnifica el movimiento lineal de un apuntador de contacto en la rotación de una aguja de carátula. La carátula se gradúa en unidades pequeñas como 0,01 mm (0,001 in).

Figura 8. **Calibrador mecánico**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 67.

Entre las ventajas de los calibradores electrónicos están: 1) buena sensibilidad, exactitud, precisión, respetabilidad y velocidad de respuesta; 2) capacidad para medir dimensiones muy pequeñas, hasta de 0,025 mm (1 m-in); 3) facilidad de operación; 4) reducción de errores humanos; 5) despliegue de la señal electrónica en diversos formatos y 6) capacidad de interconexión con sistemas de computadoras para procesamiento de datos.

- **Calibradores**

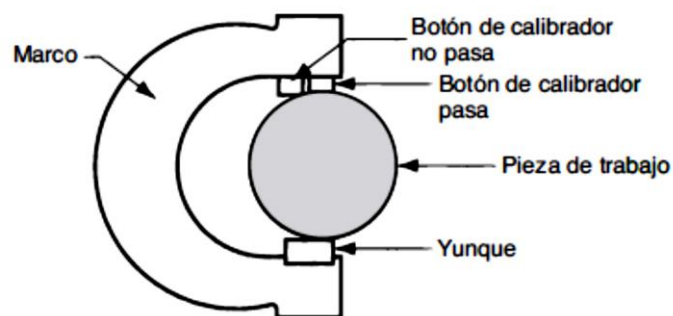
Un calibrador fijo es una réplica física de la dimensión de una pieza que se va a inspeccionar o medir. Existen dos categorías básicas: el calibrador maestro y el calibrador límite. Un calibrador maestro es una réplica directa del tamaño nominal de la dimensión de la pieza. Un calibrador límite se fabrica para ser una réplica inversa de la dimensión de la pieza y se diseña para verificar la dimensión de uno o más de sus límites de tolerancia. Un calibrador límite con frecuencia tiene dos calibradores en uno, el primero comprueba el límite inferior de la tolerancia en la dimensión de la pieza y el otro verifica el límite superior.

Popularmente, estos calibradores se conocen como calibradores pasa/no pasa, debido a que un límite del calibrador permite que la pieza se inserte, mientras que el otro límite lo impide. El límite pasa se usa para verificar la dimensión en su máxima condición material; éste es el tamaño máximo para una característica interna, como un orificio y el tamaño máximo para una característica externa como un diámetro exterior. El límite no pasa se usa para revisar la mínima condición material de la dimensión en cuestión.

Los calibradores de límite comunes son los calibradores de contacto y de anillo que se usan para verificar las dimensiones de piezas externas y los calibradores de inserción se utilizan para revisar dimensiones internas.

Un calibrador de contacto consiste en un marco con forma de C con superficies de calibración localizadas en las quijadas del marco, como se muestra en la figura 9. Tiene dos botones de calibración: el primero es el calibrador pasa y el segundo es el calibrador no pasa. Los calibradores de contacto se usan para comprobar dimensiones externas como diámetro, anchura, grosor y superficies similares.

Figura 9. **Calibrador de palmer kilométrico**

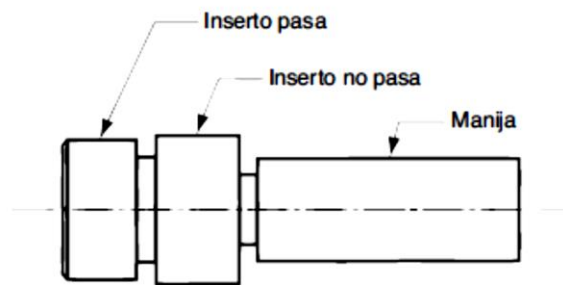


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 81.

Los calibradores de anillo se utilizan para revisar diámetros cilíndricos. Para una aplicación dada, generalmente se requiere un par de calibradores: uno de pasa y el otro de no pasa. Cada calibrador es un anillo cuya abertura se maquina a uno de los límites de tolerancia del diámetro de la pieza. Para facilidad de manejo, la parte exterior del anillo está moleteada. Los dos calibradores se distinguen por la presencia de un surco alrededor de la parte externa del anillo no pasa.

El calibrador límite más común que se utiliza para verificar diámetros de orificios es el calibrador de inserto. El calibrador típico consiste en una manija a la cual se conectan dos piezas cilíndricas precisamente asentadas de acero endurecido, como en la figura 10. Los insertos cilíndricos funcionan como los calibradores de pasa y no pasa.

Figura 10. **Calibrador de contacto**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 83.

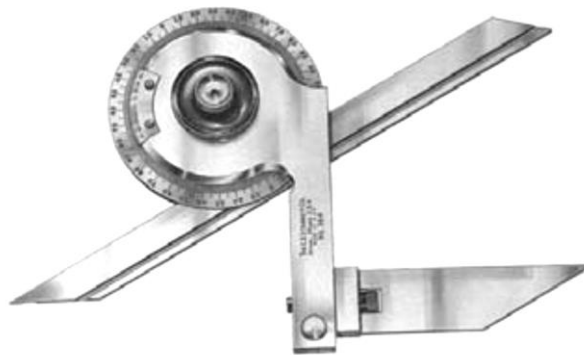
- Mediciones angulares

Los ángulos se miden usando alguno de los diversos estilos de transportadores. Un transportador simple consta de una hoja que se mueve como pivote en relación con una cabeza semicircular graduada en unidades angulares.



Para usarlo, la hoja se gira a la posición que corresponde al ángulo de la pieza que se va a medir y este se mide hacia adelante en escala angular. Un transportador con bisel, tiene dos hojas rectas que funcionan como pivotes, una en relación con la otra. El ensamble de pivote tiene una escala de transportador que permite leer el ángulo formado por las hojas.

Figura 11. **Transportador con bisel y escala de Vernier**

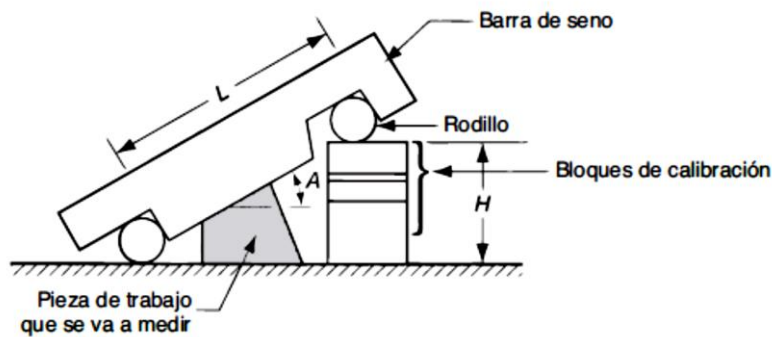


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 87.

Cuando está equipado con un vernier, el transportador con bisel puede leer alrededor de cinco minutos; sin un vernier, la resolución es de sólo un grado. Cuando se usa una barra de seno, como la que se ilustra en la figura 12, se obtiene una precisión más alta en las mediciones angulares. Una preparación posible consiste en un borde recto plano de acero (la barra de seno) y dos rodillos de precisión separados a una distancia conocida en la barra. El borde recto se alinea con el ángulo de la pieza que se medirá y se hacen bloques de calibración u otras mediciones lineales exactas para determinar la altura. El procedimiento se realiza en una placa superficial para obtener resultados más exactos. Esta altura  $H$  y longitud  $L$  de la barra de seno entre los rodillos se usan para calcular el ángulo  $A$  usando:

$$\sin A = \frac{H}{L} \text{ ecuación ángulo} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Figura 12. **Preparación para usar una barra de Seno**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 93.

- Mediciones de superficies

Las superficies constan de dos parámetros: 1) textura de la superficie de 2) integridad de la superficie. La textura de la superficie se refiere a la configuración geométrica de la superficie y casi siempre se evalúa como rugosidad de la superficie. La integridad de la superficie se refiere a las características materiales inmediatamente bajo la superficie y los cambios que ocurren en esta capa como resultado de los procesos de manufactura utilizados para crearla.

- Medición de la rugosidad de la superficie

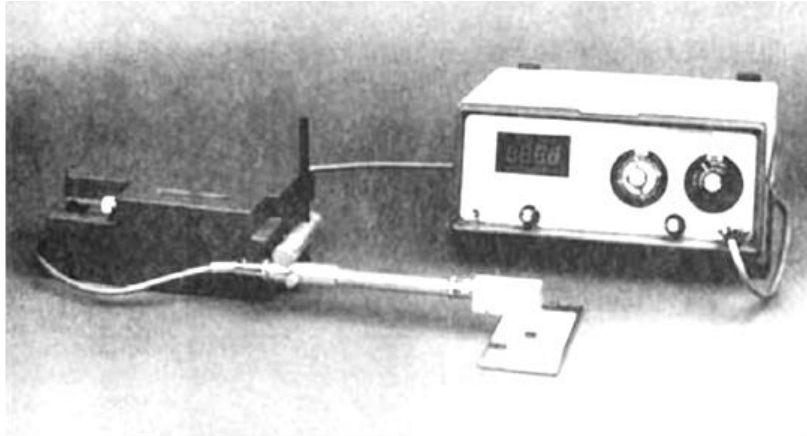
Se usan diversos métodos para evaluar la rugosidad de la superficie. Se dividen en tres categorías: 1) comparación subjetiva con superficies de prueba estándar, 2) instrumentos electrónicos de aguja y 3) técnicas ópticas.

Superficies de prueba estándar: existen bloques estándar de acabado superficial, producidos para valores de rugosidad especificados. Para estimar la rugosidad de un espécimen de prueba determinado, la superficie se compara con el estándar tanto en forma visual como mediante la 'prueba de uña'.

En esta prueba, el usuario rasca suavemente las superficies del espécimen y el estándar y determina qué estándar se acerca más al espécimen. Las superficies de prueba estándar son una forma conveniente para que un operador de máquinas obtenga un estimado de una rugosidad superficial. También son útiles para los ingenieros de diseño, con el propósito de juzgar qué valor de rugosidad de superficie debe especificar en el dibujo de una pieza.

Instrumentos de aguja la desventaja de la prueba de uña es su subjetividad. Existen a la venta otros instrumentos tipo punzón para medir la rugosidad superficial, similares a la prueba de uña, pero con un enfoque más científico. Un ejemplo es el perfilómetro, que se muestra en la figura 13. En estos dispositivos electrónicos, se mueve una aguja de diamante cónica, cuyo radio de punta mide alrededor de 0,005 mm (0,0002 in) y el ángulo en la punta es de 90°, a través de la superficie de prueba a una velocidad lenta constante.

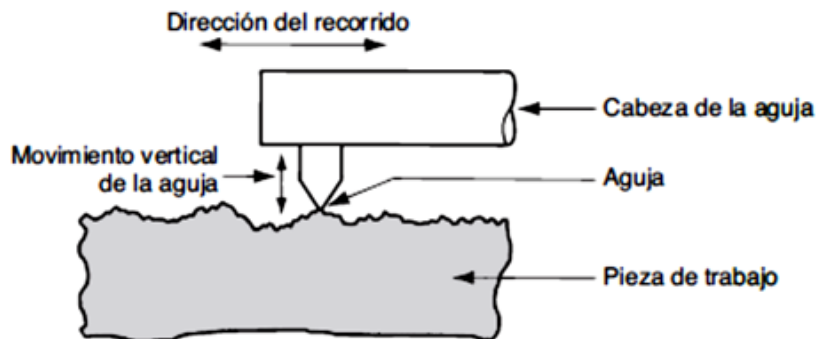
Figura 13. **Instrumento tipo aguja para medir rugosidad**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 95.

La operación se muestra en la Figura 14. Conforme la cabeza de la aguja se mueve en forma horizontal, también se desplaza en forma vertical para seguir las desviaciones de la superficie.

Figura 14. **Bosquejo que muestra la operación de un instrumento de rugosidad**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*.p. 97.

El movimiento vertical se convierte en una señal electrónica que representa la topografía de la superficie. Esto se despliega como: 1) un perfil de la superficie real o 2) un valor de rugosidad promedio. Los dispositivos para perfilar usan un plano separado como la referencia nominal contra la cual se miden las desviaciones.

El resultado es una retícula del contorno de la superficie a lo largo de la línea que recorre la aguja. Este tipo de sistema identifica tanto la aspereza como la ondulación en la superficie de prueba. Los dispositivos para promediar reducen las desviaciones de rugosidad a un valor único  $R_a$ . Usan movimiento de correderas sobre la superficie real para establecer el plano de referencia nominal.

Las correderas funcionan como un filtro mecánico para reducir el efecto de la ondulación en la superficie; en efecto, estos dispositivos para promediar realizan en forma electrónica los cálculos de la

$$R_a = \int_0^{L_m} \frac{|y|}{L_m} dx \text{ ecuación de rugosidad} \quad [\text{Ec. 3.}]$$

Técnicas ópticas. La mayoría de los otros instrumentos de medición de superficies emplean técnicas ópticas para valorar la rugosidad. Estas técnicas se basan en la reflexión de la luz desde la superficie, la dispersión o difusión de la luz y la tecnología láser. Son útiles en aplicaciones donde no es conveniente el contacto del punzón con la superficie. Algunas de las técnicas permiten una velocidad de operación muy alta, por lo que posibilitan una inspección al 100 %. Sin embargo, las técnicas ópticas producen valores que no siempre se correlacionan bien con las mediciones de rugosidad hechas con instrumentos tipo aguja.

La integridad de la superficie es más difícil de valorar que la rugosidad de la superficie. Algunas de las técnicas para inspeccionar los cambios de la subsuperficie destruyen el espécimen de material. Entre las técnicas de evaluación para la integridad de la superficie están las siguientes:

- Textura de la superficie. La rugosidad de la superficie, la descripción de la capa y otras medidas proporcionan datos superficiales sobre la integridad de la superficie. Este tipo de prueba es relativamente simple de realizar y siempre se incluye en la evaluación de la integridad de la superficie.
- Examen visual. El examen visual revela diversos defectos superficiales como resquebrajaduras, cráteres, pliegues y arrugas. Este tipo de evaluación se amplifica con frecuencia mediante técnicas fluorescentes y fotográficas.
- Examen microestructural. Esto implica técnicas metalográficas estándar para preparar secciones transversales y obtener fotomicrografías en las que se examina la microestructura de las capas superficiales, comparadas con el sustrato.
- Perfil de microdureza. Las diferencias de dureza cerca de la superficie se detectan usando técnicas de medición de micro dureza, como la de Knoop y Vickers. Se secciona la pieza y se hace una gráfica de la dureza contra la distancia bajo la superficie para obtener un perfil de dureza de la sección transversal.

- Perfil de esfuerzo residual. Se emplean técnicas de difracción de rayos X para medir los esfuerzos residuales en las capas de la superficie de una pieza.

### **3.4.3. Procesos metal-mecánicos**

Se entiende por metalmecánica a aquel sector que se dedica al aprovechamiento de los productos obtenidos en los procesos metalúrgicos para la fabricación de partes, piezas o productos terminados como maquinarias, equipos y herramientas.

Mediante el proceso productivo de la siderurgia es posible obtener productos que se convierten en el insumo de la metalmecánica; como la laminación y la reducción.

La laminación es un proceso de conservación de masa consistente en pasar el metal, previamente calentado, entre dos cilindros que rotan en sentidos contrarios y separados por un hueco algo menor que el grueso del metal entrante.

El proceso de reducción consiste básicamente en eliminar de una pieza determinadas zonas con el fin de conseguir una forma o acabado prefijado. Generalmente estos han sido considerados como: procesos con viruta, el cual emplea herramientas de corte como tornos, fresas, sierras, limadoras, brochadoras y amoladoras; y el proceso sin viruta, el cual tiene como base procedimientos químicos, eléctricos o electroquímicos, o bien mediante focos caloríficos altamente concentrados.

El proceso de fundición es aquel mediante el cual se producen formas de fusión y vertimiento de materiales, tanto ferrosos como no ferrosos en estado líquido, en una cavidad para que se solidifiquen en una forma útil.

El procedimiento de unión puede darse a través de cohesión y adhesión entre los elementos por acoplamiento o ajuste a la forma de los mismos mediante deformación elástica o plástica o por medio de los elementos especiales de unión o sujeción.

Los metales pueden clasificarse en tres principales: comunes, auxiliares y preciosos. En el grupo de metales comunes se incluyen hierro, aluminio, cobre, cinc, plomo, estaño, níquel y mercurio. En grupo de metales auxiliares están tungsteno, cromo, manganeso, molibdeno, vanadio, magnesio, antimonio y berilo. Y en el grupo de metales preciosos están el oro, plata y platino. También están los metales alcalinos y alcalino-férreos que interesan sus compuestos de usos corriente como cales, soda cáustica, cloruro de sodio, hipoclorito de sodio.

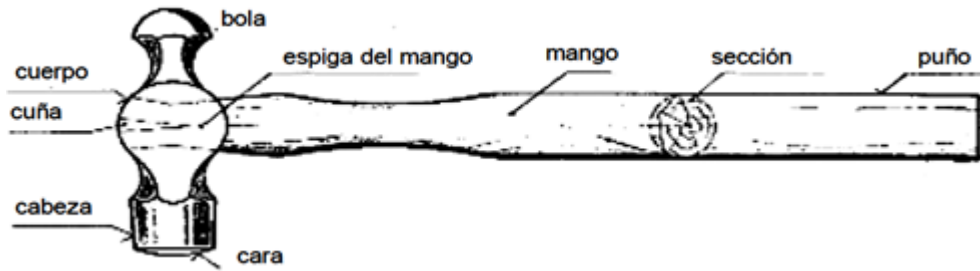
Para la realización de las actividades metal-mecánicas se utilizan las siguientes herramientas:

El martillo es una herramienta de percusión, construido por un bloque de acero al carbono sujeto a un mango de madera. Las partes con las cuales se dan golpes son templadas. Los martillos se caracterizan por su forma y peso. Por su forma los martillos pueden ser de bola, y de pena; Por su peso el cual varía pueden ser de 200 a 1 000 gramos.

Los martillos de bola pueden ser como se muestra en la figura 15.



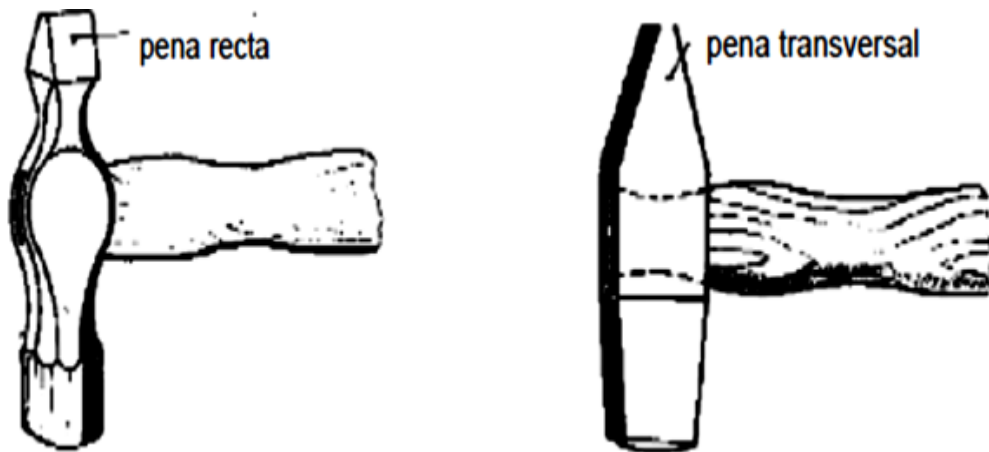
Figura 15. **Martillo de bola**



Fuente. GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 75.

Mientras que los martillos de pena están clasificados como:

Figura 16. **Martillo de pena recta y transversal**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 77.

Figura 17. **Martillo de pena cruzada**

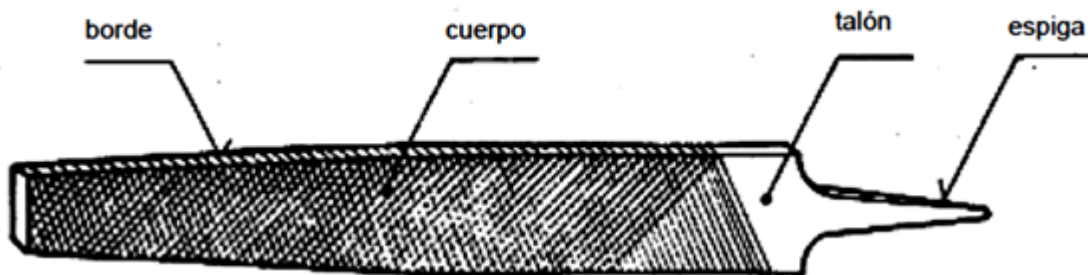


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 78.

- **Limas**

Es una herramienta de acero al carbono, manual, dentada y templada como se muestra en la figura 18, que se usa en la operación de limar. Esta operación consiste en gastar la pieza para sacar sobrantes cuando es necesario realizar trabajos de precisión.

Figura 18. **Lima estándar**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 81.

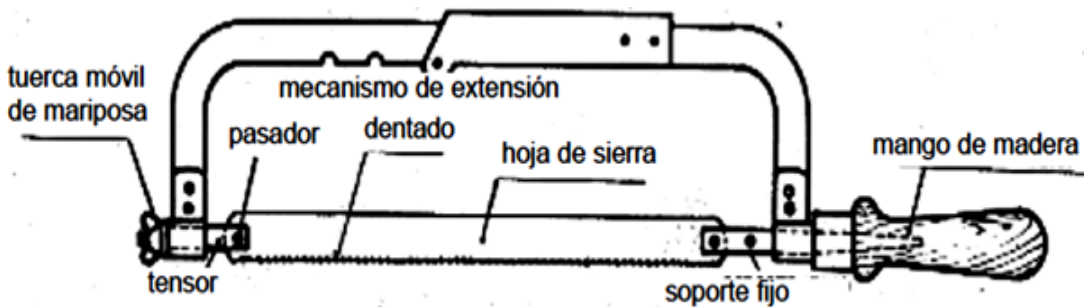
Las limas se clasifican por su forma, picado y tamaño. Las formas más usuales de las limas son plana, bordes redondos, cuadrada, punta cónica, media caña, cuchilla, redonda, triangular, fina picado simple, semi-fina picado simple, bastarda picado simple, fino picado doble, bastarda picado doble, semifina picado doble.

Los tamaños más usuales de lima son: 100, 215, 200, 250 y 300 mm de longitud del cuerpo. La limpieza de las limas se usa una carda de alambre de acero y en ciertos casos una varilla de metal blando como el cobre o el latón de punta plana. Para la buena conservación de las limas se debe, evitar golpes, protegerlas contra la humedad a fin de evitar oxidación, evitar el contacto entre sí para que el dentado no se dañe, protegerlas de sustancias grasas.

- Arco de sierra

El arco de sierra es una herramienta manual compuesta por un arco de acero, en el cual se monta una sierra la cual es una hoja de acero rápido o al carbono, dentada y templada. La finalidad de esta herramienta es producir cortes por desgaste de la pieza a través de la fricción. La hoja tiene agujeros en sus extremos, para ser fijados en el arco por medio de pasadores situados en los soportes. El arco tiene un soporte fijo y otro móvil, con un extremo cilíndrico y roscado que sirve para tensar la hoja. Como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Arco sierra



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 99.

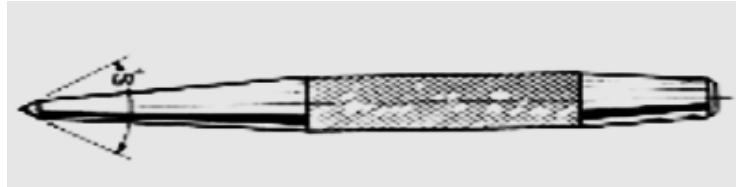
La hoja se caracteriza por la longitud, generalmente, puede ser de 8, 10 o 12 pulgadas de centro a centro de los agujeros, por el ancho que comúnmente es de  $\frac{1}{2}$  y por el número de dientes que habitualmente es de 18, 24 o 32.

- El granete o punta de marcar

Es una herramienta de acero al carbono, con una punta cónica templada y cuerpo generalmente octogonal, o cilíndrico como se muestra en figura 25. El objetivo fundamental de esta pieza es realizar marcaciones en las piezas metálicas para producir cortes o uniones lo más exactos posibles.

Se clasifican por el ángulo de la punta:  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $120^\circ$ . Los de  $30^\circ$  son utilizados para marcar el centro donde se apoya el compás de trazar, los de  $60^\circ$  para puntear trazos de referencia. Los de  $90^\circ$  y  $120^\circ$  son utilizados para marcar el centro que sirva de guía a las brocas en la ejecución del taladro. La longitud varía de 100 a 125 mm.

Figura 20. **Granete 60 grados**

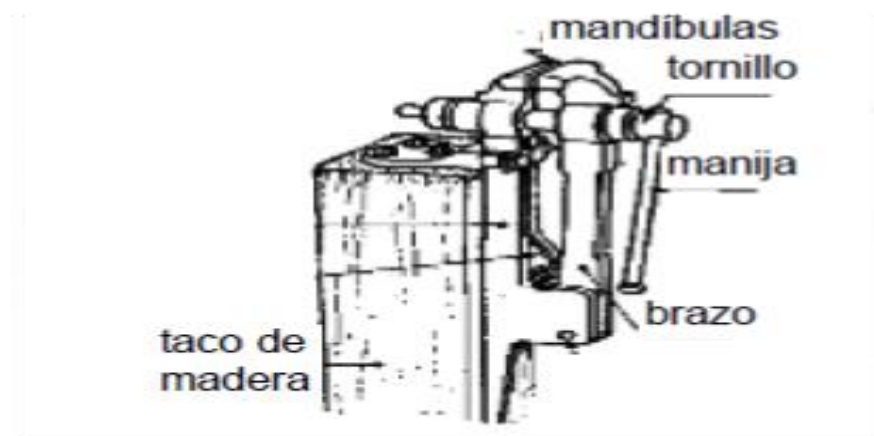


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 103.

- Morsa de herrero

Es un aparato que permite sujetar fuertemente las piezas a trabajar, por medio de dos mandíbulas que se aprietan con un tornillo. Se monta en bancos o bases de madera dura como se muestra en la figura 21. Las mandíbulas se construyen de acero forjado. En ellas se fijan mordazas moleteada de acero templado, que permiten sujetar firmemente la pieza a trabajar.

Figura 21. **Morsa de herrero**



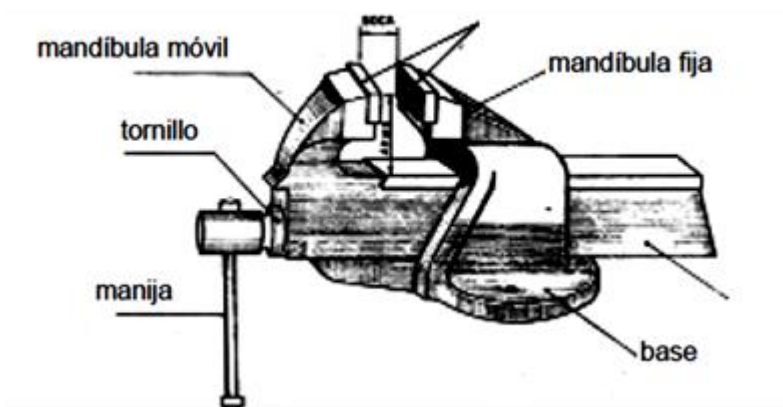
Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 107.

- Morsa de banco

Es un dispositivo de fijación utilizado para sujetar piezas al momento de realizarles las modificaciones necesarias, está formado por dos mandíbulas, una fija y otra móvil, que se desplaza por medio de un tornillo y tuerca como se muestra en la figura 22.

Las mandíbulas están provistas de mordazas estriadas para asegurar una mayor fijación de las piezas.

Figura 22. **Morsa de banco**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 111.

### 3.4.3.1. Medir

Según lo descrito en los apartados de mediciones siendo importante su tolerancias y certeza al ser realizadas. Y las herramientas utilizadas para la toma de las mismas.

Se desea que el estudiante realice las actividades correspondientes en este curso al establecer las medidas correctas antes de realizar algún procedimiento de modificación con el material con el cual está trabajando. Se desea que el estudiante realice las verificaciones de tolerancia en procesos.

#### **3.4.3.2. Trazar**

Para el procedimiento de trazado se busca tener una marca de referencia que ayude a seguir una línea de corte necesaria para tener la porción de material necesario para el trabajo que se realizará. Es empleado para la configuración del objeto a fabricar o modificar, utilizando las herramientas correspondientes para su transformación.

#### **3.4.3.3. Cortar**

Al realizar las medidas correctas y al trazarlas correctamente, con los instrumentos necesarios se procederá a realizar el corte en el material. Obteniéndose de este proceso que en la planta se cuente con el material necesario y las medidas correctas sin tener que reprocesar el material que reduce el tiempo productivo de los operarios y del proceso.

#### **3.4.3.4. Tallar**

Los tallados más comunes pueden ser por machos y terrajas, en torno, fresadoras, con abrasivos y por laminado. Los procedimientos de tallado se dividen en dos familias: el primero es el de reproducción el cual hace una copia exacta de la pieza a tallar o realiza una parte de la misma. Se pueden también realizar con la fundición la cual se puede considerar como herramientas el molde que se llena con el material colado.

El estampado contiene una matriz que sirve como herramienta cortante, tiene la forma de la futura pieza. La extrusión y el rebanado se emplean mediante cortadores conformados, el cortador tiene la forma exacta del hueco interdental, se pueden utilizar dos métodos para este proceso según la máquina herramienta que se utilice.

En la fresadora no se utiliza una cuchilla con forma determinada, se utiliza la fresa de módulo, cuyos dientes tienen perfiles idénticos a la forma del hueco interdental que se persigue; al final de cada operación de fresado, la fresa vuelve a su posición inicial y la pieza bruta gira un ángulo igual a 1/z de vuelta para fresar el siguiente hueco.

#### **3.4.3.5. Roscar**

Una rosca es una arista helicoidal (rosca exterior) de un tornillo o de una tuerca (rosca interior), de sección triangular, cuadrada, etc., formado sobre un núcleo cilíndrico, cuyo diámetro y paso se hallan normalizados.

Hay una diferencia técnica entre un tornillo y un perno. Un tornillo es un sujetador con rosca externa que, por lo general, se ensambla en un orificio roscado ciego. Algunos tipos llamados tornillos autorroscantes poseen formas que les permite formar o cortar las roscas correspondientes en el orificio.

##### **3.4.3.5.1. Machuelo**

Es una herramienta de corte para tallar cuerdas de tornillo interiores como se muestra en la figura 23. Es una especie de tornillo de acero aleado templado y rectificado, con ranuras a lo largo de la cuerda que permiten el desalajo de las rebabas arracadas al generar la cuerda.



Para realizar el tallado se utiliza un barreno de un diámetro menor al diámetro del machuelo; para realizar esta tarea es necesaria mucha fuerza, para tallar las cuerdas se requiere utilizar un maneral para ejercer una palanca que permita girar el machuelo dentro del barreno o machuelear.

Figura 23. **Machuelo**



Fuente: Universidad Iberoamericana de México. <http://www.universia.net.mx/universidades/universidad-iberoamericana-ciudad-mexico/in/30193>. Consulta: 10 de octubre de 2015.

#### **3.4.3.5.2. Terraaja**

También llamado cojinete roscado, es una herramienta manual de corte que se utiliza para el roscado de pernos y tornillos, que deben estar calibrados de acuerdo con la característica de la rosca que se trate, la herramienta se muestra en la figura 24.

Las características principales de un tornillo que se vaya a roscar son su diámetro exterior o nominal y el paso que tiene la rosca. El material de las terrajas es acero rápido (HSS).

También se le emplea para realizar las roscas de los caños o tubos para construir conductos. Las terrajas se montan en un útil llamado portaterrajas o brazo bandeador, donde se imprime la fuerza y el giro de roscado necesario.

Figura 24. **Terrajas**



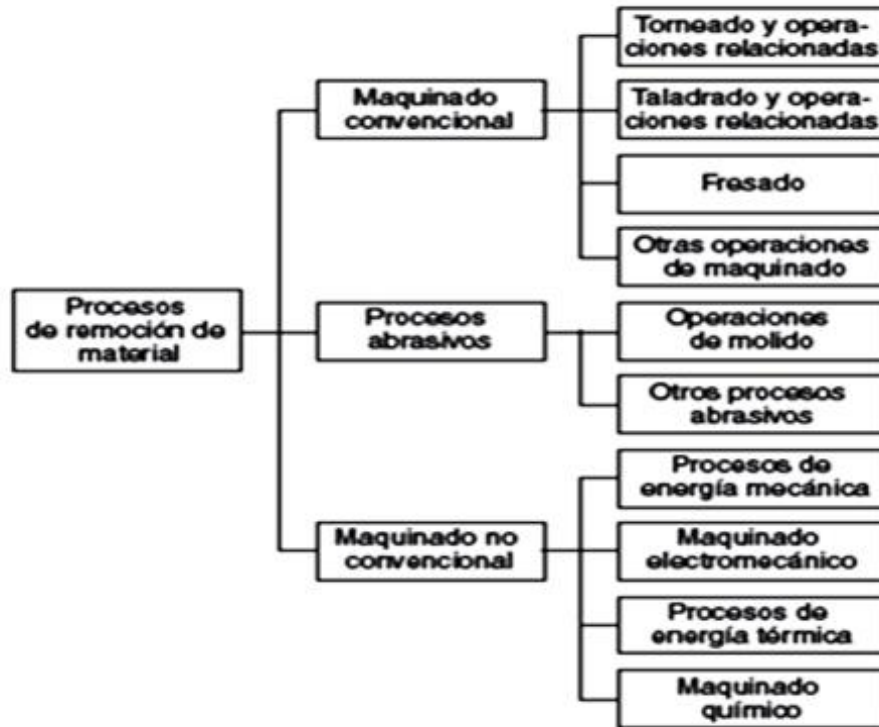
Fuente: Wikipedia. *Terraja de roscar*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Terraja\\_de\\_roscar](https://es.wikipedia.org/wiki/Terraja_de_roscar).

Consulta: 14 de enero de 2018.

#### **3.4.4. Herramientas de corte**

Los procesos de remoción representados por el material son una familia de operaciones de formado en las que el material sobrante es removido de una pieza de trabajo inicial de tal manera que lo que queda es la forma final que se desea conseguir. El árbol familiar se muestra en la siguiente figura.

Figura 25. Clasificación de los procesos de remoción de material



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*.p. 115.

La rama más importante de la familia es el maquinado convencional, en el que una herramienta aguda de corte se utiliza para cortar mecánicamente el material para alcanzar la forma deseada. Los tres procesos principales del maquinado son el torneado, el taladrado y el fresado.

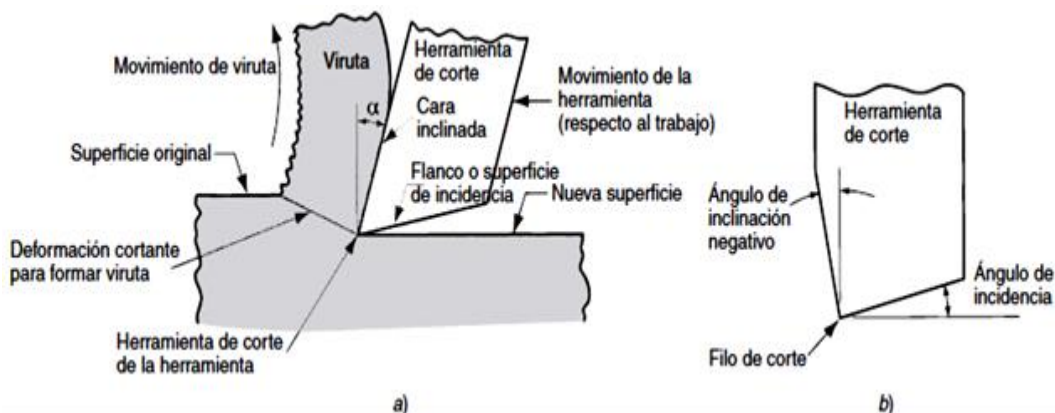
Otro grupo de procesos de remoción de material es el proceso abrasivo, que de forma mecánica remueve el material mediante la acción de partículas abrasivas duras, estos pueden ser afilado, fundido y súperacabado. Por último, se encuentran los procesos no tradicionales que utilizan otras formas de energía aparte de la herramienta de corte agudo o de partículas abrasivas para

remover el material. Las formas de energía incluyen la mecánica, electromecánica, la térmica y la química.

### 3.4.4.1. Terminología

Una herramienta de corte tiene uno o más filos cortantes y está compuesta de un material que es más duro que el material de trabajo. El filo cortante sirve para separar una viruta del material de trabajo, como se muestra en la figura 26. Ligadas al filo cortante hay dos superficies de la herramienta: la cara inclinada y el flanco o superficie de incidencia. La cara inclinada que dirige el flujo de la viruta resultante se orienta en cierto ángulo, llamado ángulo de inclinación a). El ángulo se mide respecto a un plano perpendicular a la superficie de trabajo. El ángulo de inclinación puede ser positivo, como en la figura 26 a), o negativo, como en el inciso b). El flanco de la herramienta provee un claro entre la herramienta y la superficie del trabajo recién generada; de esta forma protege a la superficie de la abrasión que pudiera degradar el acabado.

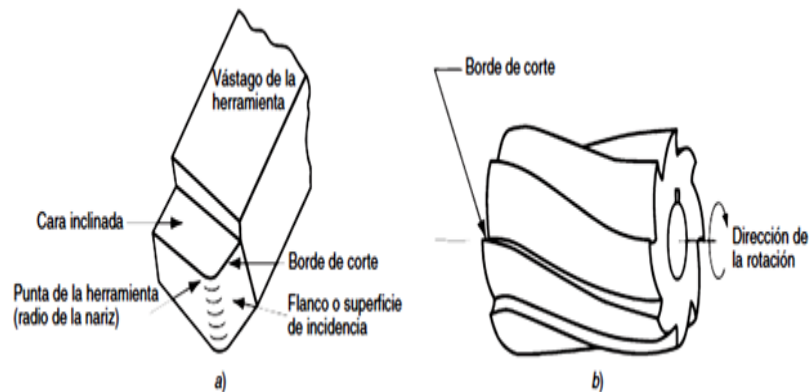
Figura 26. **Sección transversal de proceso de maquinado**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 118.

Esta superficie del flanco o de incidencia se orienta en un ángulo llamado ángulo de incidencia o de relieve. En la práctica, la mayoría de las herramientas de corte tiene formas más complejas que las de la figura 27. Hay dos tipos básicos cuyos ejemplos se ilustran en la figura 27: a) herramientas de una sola punta y b) herramientas de múltiples filos cortantes. Una herramienta de una sola punta tiene un filo cortante y se usa para operaciones como el torneado.

Figura 27. **Herramienta de una sola punta y una fresa helicoidal**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*.p. 120.

Condiciones de corte para realizar una operación de maquinado: se requiere el movimiento relativo de la herramienta y el trabajo. El movimiento primario se realiza a una cierta velocidad de corte  $v$ . Además, la herramienta debe moverse lateralmente a través del trabajo. Este es un movimiento mucho más lento, llamado el avance  $f$ . La dimensión restante del corte es la penetración de la herramienta de corte dentro de la superficie original del trabajo, llamada profundidad de corte  $d$ . Al conjunto de velocidad, avance y profundidad de corte se le llama condiciones de corte. Éstas son las tres dimensiones del proceso de maquinado y, en ciertas operaciones, se puede

usar su producto matemático para obtener la velocidad de remoción de material del proceso:

$$R_{MR} = vfd \text{ tasa de remoción de material} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde  $R_{MR}$  = tasa de remoción de material, que puede ser en  $\text{mm}^3/\text{s}$  ( $\text{in}^3/\text{min}$ );  $v$  = velocidad de corte, que puede ser en  $\text{m/s}$ ; ( $\text{ft}/\text{min}$ ), la cual debe convertirse a  $\text{mm}/\text{s}$  ( $\text{in}/\text{min}$ ),  $f$  = avance,  $\text{mm}$  ( $\text{in}$ ); y  $d$  = profundidad de corte,  $\text{mm}$  ( $\text{in}$ ).

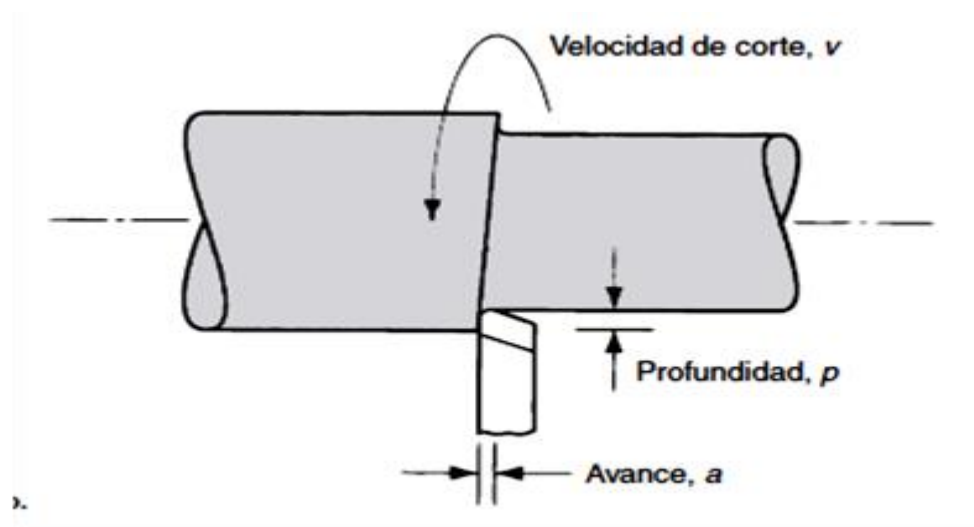
Las condiciones de corte para una operación de torneado se describen en la figura 28. Las unidades típicas usadas para la velocidad de corte son  $\text{m/s}$  ( $\text{ft}/\text{min}$ ). El avance en torneado se expresa usualmente en  $\text{mm}/\text{rev}$  ( $\text{in}/\text{rev}$ ) y la profundidad de corte se expresa en  $\text{mm}$  ( $\text{in}$ ). En otras operaciones de maquinado, estas unidades pueden ser diferentes.

En los trabajos de maquinado para producción se realizan uno o más cortes para desbaste, seguidos de uno o más cortes de acabado. Las operaciones para desbaste se realizan a altas velocidades y profundidades; algunos de los avances típicos van de  $0,4\text{-}1,25 \text{ mm}/\text{rev}$  ( $0,015\text{-}0,050 \text{ in}/\text{rev}$ ) y profundidades típicas de  $2,5\text{-}20 \text{ mm}$  ( $0,100\text{-}0,750 \text{ in}$ ). Las operaciones de acabado se realizan a bajas velocidades de avance y a bajas profundidades; avances de  $0,125\text{-}0,4 \text{ mm}$  ( $0,005\text{-}0,015 \text{ in}/\text{Rev.}$ ) y profundidades de  $0,75\text{-}2,0 \text{ mm}$  ( $0,030\text{-}0,075 \text{ in}$ ) son típicas. Las velocidades de corte son más bajas en el trabajo de desbaste que en el de acabado.

Para enfriar o lubricar la herramienta de corte se aplica frecuentemente un fluido de corte en la operación de maquinado.

Se usa una máquina herramienta para sostener la pieza de trabajo, poner en posición la herramienta respecto al trabajo y proporcionar la potencia para el proceso de maquinado a la velocidad, avance y profundidad que se han establecido. El control de la herramienta, de las condiciones de corte, del trabajo y de la máquina herramienta permite fabricar piezas con gran precisión y repetitividad a tolerancias de 0,025 mm (0,001 in) o mejores.

Figura 28. **Velocidad de corte, avance y profundidad de corte de una operación de torneado**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 125.

La tecnología de las herramientas de corte tiene dos aspectos principales: el material de la herramienta y la configuración geométrica de la herramienta. La primera se refiere al uso de materiales que puedan soportar las fuerzas, las temperaturas y la acción de desgaste en el proceso de maquinado. La segunda se ocupa de optimizar la configuración geométrica de la herramienta de corte para el material de la herramienta y para una operación dada.

Hay tres formas posibles de falla en una herramienta de corte en maquinado:

- Falla por fractura. Este modo ocurre cuando la fuerza de corte se hace excesiva en la punta de la herramienta, causando una falla repentina por fractura.
- Falla por temperatura. Esta falla ocurre cuando la temperatura de corte es demasiado alta para el material de la herramienta, causando ablandamiento en la punta, deformación plástica y pérdida de filo en el borde.
- Desgaste gradual. El desgaste gradual del borde cortante ocasiona pérdida de la forma de la herramienta, reducción en la eficiencia del corte, desgaste acelerado conforme la herramienta se deteriora demasiado y por último falla final de la herramienta en una manera similar a la falla por temperatura.

El desgaste gradual ocurre en dos lugares principales de la herramienta de corte: en la parte superior de la superficie de inclinación y en el flanco o superficie de incidencia. Por tanto, se puede distinguir dos tipos de desgaste principales de la herramienta: desgaste en cráter y desgaste del flanco, los cuales se ilustran en la figura 29.

Se utiliza una herramienta de una punta para explicar el desgaste y el mecanismo que lo causa. El desgaste en cráter, figura 29 a), es una sección cóncava de la superficie de inclinación de la herramienta, formada por la acción de la viruta que se desliza contra la superficie. Los altos esfuerzos y

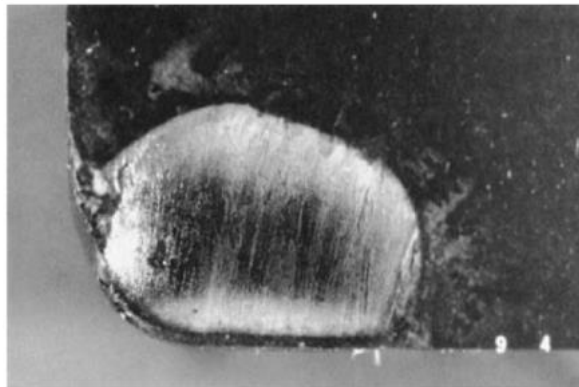


temperaturas caracterizan a la interfaz de contacto herramienta-viruta y contribuyen a la acción de desgaste.

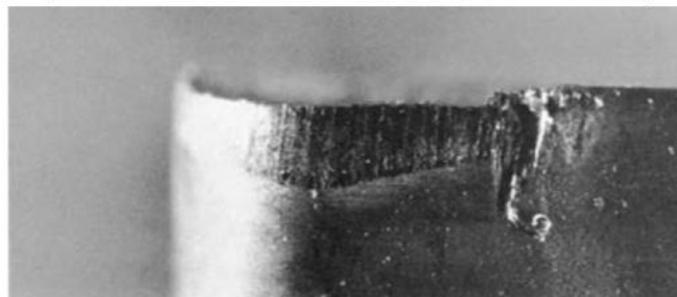
El cráter puede medirse ya sea por su profundidad o por su área. El desgaste del flanco, figura 29 b), ocurre en el flanco o superficie de relieve de la herramienta. Resulta del rozamiento entre la recién creada superficie de trabajo y la cara del flanco adyacente al borde de corte.

El desgaste del flanco se mide por el ancho de la banda de desgaste; a esta banda se le llama a menudo la banda de desgaste.

Figura 29. **a) Desgaste de cráter, b) desgastes del flanco o superficie de incidencia**



a)



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 128.

Los mecanismos que generan desgaste a nivel de las interfaces herramienta-viruta y herramienta-trabajo en el maquinado pueden resumirse como sigue:

- Abrasión. Esta es una acción de desgaste mecánico debido a que las partículas duras en el material de trabajo rayan y remueven pequeñas porciones de la herramienta. Esta acción abrasiva ocurre tanto en el desgaste del flanco como en el desgaste de cráter, pero predomina en el desgaste del flanco.
- Adhesión. Cuando dos metales entran en contacto a alta presión y temperatura, ocurre la adhesión o soldado entre ellos. Estas condiciones están presentes entre la viruta y la superficie de inclinación de la herramienta. A medida que la viruta fluye a través de la herramienta, se rompen pequeñas partículas de la herramienta y se separan de la superficie, provocando el desgaste de la superficie.
- Difusión. La difusión es un intercambio de átomos a través de un límite de contacto entre dos materiales. En el caso del desgaste de la herramienta, la difusión ocurre en el límite herramienta-viruta y ocasiona que la superficie de la herramienta quede agotada por los átomos que le imparten su dureza. Conforme este proceso continúa, la superficie de la herramienta se vuelve más susceptible a la abrasión y a la adhesión. Se cree que la difusión es el principal mecanismo de desgaste en cráter.
- Reacciones químicas. Las altas temperaturas y superficies limpias en la interfaz herramienta-viruta en el maquinado a altas velocidades puede dar como resultado reacciones químicas, en particular, la oxidación, en la superficie de inclinación de la herramienta. La capa oxidante, que es más

suave que el material de la herramienta homóloga, es cortada, exponiendo el nuevo material a que soporte el proceso de reacción.

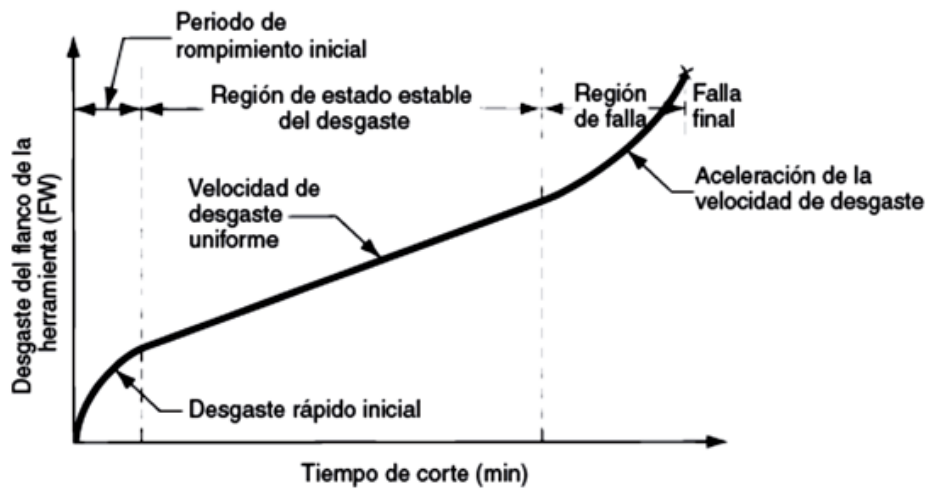
- Deformación plástica. Otro mecanismo que contribuye al desgaste de la herramienta es la deformación plástica del borde cortante. Las fuerzas de corte que actúan en el borde de corte a altas temperaturas hacen que éste se deforme plásticamente, haciéndolo más vulnerable a la abrasión de la superficie de la herramienta. La deformación plástica contribuye principalmente al desgaste del flanco. La mayoría de estos mecanismos de desgaste se aceleran a velocidades de corte y temperatura más altas. Especialmente sensibles a la temperatura elevada son la difusión y la reacción química.

A medida que el corte se realiza, los diferentes mecanismos de desgaste producen mayores niveles de desgaste en la herramienta de corte. La relación general de desgaste de la herramienta contra el tiempo de corte se muestra en la figura 30.

Aunque la relación que se ilustra es para el desgaste del flanco, existe una relación similar para el desgaste en cráter. Por lo general, se pueden identificar tres regiones en la curva típica de crecimiento del desgaste.

La primera es el periodo de rompimiento inicial en el cual el borde cortante afilado se desgasta rápidamente al entrar en uso. Esta primera región se presenta en los primeros minutos de corte.

Figura 30. **Desgaste de la herramienta en función del tiempo de corte**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 128.

La pendiente de la curva de desgaste de la herramienta en la región de estado estable se ve afectada por el material de trabajo y las condiciones de corte. Los materiales de trabajo más duros ocasionan que se incremente la velocidad de desgaste (la pendiente de la curva del desgaste de la herramienta). Los incrementos en la velocidad, en el avance y en la profundidad de corte tienen efectos similares, pero la velocidad es el más importante de los tres.

Un criterio conveniente de la vida de la herramienta es un cierto valor de desgaste del flanco o superficie de incidencia, como 0,5 mm (0,020 in), que en la gráfica de la figura se ilustra como una línea horizontal. Cuando cada una de las tres curvas de desgaste intersecta la línea, se determina que la vida de las herramientas correspondientes ha terminado. Si los puntos de intersección se proyectan sobre el eje del tiempo, se puede identificar los valores de la vida de la herramienta, tal como se muestra en la figura.

La ecuación de Taylor para la vida de las herramientas se expresa de la siguiente manera:

$$vt^n = C \text{ ecuación de Taylor} \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde  $v$  es la velocidad de corte, expresada en m/min (ft/min);  $T$  es la vida de la herramienta, que puede ser en minutos;  $n$  y  $C$  son parámetros cuyos valores depende del avance, de la profundidad de corte, del material de corte, de la herramienta (material en particular) y del criterio usado para la vida de la herramienta. El valor de  $n$  es una constante relativa para un material de herramienta determinado, mientras que  $C$  depende más del material de la herramienta, material de trabajo y de las condiciones de corte. La ecuación 5 establece básicamente que las velocidades de corte más altas traen como consecuencia vidas más cortas para la herramienta.

#### **3.4.4.2. Tipos y selección**

Para las herramientas de corte se tiene diferentes materiales con los cuales se puede trabajar, pero deben cumplir las siguientes propiedades indispensables:

- Tenacidad. Para evitar las fallas por fractura, el material de la herramienta debe tener alta tenacidad. La tenacidad es la capacidad de absorber energía sin que falle el material.
- Dureza en caliente. La dureza en caliente es la capacidad del material para retener su dureza a altas temperaturas. Esta es necesaria debido al ambiente de altas temperaturas en que opera la herramienta.

- Resistencia al desgaste. La dureza es la propiedad más importante que se necesita para resistir el desgaste abrasivo.

Los materiales de las herramientas de corte logran esta combinación de propiedades en varios grados. Se muestran la dureza de diferentes materiales y su resistencia a la ruptura en la siguiente tabla II.

Tabla II. **Valores típicos de dureza a temperatura ambiente y resistencia a la ruptura transversal para varios materiales de herramienta**

Material	Dureza	Resistencia a la ruptura transversal	
		MPa	Lb/in <sup>2</sup>
<b>Acero simple al carbono</b>	60 HRC	5 200	750 000
<b>Acero de alta velocidad</b>	65 HRC	4 100	600 000
<b>Aleación defunción de cobalto</b>	65 HRC	2 250	325 000
<b>Carburo cementado (WC)</b>			
<b>Bajo contenido de Co</b>	93 HRA, 1800 HK	1 400	200 000
<b>Alto contenido de Co</b>	90 HRA, 1 700 HK	2 400	350 000
<b>Cermet</b>	2 400 HK	1 700	250 000
<b>Alúmina</b>	2 100 HK	400	60 000
<b>Nitruro cúbico de boro</b>	5 000 HK	700	100 000
<b>Diamante policristalino</b>	6 000 HK	1 000	150 000
<b>Diamante natural</b>	8 000 HK	1 500	215 000

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 132.

Los aceros de alta velocidad (HSS, por sus siglas en inglés) son aceros de herramienta altamente aleados, capaces de mantener su dureza a elevadas temperaturas mejor que los aceros de baja aleación y alto contenido de carbono. Su buena dureza en caliente permite el uso de estas herramientas a velocidades de corte más altas. Se dispone de una amplia variedad de aceros de alta velocidad, pero se pueden dividir en dos tipos básicos: 1) tipo tungsteno,

designados como grado-T por el American Iron and Steel Institute (AISI); y 2) tipo molibdeno, designados como grados M por el AISI.

Los *HSS* tipo tungsteno contienen tungsteno (W) como su principal ingrediente de aleación. Los elementos adicionales de aleación son el cromo (Cr) y el vanadio (V). Uno de los *HSS* originales y mejor conocidos es el grado T1 o acero de alta velocidad 18-4-1, el cual contiene 18 % de W, 4 % de Cr y 1 % de V.

Los grados *HSS* molibdeno contienen combinaciones de tungsteno y molibdeno (Mo), más los mismos elementos de aleación adicionales que los grados T. El cobalto (Co) se agrega a veces al *HSS* con el fin de mejorar su dureza en caliente. Desde luego, el acero de alta velocidad contiene carbono, el elemento común que tienen todos los aceros.

La resistencia al desgaste es mejor que la del acero de alta velocidad, pero no tanto como la de los carburos cementados. La tenacidad de las herramientas de fundición de cobalto es mejor que la de los carburos, pero no tan buena como la de los *HSS*.

Los *cermets* son compuestos de materiales cerámicos y metálicos. Los carburos cementados se incluyen técnicamente dentro de esta definición; sin embargo, los *cermets* basados en WC-Co, incluidos WC-TiC-TaC-Co, se conocen como carburos (carburos cementados) de uso común.

En la terminología de las herramientas de corte, el término *cermet* se aplica a los compuestos cerámico-metálicos que contienen TiC, TiN y otros materiales cerámicos, excepto el WC. Un avance en los materiales de corte

involucra la aplicación de recubrimientos muy delgados a un sustrato de WC-Co. Estas herramientas se llaman carburos recubiertos.

Los carburos cementados (también llamados carburos sinterizados) son una clase de materiales duros para herramienta formulados con carburo de tungsteno (WC), y manufacturados con técnicas de metalurgia de polvo en las que se utiliza el cobalto (Co) como aglutinante. Además del WC, puede haber otros compuestos de carburo en la mezcla, como carburo de titanio (TiC) o carburo de tantalio (TaC).

Estas nuevas herramientas con WC-TiC-TaC-Co se podían usar para el maquinado del acero. El resultado es que los carburos cementados se dividen en dos tipos básicos: 1) grados de corte para material que no incluyan el acero, los cuales consisten solamente en WC-Co y 2) grados de corte para acero con combinaciones de TiC y TaC añadidos al WC-Co.

Los grados de corte para materiales que no incluyen el acero se refieren a aquellos carburos cementados que son apropiados para maquinar aluminio, latón, cobre, magnesio, titanio y otros metales no ferrosos; el hierro colado gris se incluye irregularmente en este grupo de materiales de trabajo.

En los grados de corte de material no acerado, el tamaño de los granos y el contenido de cobalto son los factores que influyen en las propiedades del material de carburo cementado. El tamaño de grano típico que se encuentra en los carburos cementados convencionales varía entre 0,5 y 5  $\mu\text{m}$  (20 y 200  $\mu\text{-in}$ ).

Al incrementarse el tamaño del grano, disminuye la dureza y la dureza en caliente, pero aumenta la resistencia a la ruptura transversal. El contenido de cobalto típico en carburos cementados que se utilizan en las herramientas de



corte es de 3 % a 12 %. El efecto del contenido de cobalto sobre la dureza y la resistencia a la ruptura transversal. A medida que el contenido de cobalto se incrementa, la TRS mejora a expensas de la dureza y la resistencia al desgaste.

Los carburos cementados con alto contenido de cobalto se usan en operaciones de maquinado burdo y cortes interrumpidos, mientras que los carburos con bajo contenido de cobalto (dureza y resistencia al desgaste más altas) se usan para cortes de acabado.

Los grados de corte de acero se usan para aleaciones de acero de bajo carbono, inoxidable. Para estos grados de carburo, el carburo de titanio o el carburo de tantalio se sustituyen por algo de carburo de tungsteno. El TiC es el aditivo más popular en la mayoría de las aplicaciones.

Se puede reemplazar típicamente de 10 % a 25 % de WC mediante combinaciones de TiC y TaC. Esta composición incrementa la resistencia al desgaste en cráter para el corte de acero, pero tiende a afectar adversamente la resistencia al desgaste del flanco o superficie de incidencia en aplicaciones de corte de materiales que no son acerados.

La variedad y el número de materiales de ingeniería cada vez mayor han complicado la selección de los carburos cementados más apropiados para una aplicación de maquinado particular. Para resolver el problema de la selección del grado, se han importado dos sistemas de clasificación: 1) el sistema de grados C de la *ANSI*, implementado en Estados Unidos alrededor del año 1942; y 2) el sistema *ISO R513-1975(E)*, presentado por la International Organization of Standardization (ISO) aproximadamente en 1964.

En el sistema de grados C, los grados de maquinado de los carburos cementados se dividen en dos grupos básicos, correspondientes a las categorías de corte acerado y sin corte acerado. Dentro de cada grupo, hay cuatro niveles correspondientes al maquinado burdo, propósito general, acabado y acabado de precisión.

El sistema ISO R513-1975(E), titulado *Aplicación de los carburos en el maquinado mediante remoción de viruta*, clasifica todos los grados de maquinado de carburos cementados en tres grupos básicos, cada uno de los cuales con su propio código de letra y color.

Dentro de cada grupo, los grados están numerados en una escala que va desde la dureza máxima a la tenacidad máxima. Los grados con mayor dureza se utilizan en operaciones de acabado (altas velocidades y profundidades y avances bajos), mientras que los grados con mayor tenacidad se utilizan en operaciones de maquinado burdo. El sistema de clasificación de la ISO también puede utilizarse para indicar aplicaciones para cermets y carburos recubiertos.

Los dos sistemas tienen una correspondencia entre sí de la manera siguiente: los grados C1 a C4 de la ANSI corresponden a los grados K de la ISO, pero en orden numérico inverso, y los grados C5 a C8 de la ANSI se traducen en los grados P de la ISO, pero, de nuevo, en orden numérico inverso.

Las aplicaciones de los cermets incluyen acabados a altas velocidades y semiterminado de aceros, aceros inoxidables y fundiciones de hierro. Estas herramientas permiten velocidades más altas, comparadas con las que permiten generalmente los carburos de grado corte de acero.

Los carburos recubiertos se usan para maquinar hierro y acero fundidos en operaciones de torneado y fresado. Se aplican mejor a altas velocidades de corte en situaciones donde las fuerzas dinámicas y el choque térmico son mínimos. Si estas condiciones se vuelven demasiado severas como en algunas operaciones interrumpidas de corte, pueden ocurrir desportilladuras de los recubrimientos, ocasionando una falla prematura de la herramienta.

- Cerámicos

Las herramientas de corte a base de materiales cerámicos están compuestas principalmente de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) de grano fino, prensado y sinterizado a altas presiones y temperaturas sin aglutinante en forma de inserto.

El óxido de aluminio es por lo general muy puro (99 % típicamente), aunque algunos fabricantes añaden otros óxidos, como óxido de circonio en pequeñas cantidades. Es importante usar polvos de alúmina muy finos en la producción de herramientas cerámicas y maximizar la densidad de la mezcla a través de la compactación a alta presión, a fin de mejorar la baja tenacidad del material.

Las herramientas de corte de óxido de aluminio tienen más éxito en el torneado a altas velocidades de fundiciones de hierro y acero. Dichas herramientas se pueden usar para operaciones de acabado en el torno en aceros endurecidos, donde las velocidades de corte son altas, y tanto el avance como la profundidad de corte son bajos, y se emplean instalaciones rígidas de trabajo.

Muchas fallas por fractura prematura de herramientas cerámicas se deben a máquinas herramientas no rígidas, que sujetan a las herramientas a fuerza dinámicas. Cuando las herramientas cerámicas de corte se aplican apropiadamente, pueden usarse para obtener buen acabado en las superficies.

No se recomiendan las herramientas cerámicas para operaciones interrumpidas de corte basto debido a su baja tenacidad. Además de las aplicaciones de los insertos de óxido de aluminio en operaciones de maquinado convencional, el  $Al_2O_3$  se usa ampliamente como un abrasivo en esmerilado y otros procesos abrasivos.

- Diamantes sintéticos y nitruro de boro cúbico

El diamante es cerca de tres o cuatro veces más duro que el carburo de tungsteno o que el óxido de aluminio. Como la alta dureza es una de las propiedades deseables de las herramientas de corte, es natural que se piense en los diamantes para aplicaciones de esmerilado y maquinado. Las herramientas de corte de diamante sintético se hacen con diamante policristalino sinterizado (SPD, por sus siglas en inglés).

Los cristales tienen una orientación aleatoria y esto añade considerable tenacidad a las herramientas de SPD, en relación con los cristales simples de diamante. Los insertos de herramientas se hacen de manera usual depositando una capa de SPD de aproximadamente 0,5 mm (0,020 in) de grueso sobre la superficie de una base de carburo cementado.

Las aplicaciones de las herramientas de corte de diamante incluyen el maquinado a alta velocidad de metales no ferrosos y abrasivos no metálicos como fibras de vidrio, grafito y madera. No es práctico maquinar el acero y otros

metales ferrosos, así como las aleaciones basadas en níquel, con herramientas de SPD, debido a la afinidad química que existe entre estos metales y el carbono.

Después del diamante, el material más duro conocido es el nitruro de boro cúbico y su fabricación en forma de herramientas de corte es básicamente la misma que se usa para el SPD, esto es, recubrimientos sobre insertos de WC-Co. El nitruro de boro cúbico (cuyo símbolo es CBN) no reacciona químicamente con el hierro y el níquel como lo hace el SPD; por tanto, las aplicaciones de herramientas recubiertas de CBN se aplican para maquinar acero y aleaciones basadas en níquel.

- Configuración geométrica de las herramientas

Las herramientas de corte deben tener una forma apropiada para las aplicaciones de maquinado. Una forma importante de clasificar las herramientas de corte es atendiendo a los procesos de maquinado.

De esta forma se tienen herramientas para torneado, herramientas para trozado, fresas, brocas, escariadores, tarrajas y muchas otras herramientas de corte, cuyo nombre deriva de la operación en que se usa cada una con su configuración geométrica propia y única.

Las herramientas de corte se pueden dividir en dos categorías: de una punta y de bordes o múltiples filos cortantes. Las herramientas de una punta se usan en torneado, perforado, perfilado y cepillado.

Las herramientas de bordes o múltiples filos cortantes se usan en taladro, rimado, roscado, fresado, escariado y aserrado. La mayoría de estas operaciones en la segunda categoría usan herramientas rotatorias.

- Configuración geométrica de las herramientas

Una forma importante de clasificar las herramientas de corte es atendiendo a los procesos de maquinado. De esta forma se tienen herramientas para torneado, herramientas para trozado, fresas, brocas, escariadores, tarrajas y muchas otras herramientas de corte, cuyo nombre deriva de la operación en que se usa cada una con su configuración geométrica propia y única.

Las herramientas de corte se pueden dividir en dos categorías: de una punta y de bordes o múltiples filos cortantes. Las herramientas de una punta se usan en torneado, perforado, perfilado y cepillado.

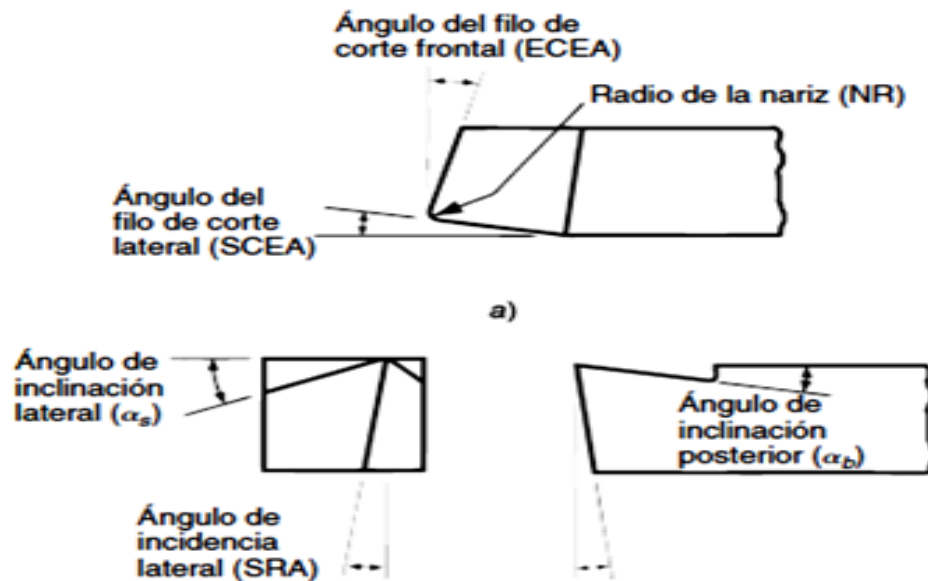
Las herramientas de bordes o múltiples filos cortantes se usan en taladro, rimado, roscado, fresado, escariado y aserrado. La mayoría de estas operaciones en la segunda categoría usan herramientas rotatorias.

Muchos de los principios que se aplican a las herramientas de una punta se aplican también a otros tipos de herramientas de corte, simplemente porque el mecanismo de la formación de viruta es básicamente el mismo para todas las operaciones de maquinado.

- Herramientas de una punta

La forma general de una herramienta de punta sencilla se ilustra en la figura 31. La forma convencional de la herramienta que define los siete elementos es  $\alpha_b$ ,  $\alpha_s$ , ERA, SRA, ECEA, SCEA, NR.

Figura 31. **Siete elementos de la configuración geométrica de una herramienta de una punta**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 139.

En una herramienta de una punta, la orientación de la superficie de inclinación se define por dos ángulos, el ángulo de inclinación posterior ( $\alpha_b$ ) y el ángulo de inclinación lateral ( $\alpha_s$ ). Estos dos ángulos tienen una influencia determinante en la dirección del flujo de la viruta sobre la cara o superficie de inclinación.

La superficie del flanco o incidencia de la herramienta se define por el ángulo de incidencia frontal (ERA, por sus siglas en inglés) y el ángulo de incidencia lateral (SRA, por sus siglas en inglés). Estos ángulos determinan la magnitud del claro entre la herramienta y la superficie de trabajo recién creada. El borde de corte de una herramienta de una punta se divide en dos secciones, el borde de corte lateral y el borde de corte frontal. Estas secciones están separadas por la punta de la herramienta que tiene un cierto radio, llamado radio de la nariz.

El ángulo de filo de corte lateral (SCEA) determina la entrada de la herramienta en el material y puede usarse para reducir la fuerza repentina que experimenta la herramienta al entrar en la pieza de trabajo. El radio de la nariz (NR por sus siglas en inglés) determina en gran parte la textura de la superficie generada en la operación. Una herramienta muy apuntada produce marcas de avance muy pronunciadas en la superficie.

El ángulo de filo de corte frontal (ECEA) proporciona un claro entre el borde de salida de la herramienta y la superficie de trabajo recientemente generada, reduciendo así el roce y la fricción contra la superficie. Para una herramienta de una punta hay siete elementos que definen su configuración geométrica. Cuando se especifican en el siguiente orden se llaman colectivamente la firma de la configuración geométrica de la herramienta: ángulo de inclinación posterior, ángulo de inclinación lateral, ángulo de incidencia frontal, ángulo de incidencia lateral, ángulo de filo de corte frontal, ángulo del filo de corte lateral y radio de la nariz.

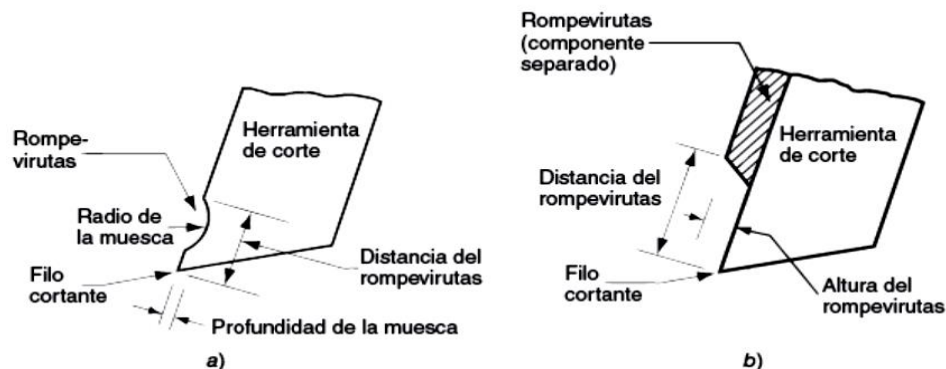
Rompe virutas la eliminación de la viruta es un problema que se encuentra frecuentemente en torneado y otras operaciones continuas. Con frecuencia se



generan largas tiras de viruta, especialmente cuando se tornean materiales dúctiles a altas velocidades.

Hay dos diseños comunes del romper virutas para herramientas de torneado de una punta, como se ilustra en la figura 32: a) rompe virutas de muesca, diseñado dentro de la misma herramienta de corte; y b) rompe virutas tipo obstrucción, diseñado como un dispositivo adicional sobre la superficie de inclinación de la herramienta. La distancia del rompevirutas se puede ajustar en el dispositivo tipo obstrucción para diferentes condiciones de corte.

Figura 32. **Dos métodos para romper la viruta en la herramienta de una punta**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 141.

Efecto del material de la herramienta sobre la configuración geométrica de la herramienta generalmente es deseable un ángulo de inclinación positivo para reducir las fuerzas de corte, la temperatura y el consumo de potencia. Las herramientas de corte de acero de alta velocidad se hacen casi siempre con ángulos positivos de inclinación, fluctuando típicamente entre 5° a 20°.

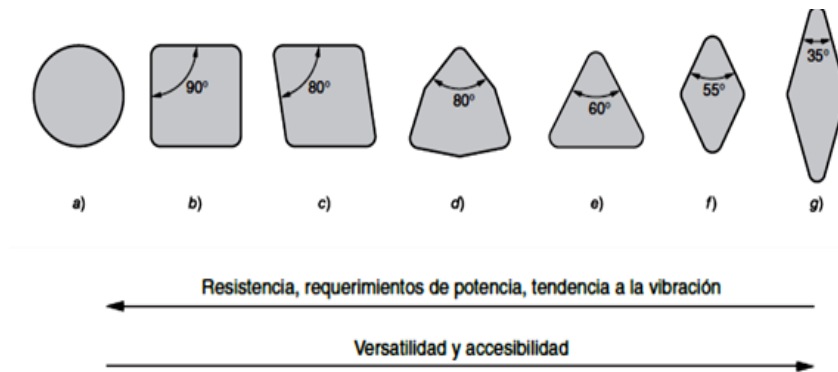
Los materiales muy duros se deben diseñar con ángulos de inclinación negativos o ligeramente positivos. Este cambio tiende a cargar la herramienta más a la compresión y menos al corte, favoreciendo la alta resistencia a la compresión de estos materiales más duros. Los carburos cementados se usan con ángulos de inclinación típicos en la escala de 5° a 10°. Los cerámicos tienen ángulos de inclinación que fluctúan entre 5° y 15°. Los ángulos de incidencia se hacen tan pequeños como sea posible para darle al borde de corte tanto soporte como sea posible.

La ventaja significativa del inserto fijado mecánicamente es que cada inserto contiene múltiples bordes o filos cortantes. Cuando un borde se desgasta, se afloja el inserto se le da vuelta al siguiente borde y se fija nuevamente en el portaherramientas. Cuando todos los filos se han gastado, se elimina y reemplaza el inserto.

Los insertos para las herramientas de corte se utilizan ampliamente en el maquinado debido a que son económicos y adaptables a muchos tipos diferentes de operaciones de maquinado: el torneado, perforado, roscado, fresado e incluso taladrado.

En general, se debe seleccionar la punta con mayor ángulo debido a su resistencia y economía como se muestra en la figura 33. Los insertos redondos poseen puntas con ángulos mayores (y radios de nariz también grandes) debido sólo a su forma. Los insertos con puntas con ángulos mayores son inherentemente más resistentes y con menor probabilidad de que se cincelen con viruta o se rompan durante el corte; sin embargo, requieren más potencia y también están más expuestos a vibraciones.

Figura 33. Formas comunes de insertos



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 145.

Los insertos no se fabrican por lo general con filos de corte perfectamente puntiagudos debido a que un filo puntiagudo es más débil y se fractura de manera más fácil, en especial para los materiales de herramientas muy duros, y frágiles para los que se hacen los insertos (carburos cementados, carburos recubiertos, cermets, cerámicas, CBN y diamante).

- Herramienta de múltiples filos

La mayoría de las herramientas múltiples de filos cortantes se utilizan en operaciones de maquinado en las que la herramienta gira. Los ejemplos más significativos son el taladrado y el fresado. Por otro lado, algunas operaciones de escariado y aserrado (corte con segueta y con cinta) utilizan herramientas de múltiples filos cortantes que trabajan con un movimiento lineal. Otras operaciones de aserrado (aserrado circular) utilizan hojas de sierra giratorias.

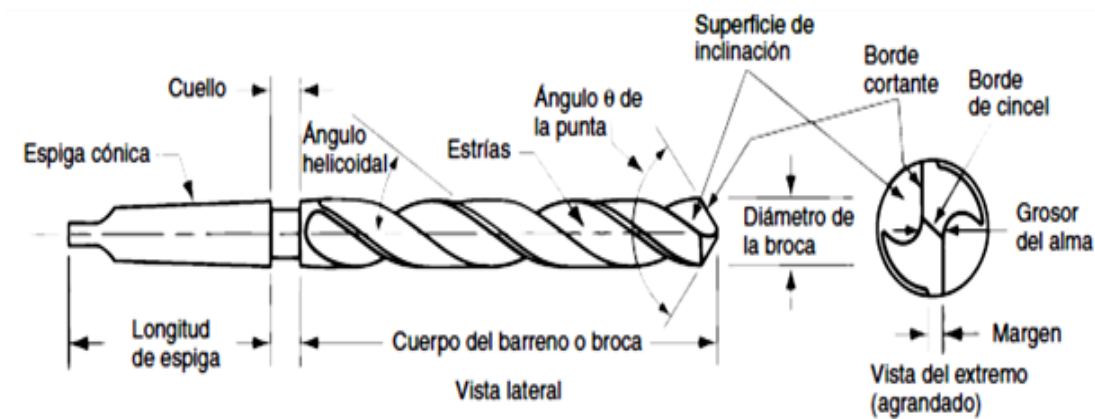
Taladrado con barrenos espirales Se encuentran disponibles varias herramientas de corte para hacer agujeros; sin embargo, el barreno espiral es la

más común de todas. Viene en diámetros que varían desde 0,15 mm (0,006 in) hasta 75 mm (3,0 in).

El cuerpo del barreno tiene dos estrías espirales. El ángulo de las estrías espirales se llama ángulo de la hélice, cuyo valor típico es de alrededor de 30°. Mientras se lleva a cabo el taladrado, las estrías espirales actúan como pasadizos para la extracción de viruta del agujero.

La punta del barreno espiral tiene una forma cónica como se muestra en la figura 34. Un valor típico del ángulo de la punta es 118°. La punta puede estar diseñada de varias formas; sin embargo, el diseño más común es borde de cincel. Conectado al borde del cincel se encuentran dos bordes de corte (a menudo se les llama labios) que llevan a las estrías. La porción de cada estría adyacente al borde de corte actúa como la superficie de inclinación de la herramienta.

Figura 34. Configuración geométrica estándar de un barreno espiral



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 147.

La acción de corte del barreno espiral es compleja. El giro y avance de la broca trae como consecuencia un movimiento relativo entre los bordes de corte y la pieza de trabajo para formar la rebaba. La velocidad de corte a lo largo de cada borde de corte varía en función de la distancia a partir del eje de rotación.

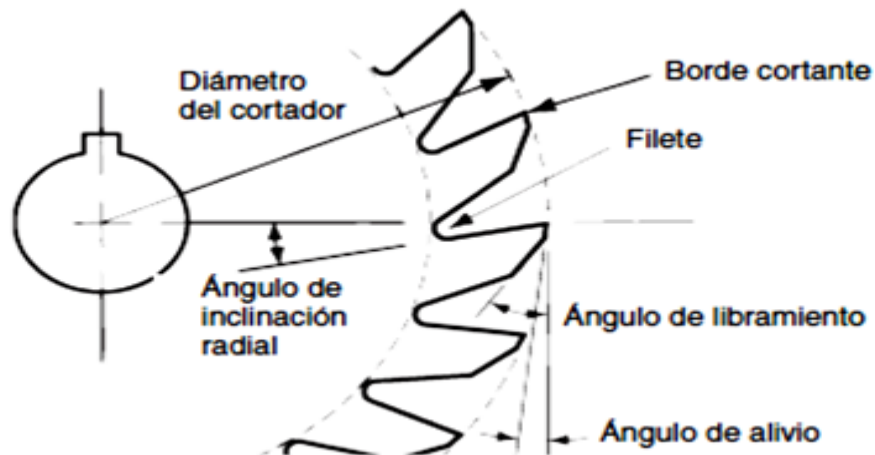
La acción de corte se lleva a cabo dentro del agujero y las estrías deben proporcionar suficiente espacio a través de la longitud de éste para permitir que la viruta pueda extraerse de este. A medida que se forma la viruta, es forzada a través de las estrías a salir a la superficie de trabajo.

La fricción complica las cosas en dos formas. Además de la fricción usual en el corte de metales entre la viruta y la superficie de inclinación del borde de corte, la fricción también trae como consecuencia un tallado entre el diámetro exterior de la broca y el agujero que se está formando.

Los tipos principales de cortadores de fresado son los siguientes:

- Cortadores de fresado simples. Se utilizan para el fresado periférico y de placas, son en forma de cilindro con algunas hileras con dientes. Los bordes de corte están normalmente orientados a un ángulo helicoidal como se muestra en la figura 35, para reducir el impacto a la entrada del trabajo, y estos cortadores se llaman cortadores de fresado helicoidal.

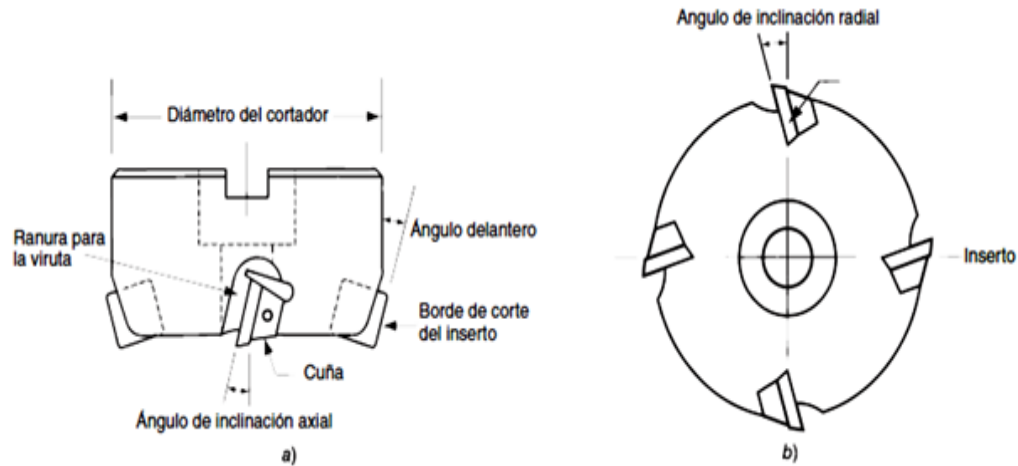
Figura 35. Elementos de la configuración geométrica de la herramienta



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 148.

- Cortadores de fresado de forma. Son cortadores de fresado periférico en el que los bordes de corte tienen un perfil especial que se le impartirá al trabajo. Una aplicación importante es en la fabricación de engranes, en la que el cortador del fresado de forma se moldea para cortar las ranuras entre los dientes del engrane adyacente, por ende, dejando la forma de los dientes de engrane.
- Cortadores de fresado frontal. Están diseñados con dientes que cortan tanto en el lado lateral como en la periferia del cortador como se muestra en la figura 36.

Figura 36. **Elementos de la configuración geométrica de un cortado de fresado**

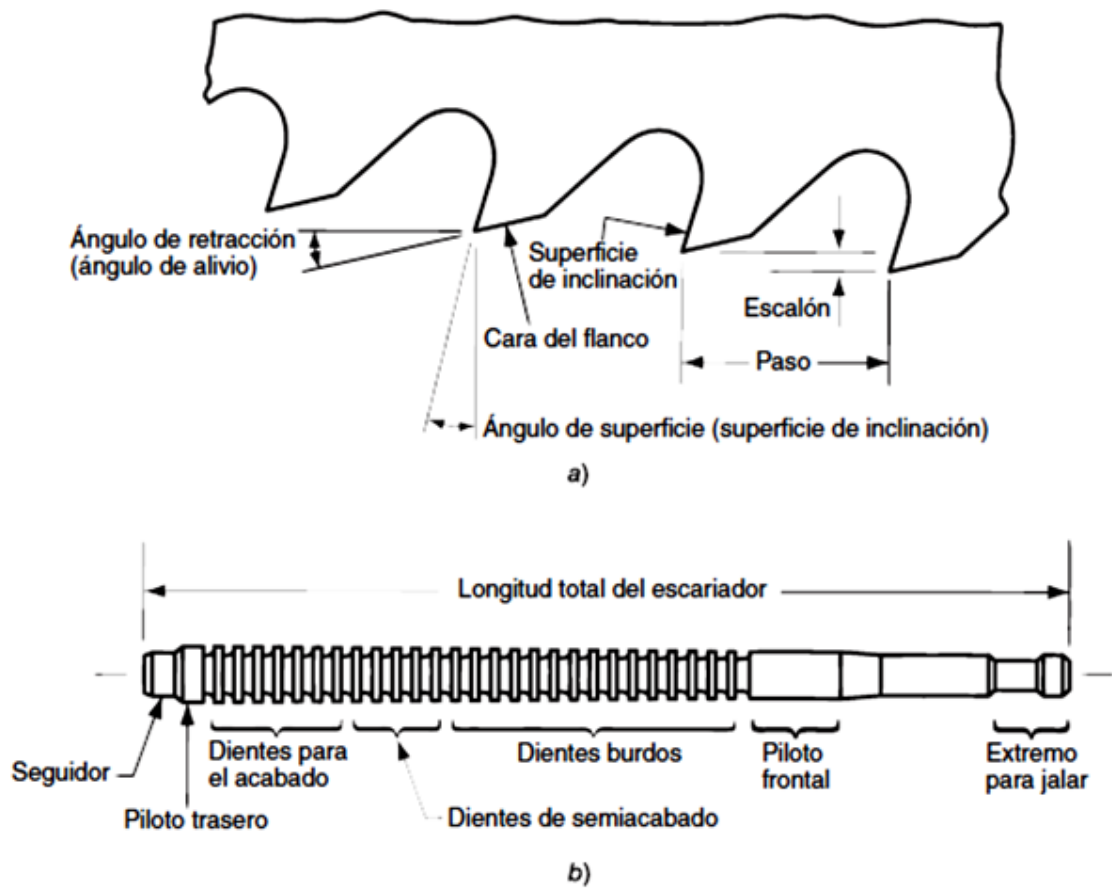


Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 150.

- Cortadores de fresado terminal. Un cortador de fresado terminal tiene apariencia de una broca; sin embargo, una inspección más detallada muestra que está diseñado para el corte primario con sus dientes en la periferia en lugar de en sus extremos. Las fresadoras terminales pueden utilizarse para fresado frontal, fresador de perfiles y embolsado, ranuras de corte, grabado, contorneado de superficies y avellanado del troquel.
- Brochas. La terminología y configuración geométrica de la brocha se muestra en la figura 37. La brocha consiste en una serie de dientes para corte a través de su longitud. El avance se logra mediante el espacio que existe entre dientes sucesivos en la brocha. Esta acción de avance es única en las operaciones de maquinado, puesto que la mayoría de las operaciones logran el avance mediante un movimiento relativo que se lleva a cabo en la herramienta o en el trabajo. Todo el material que se

remueve en un solo pase de la brocha es el resultado acumulativo de todos los pasos de la herramienta.

Figura 37. La broca, configuración geométrica de los dientes



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 152.

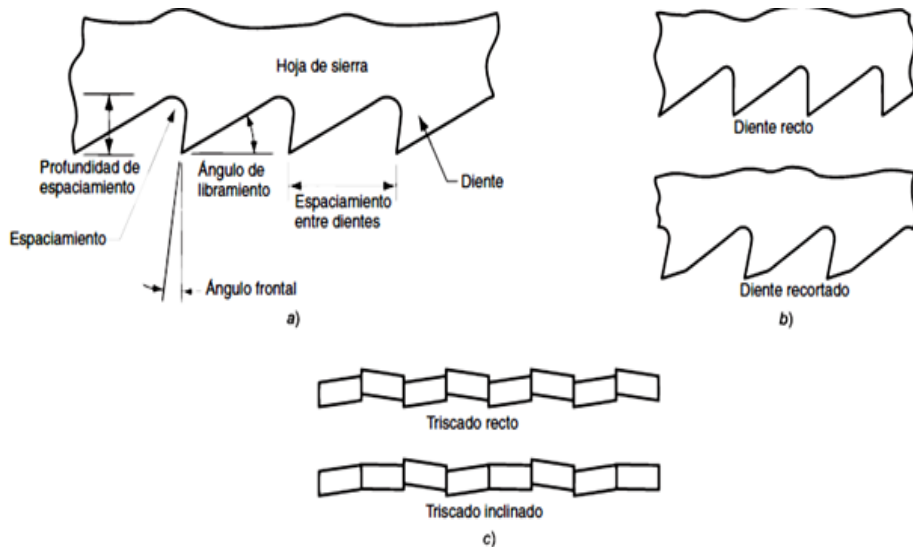
El movimiento acelerado se logra mediante el viaje lineal de la herramienta al pasar por la superficie de trabajo.

- Hojas con sierra. Tienen ciertas características comunes, incluyendo la forma de los dientes, el espaciado entre los mismos y su disposición,



como se puede observar en la figura 38. La forma de los dientes tiene que ver con la configuración geométrica de cada diente de corte.

Figura 38. **Características de las hojas de sierra**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 154.

El ángulo de inclinación, ángulo de espacio, espaciado entre dientes y otras características geométricas se muestran en la figura 38 a). El espaciado entre dientes es la distancia entre dientes adyacentes de la sierra. Este parámetro determina el tamaño de los dientes y el espaciado entre dientes. El espaciado proporciona el espacio para la formación de la viruta por los dientes de corte adyacentes.

Las diferentes formas de dientes son más o menos adecuadas para los diferentes materiales de trabajo y condiciones de corte. En la figura 38 b) se muestran dos formas comúnmente utilizadas en corte con segueta y aserrado con cinta.

La disposición dentada (triscado) permite que el corte por la hoja de la sierra sea más amplio que el ancho de la sierra misma; de otra forma la hoja se podría pegar en las paredes del corte hecho por la sierra. En la figura 38 c) se muestran dos triscados comunes con sierra.

### **3.4.4.3. Velocidad, avances y refrigeración**

- Refrigeración

Un fluido para corte es un líquido o gas que se aplica directamente a la operación de maquinado para mejorar el desempeño del corte. Los dos problemas principales que atienden los fluidos para corte son:

- La generación de calor en las zonas de corte y fricción y
- Fricción en las interfaces herramienta-viruta y herramienta-trabajo

Además de la remoción del calor y la reducción de la fricción, los fluidos para corte brindan beneficios adicionales: lavado de las virutas (especialmente en esmerilado y fresado), reducción de la temperatura de la pieza de trabajo para un manejo más fácil, disminuir las fuerzas de corte y los requerimientos de potencia, mejorar la estabilidad dimensional de la pieza de trabajo y optimizar el acabado superficial.

- Tipos de fluidos para corte

Funciones de los fluidos para corte de acuerdo con los dos principales problemas de los fluidos para corte, hay dos categorías generales: refrigerantes y lubricantes. Los refrigerantes son fluidos para corte diseñados para reducir los efectos del calor en las operaciones de maquinado.

Tienen efecto limitado sobre la magnitud de energía calorífica generada durante el corte, pero extraen el calor que se genera; de esta manera se reduce la temperatura de la herramienta y de la pieza de trabajo, y ayuda a prolongar la vida de la herramienta de corte.

Los fluidos para corte tipo refrigerante parecen ser más efectivos a velocidades de corte relativamente altas, donde la generación del calor y las altas temperaturas son un problema. Son más efectivos en los materiales susceptibles a las fallas por temperatura, como los aceros de alta velocidad, y se usan frecuentemente en operaciones de torneado y fresado donde se genera calor en grandes cantidades.

Los lubricantes son fluidos basados generalmente en aceite, formulados para reducir la fricción en las interfaces herramienta-viruta y herramienta-trabajo. Los fluidos lubricantes de corte operan por lubricación de presión extrema, una forma especial de lubricación que involucra la formación de una capa delgada de sales sólidas sobre la superficie caliente y limpia del material a través de reacciones químicas con el lubricante.

Los compuestos de azufre, cloro y fósforo del lubricante causan la formación de estas capas superficiales, que actúan para separar las dos superficies metálicas (es decir, de la viruta y de la herramienta).

Los fluidos para procesos de corte tipo lubricante son más efectivos a velocidades bajas de corte; tienden a perder su efectividad a altas velocidades (arriba de aproximadamente 120 m/min, 400 ft/min), debido a que el movimiento de la viruta a estas velocidades previene que el fluido para corte alcance la interfaz herramienta-viruta. Además de las altas temperaturas de corte que

generan estas velocidades, los aceites se vaporizan antes de que puedan lubricar.

Aunque el propósito principal de un lubricante es reducir la fricción, también reduce la temperatura a través de varios mecanismos. En primer lugar, el calor específico y la conductividad térmica del lubricante ayudan a remover el calor de la operación, reduciendo por tanto la temperatura.

En segundo lugar, debido a que se reduce la fricción, también se reduce el calor generado como resultado de la fricción. En tercer lugar, un coeficiente más bajo de fricción se traduce en un menor ángulo de fricción.

De acuerdo con la ecuación de Merchant, un menor ángulo de fricción ocasiona un aumento del ángulo del plano cortante; por consiguiente, la magnitud de la energía calorífica generada en la zona de corte se reduce.

Los fluidos para corte (refrigerantes y lubricantes) ponen de manifiesto su efecto en la ecuación de Taylor para la vida de la herramienta a través de valores más altos de  $C$ . Son típicos los incrementos de 10 % a 40 %. La pendiente  $n$  no se afecta significativamente.

Formulación química de los fluidos para corte Hay cuatro categorías básicas de fluidos para corte de acuerdo con su formulación química: 1) aceites para corte, 2) aceites emulsificador, 3) fluidos semiquímicos y 4) fluidos químicos.

Todos estos fluidos para corte proporcionan funciones refrigerantes y lubricantes. Los aceites de corte son más eficientes como lubricantes, mientras

que las otras tres categorías son más eficientes como refrigerantes, ya que están formados principalmente por agua.

Debido a que contienen aceite y agua, los aceites emulsificantes combinan las cualidades de lubricación y refrigeración en un solo fluido para corte.

Los fluidos químicos son sustancias químicas disueltas en agua, más que aceites en emulsión. Las sustancias químicas disueltas son compuestas de azufre, cloro o fósforo y agentes humectantes. Las sustancias químicas se destinan a suministrar algún grado de lubricación a la solución.

Los fluidos Semi-químicos son fluidos químicos que contienen pequeñas cantidades de aceite emulsificado para incrementar las características lubricantes del fluido para corte. De hecho, es una clase híbrida entre fluidos químicos y aceites emulsificantes.

- Aplicación de los fluidos para corte

El método más común es la inundación, llamada algunas veces enfriamiento por inundación, debido a que se usa generalmente con fluidos de enfriamiento. En este método se dirige una corriente constante de fluido hacia la interfaz herramienta-trabajo o herramienta-viruta de la operación de maquinado.

Un segundo método consiste en la aplicación de niebla, usada principalmente en fluidos para corte basados en agua. En este método se dirige el fluido hacia la operación en forma de niebla acarreada a alta velocidad por una corriente de aire presurizado. La aplicación de niebla no es generalmente tan efectiva como la inundación de la herramienta de corte.

Filtración de los fluidos para corte y maquinado, en seco los fluidos para corte se contaminan al cabo del tiempo con una variedad de sustancias extrañas. Estos contaminantes incluyen aceites sucios (aceite de máquina, fluidos hidráulicos, etc.), basura (colillas de cigarro, alimentos, etc.), pequeñas virutas, hongos y bacterias. Además de causar malos olores y riesgos a la salud, los fluidos para corte contaminados no desempeñan sus funciones tan bien. Algunas alternativas para manejar este problema son las siguientes:

- Reemplazar el fluido para corte a intervalos regulares y frecuentes (quizá dos veces por mes).
- Usar un sistema de filtración continuamente o en forma periódica para limpiar el fluido.
- Maquinar en seco, es decir, realizar el maquinado sin fluidos para corte.

Se han instalado sistemas de filtración en numerosos talleres de máquinas para resolver los problemas de contaminación. Las ventajas de estos sistemas incluyen:

- Prolongación de la vida de los fluidos para corte entre cambios, en lugar de reemplazar el fluido una o dos veces por mes, se han reportado vidas de refrigerantes hasta de un año.
- Se reducen los costos de disposición de los fluidos, ya que ésta es mucho menos frecuente cuando se usan filtros.
- Fluidos para corte más limpio para un mejor ambiente de trabajo y reducción de los riesgos contra la salud.

- Menor mantenimiento de las máquinas herramienta.
- Una vida más larga de las herramientas. Hay varios tipos de sistemas para filtrar los fluidos para corte.

La tercera opción se llama maquinado en seco, lo que significa que no se utiliza ningún fluido para corte. El maquinado en seco evita los problemas asociados con la contaminación del fluido para corte, su desecho y filtración; sin embargo, puede presentar problemas por sí mismo:

- Sobrecalear la herramienta.
- Operación a velocidades de corte y de producción más bajas para prolongar la vida de la herramienta.
- Adolecer de los beneficios de la remoción de viruta en el molido y el fresado.

#### **3.4.4.4. Taladro**

El taladro es una herramienta empleada para practicar orificios sobre distintos materiales. Entre las funciones que puede cumplir esta herramienta multifuncional están, además de la de perforar, dar terminación a barrenos o agujeros, mediante el acople de accesorios también lijar, fresar, atornillar y más. El mecanismo de los taladros trabaja en base a dos movimientos, la rotación de la broca, y su avance y penetración.

#### **3.4.4.5. Conceptos básicos e identificación de equipo**

El taladrado es un término que cubre todos los métodos para producir agujeros cilíndricos en una pieza con herramientas de arranque de viruta. Además del taladrado de agujeros cortos y largos, también cubre el trepanado y los mecanizados posteriores tales como escariado, mandrinado, roscado y brochado.

La diferencia entre taladrado corto y taladrado profundo es que el taladrado profundo es una técnica específica diferente que se utiliza para mecanizar agujeros donde su longitud es varias veces más larga que su diámetro.

Los parámetros de corte fundamentales que hay que considerar en el proceso de taladrado son los siguientes:

- Elección del tipo de broca más adecuado
- Sistema de fijación de la pieza
- Velocidad de corte ( $V_c$ ) de la broca expresada de metros/minuto
- Diámetro exterior de la broca u otra herramienta
- Revoluciones por minuto (rpm) del husillo portabrocas
- Avance en mm/rev. de la broca
- Avance en mm/mi de la broca
- Profundidad del agujero
- Esfuerzos de corte
- Tipo de taladradora y accesorios adecuados



#### **3.4.4.5.1. Tipos de taladros**

Las taladradoras pueden clasificarse de acuerdo con una de sus características constructivas.

- Taladradora vertical. Puede ser de avance manual o de avance automático. En los dos casos los husillos se encuentran en posición vertical. La diferencia esencial consiste en la sensibilidad a la acción de la broca que existe en el volante de avance de la taladradora manual. En la taladradora de avance automático se pierde la sensibilidad del avance de la broca en el momento de iniciar el suministro de potencia. Los dos tipos de se encuentran disponibles en modelos para banco y piso y en un amplio rango de tamaños.
- Taladradora múltiple. Compuesta por varios cabezales para taladrar, montados sobre una misma mesa. Este tipo de taladradora no debe confundirse con la máquina de husillos múltiple. En el caso de la taladradora múltiple, cada husillo cuenta con su propia unidad de potencia o motor. En la taladradora de husillos múltiples se utiliza un motor para accionar varios husillos. Esto quiere decir, que en la máquina pueden existir varios motores para accionar diversos grupos de usillos. Las taladradoras múltiples o de transferencia son bancos de husillos entre los cuales la pieza se desplaza conducida por una banda transportadora, en cada estación se ejecuta una operación diferente sobre la pieza.
- La taladradora radial. Cuenta con un brazo radial montado en una columna. El cabezal del husillo está montado en el brazo radial. El brazo radial puede girar alrededor de la columna o desplazarse en la dirección

de su eje mientras que, el cabezal del husillo puede desplazarse sobre el brazo.

La combinación de estos tres movimientos da gran flexibilidad al posicionamiento de la broca sobre la pieza. Se cuenta con mecanismos automáticos para el posicionamiento del cabezal del husillo y para el avance.

- Taladradoras para agujeros profundos. Son máquinas de producción en las cuales bien sea la pieza o la broca permanece estacionaria mientras que, la otra gira y avanza. Las brocas para perforar agujeros profundos son especiales. Estas taladradoras permiten perforar gran cantidad de piezas contando todas con la misma presión en lo referente a las dimensiones y rectitud del agujero. Estas taladradoras pueden ser de tipo horizontal y vertical.

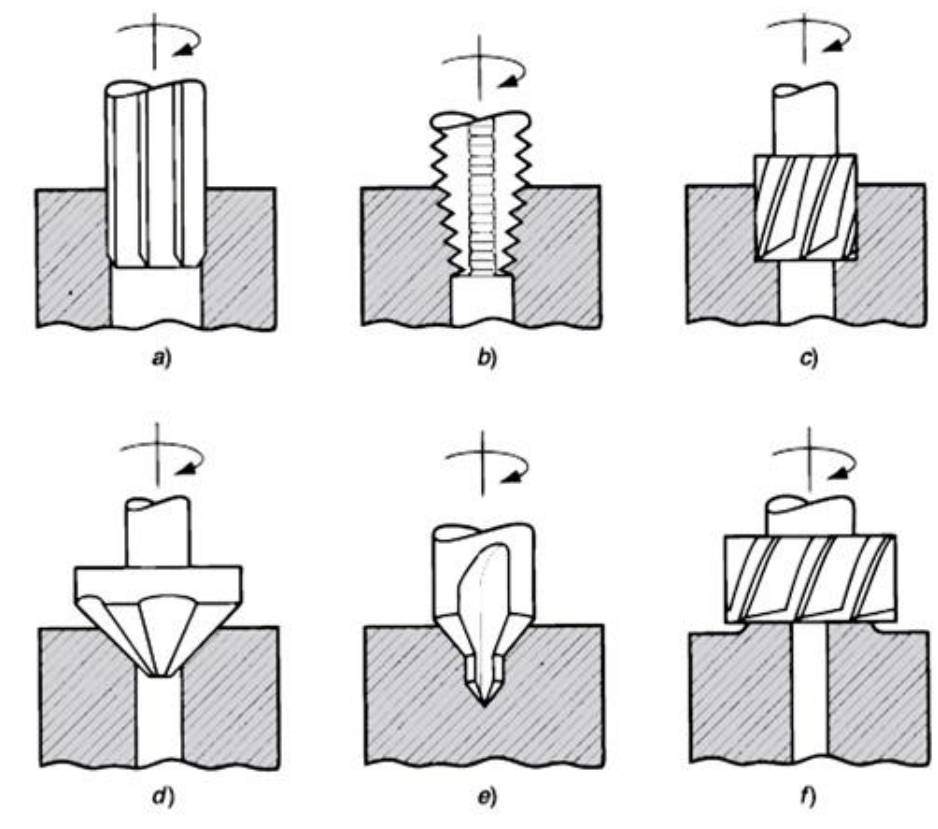
#### **3.4.4.5.2. Taladros y avellanado**

Varias operaciones se relacionan con el taladrado. Dichas operaciones se muestran en la figura 39. La mayoría de las operaciones son posteriores al taladrado. Primero debe hacerse un agujero por taladrado y después modificarse por alguna de estas operaciones. El centrado y el refrentado son excepciones a esta regla. Todas las operaciones usan herramientas rotatorias.

- Escariado. Se usa para agrandar ligeramente un agujero, suministrar una mejor tolerancia en su diámetro y mejorar su acabado superficial. La herramienta se llama escariador y, por lo general, tiene ranuras rectas.
- Roscado interior. Esta operación se realiza por medio de un machuelo y se usa para cortar una rosca interior en un agujero existente.

- Abocardado. En el abocardado se produce un agujero escalonado en el cual un diámetro más grande sigue a un diámetro más pequeño parcialmente dentro del agujero. Se usa un agujero abocardado para asentar las cabezas de los pernos dentro de un agujero, de manera que no sobresalgan de la superficie.
- Avellanado. Es una operación similar al abocardado salvo que el escalón en el agujero tiene forma de cono para tornillos y pernos de cabeza plana.

Figura 39. Operaciones de maquinado relacionados con el taladro



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 162.

### **3.4.4.5.3. Medición y verificación de taladros**

Se deberá verificar el tamaño y la posición. El centro, marcado con granete, del agujero que se quiera taladrar, tiene que hallarse exactamente debajo de la punta de la broca; la mesa tiene que hallarse libre de virutas y toda clase de cuerpos pequeños; cuando se practican agujeros pasantes puede ser deteriorada la mesa por agujerearla con la broca, por ello al salir del agujero que se ha practicado en la pieza, debe coincidir con un agujero o lumbrera que lleva la mesa, y si la mesa no tiene se colocará una pieza de madera o piezas paralelepípedicas de igual altura de modo que den entre sí un hueco necesario para alojar la punta de la broca.

Al taladrar se engendran momentos de giro que tienen tendencia a hacer girar la pieza. Estos esfuerzos se hacen especialmente sensibles cuando la punta de la broca sale del taladro. La pieza debe ser asegurada contra ese giro. Lo más seguro es sujetar de modo fijo la pieza. Se emplea para ello el tornillo de banco o de la mesa de taladrar.

Para la realización del procedimiento se debe de tomar en cuenta las siguientes medidas de seguridad.

- Asegurar las piezas contra el giro.
- No separar las virutas con las manos; no soplar las pequeñas virutas, empléense tenazas o brochas.
- Los cabellos sueltos y colgantes y mangas o chalecos sueltos pueden ser enganchados por el husillo portaútil.

#### **3.4.4.5.4. Escariadores**

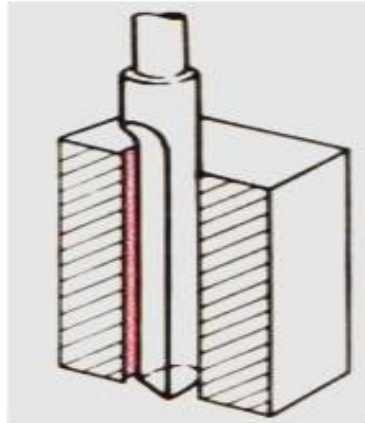
Para taladrar se emplea preferentemente la broca espiral. Además, existen para diversos fines un gran número de brocas especiales. El material adecuado para las brocas es el acero rápido.

La broca espiral, está normalizada, el vástago sirve para sujeción en la máquina, este vástago o mango puede ser cilíndrico o cónico; la parte cortante obtiene su forma fundamental mediante dos ranuras helicoidales. La sección de material que queda entre las ranuras se llama núcleo. Los filos principales se forman mediante esmerilado de la punta. Entre las dos superficies de incidencia se halla el filo transversal no corta, sino que rasca únicamente.

El filo empuja el material al centro del agujero delante de los filos principales y consume con ello aproximadamente 40 % del esfuerzo de avance. Los biseles dan a la broca la necesaria guía e impiden que roce con su parte dorsal en el agujero taladrado. Con el objeto de que el taladrar agujeros profundos no resulten deteriorados los biseles, se hace disminuir el diámetro de la broca hacia el mango como unos 0,05 mm por cada 100 mm de longitud.

La broca para agujeros profundos conocida como la broca para barrenar cañones, es adecuada para la ejecución de taladros profundos y exactos. No trabaja sino por un solo filo. Como se muestra en la figura 40.

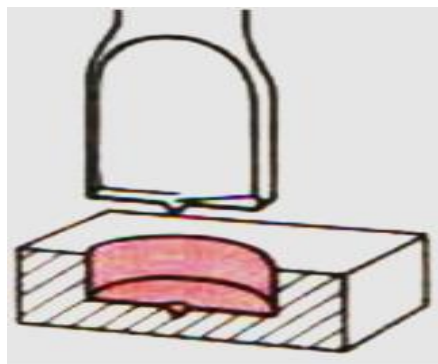
Figura 40. **Broca para agujeros profundos**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 97.

La broca de centrar se emplea cuando los agujeros han de tener un fondo plano. Lleva una punta que sirve de guía ver figura 41.

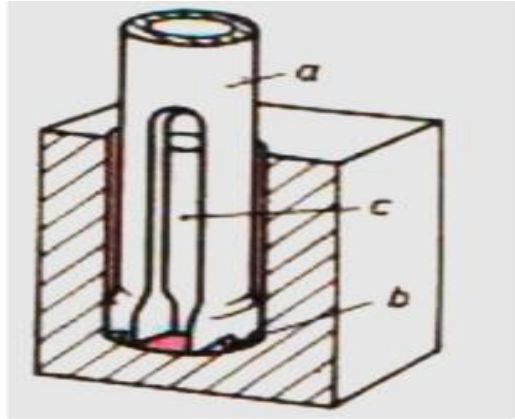
Figura 41. **Broca de centrar**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 99.

La broca hueca recorta un núcleo en el material, se emplea predominantemente en máquinas especiales de taladrar, ver figura 42.

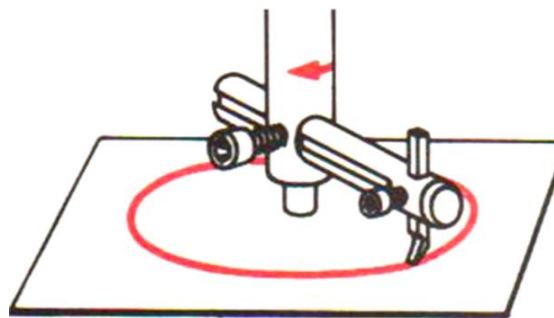
Figura 42. **Taladro con broca hueca**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 99.

La cuchilla de recortar sirve para recortar agujeros de diferentes dimensiones. Ver figura 43.

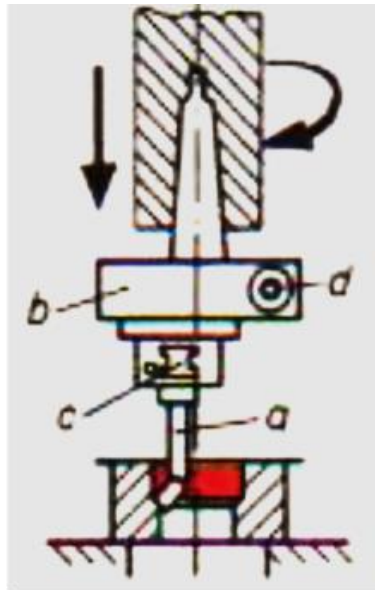
Figura 43. **Cuchilla de recortar**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 101.

La cuchilla de cilindrar puede practicarse agujeros grandes. En los materiales para la realización de alguna pieza que se desee para alguna tubería o algún accesorio. Ver figura 44.

Figura 44. **Taladro con cuchilla de cilindrar**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 107.

#### **3.4.4.5.5. Ángulos y selección de broca y escariadores**

Geometría de los filos. Lo mismo que con todas las herramientas para trabajar por arranque de viruta, se dan también en la broca espiral los ángulos de incidencia, de ataque y de filo. El ángulo de incidencia, las superficies de incidencia caen en forma curvada, hacia abajo, partiendo de los filos principales, medido en las esquinas del filo, tiene que tener una magnitud de 5 a 8°. El ángulo de ataque, está formado por el ángulo de las ranuras espirales, tiene su medida máxima en las esquinas de los filos y disminuye hacia el centro

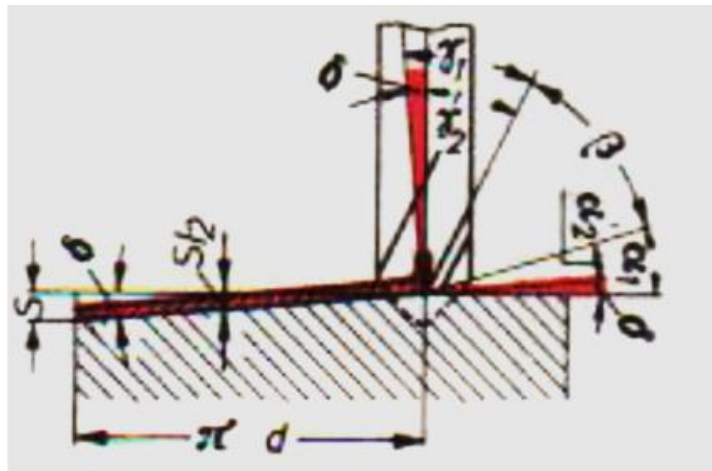


de la broca hasta casi lo  $0^\circ$ . La consecuencia de esto es que la formación de virutas resulta entorpecida hacia el centro.

Los ángulos de incidencia y de ataque son influidos por el avance en su magnitud eficaz. El ángulo de filo de cuña, con la magnitud del ángulo de incidencia y de la espiral queda al mismo tiempo determinada la magnitud del ángulo de filo. El ángulo en la punta abarca los dos filos principales, su magnitud se elige de tal modo que se formen filos principales rectilíneos.

Influencia del avance sobre los ángulos de incidencia y de ataque, o de desprendimiento de la viruta; el perímetro de la broca se representa en forma de línea recta ( $\pi * d$ ). Como el filo penetra en el material, durante una revolución, en la longitud igual al avance S, su recorrido no es horizontal sino inclinado en el valor del ángulo de inclinación del avance. Como se muestra en la figura 45.

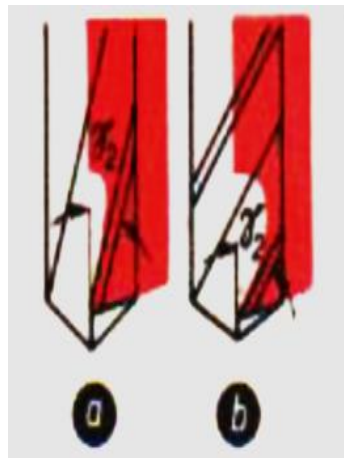
Figura 45. **Influencia del avance sobre los ángulos de incidencia y de ataque**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 107.

En la figura 46 se muestran el ángulo de ataque o de desprendimiento de viruta, corresponde aproximadamente al ángulo de la espiral. Se tienen las opciones (a) y (b).

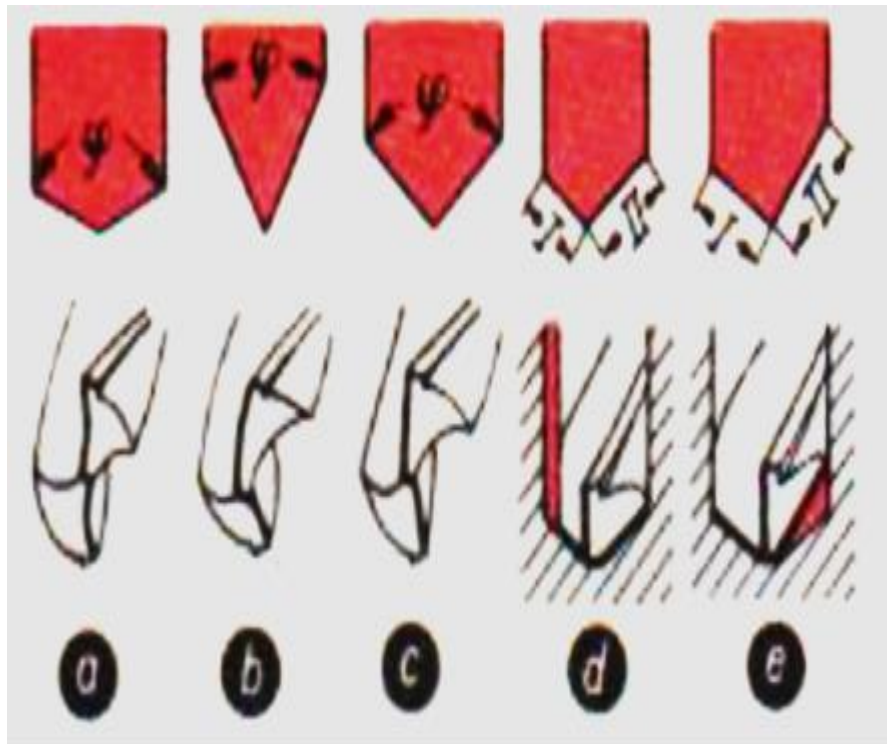
Figura 46. **Ángulo de ataque para materiales duros**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 110.

En el afilado de la punta. Se muestran en la figura 47 a) filos principales arqueados hasta atrás:  $\varphi$  demasiado grande. Ver figura 47 b) filos principales arqueados hacia adelante:  $\varphi$  demasiado pequeño. Ver figura 47 c) filos principales rectos:  $\varphi$  correcto. Ver figura 52 d) filos de longitud desigual; el talador resulta demasiado grande. Ver figura 47 e) ángulos de la punta desiguales: el filo se embota rápidamente, porque solo trabaja un filo.

Figura 47. **Afilado del ángulo de la punta**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 112.

Los distintos materiales que se trabajan les corresponden determinados tipos de herramientas. Según DIN se distinguen los siguientes tipos; herramientas de tipo N (normal) para aceros normales de construcción de máquinas, fundición gris blanda, metales no férricos de dureza media.

Herramienta tipo H (*hart*, duro) para materiales especialmente duros y materiales tenaces y duros. Herramienta tipo W (*weich*, blando) para materiales especialmente blandos y tenaces.

Tabla III. Valores prácticos para ángulo de la espiral  $\tau_2$  extracto de DIN 1414

Diámetros D	Tipo W	Tipo H	Tipo N
Hasta 0,6	-	-	16°
Mayor que 0,6 hasta 1	-	-	18°
Mayor que 1 hasta 3,2	35°	10°	20°
Mayor que 3,2 hasta 5	35°	12°	22°
Mayor que 5 hasta 10	40°	13°	25°
Mayor que 10	40°	13°	30°

Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 115.

Tabla IV. Normas para el empleo de los tipos de herramienta N, H, W (extracto de DIN 1414)

Material a trabajar	Tipo de herramienta	Ángulo de la punta
Acero, acero moldeado: 40 a 70 kg/mm <sup>2</sup>	N	118°
70 a 120 kg/mm <sup>2</sup>	N	130°
Fundición gris, fundición maleable	N	118°
Latón		
Hasta Ms 58	H	118°
Desde Ms 60	N	
Cobre hasta		
$\phi$ broca = 30 mm	W	140°
$\phi$ broca más de 30 mm	N	
Aleación de aluminio:		
De viruta larga	W	140°
De viruta corta	N	
Material a trabajar	Tipo de herramienta	Ángulo de la punta
Mat. Moldeados a presión		
Espesores $s \leq d$	H	80°
Espesores $s \geq d$	W	
Materias prensadas por capas, goma dura	H	80°
Mármol, pizarra, carbón	H	80°

Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 121.

### 3.4.4.5.6. Teoría del corte

El número de revoluciones de la broca está relacionado con la velocidad de corte y con el diámetro de la broca. Se entiende por velocidad de corte en la operación de taladrado, el recorrido del punto más exterior del filo de la broca en m/min.

Ejemplo: se trata de practicar un agujero en una llanta de acero. Los datos son los siguientes diámetros del agujero: 14 mm; material de la llanta acero St 37. Hallar el número de revoluciones ( $n$ ) de la broca.

Solución: se ha elegido una velocidad de corte de  $v = 22$  m/ min.

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{22 \text{ m/min} \cdot 1000}{3,14 \cdot 14 \text{ mm}} = 501 \frac{\text{rev}}{\text{min}}..$$

Al contar con una taladradora con los siguientes números de revoluciones 45,7 – 75 – 118 – 190 – 300 – 475 – 750 – 1180 por minuto. Se deberá de escoger un número de revoluciones igual a 475 por minuto.

El avance se expresa en mm por revolución de la broca, siendo por ejemplo 0,2 mm/rev. De esta magnitud depende el espesor de la viruta, la fuerza de avance necesaria y la calidad de la superficie de las paredes del taladro realizado. El avance admisible se determina teniendo en cuenta el material a taladrar y el diámetro de la broca que se utiliza.

Por medio de una abundante aportación de líquido refrigerante adecuado se elimina el calor, se eleva la capacidad de corte y se mejora la calidad superficial de las paredes del agujero. Para la comprensión de los caracteres en

la tabla V y tabla VI, se tiene que T es igual a taladrina, C es aceite de corte y de refrigeración y S es en seco.

Tabla V. **Velocidades de corte ( $v$ ), avance ( $s$ ) y refrigeración para brocas de acero SS**

Material	Diámetro de la broca						Refrigeración
	5	10	15	20	25	30	
Acero	0,1	0,18	0,25	0,28	0,31	0,34	T
St 37-3	15	18	22	26	29	32	
Acero	0,1	0,18	0,25	0,28	0,31	0,35	C
St 50-1	13	16	20	23	26	28	
Acero	0,07	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23	C
St 70-2	12	14	16	18	21	23	
Fundición	0,15	0,24	0,3	0,32	0,35	0,38	S
GG 10	24	28	32	34	37	39	
Fundición	0,15	0,24	0,3	0,33	0,4	0,38	T
GG 20	16	18	21	24	26	27	

Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 125.

Tabla VI. **Velocidad de corte ( $v$ ), avance ( $s$ ) y refrigeración para brocas de acero SS**

Material	Diámetro de la broca						Refrigeración
	5	10	15	20	25	30	
Latón	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	T o C
Hasta 40 kg/mm <sup>2</sup>	60 ... 70 m/min						
Bronce	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	S
Hasta 30 kg/mm <sup>2</sup>	30 ... 40 m/min						
Aluminio puro	0,05	0,12	0,2	0,3	0,35	0,4	T o C
Aleaciones de aluminio	0,12	0,2	0,3	0,4	0,46	0,5	S
Aleaciones de magnesio	0,15	0,2	0,3	0,38	0,4	0,45	S

Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 127.

#### **3.4.4.5.7. Movimientos al perforar con taladradora**

Como herramienta para taladrar en material macizo se utiliza preferentemente la broca dos cortes. Con objeto de que los cortes o filos puedan arrancar virutas se necesitan dos movimientos simultáneos.

El primero es el de rotación de la broca, el movimiento de giro se llama también movimiento de corte o movimiento principal. Este movimiento se mide por la velocidad de corte en m/min, esta es máxima en la periferia de la broca y disminuye hacia su eje.

El segundo movimiento es el avance de la broca es rectilíneo contra la pieza, este movimiento determina el espesor de la viruta; también puede tener lugar por movimiento de la pieza contra la broca animada de movimiento de rotación, este movimiento se mide en mm/rev.

#### **3.4.4.5.8. Herramientas para taladrar**

Para taladrar se emplea preferentemente la broca espiral. Además, existen diversos tipos de brocas. Entre las herramientas para taladrar se encuentra la broca espiral, broca para agujeros profundos, broca para de centrar, broca hueca, broca de recortar, cuchilla de cilindrar, las barras portaherramientas, y los sujetadores de la broca.

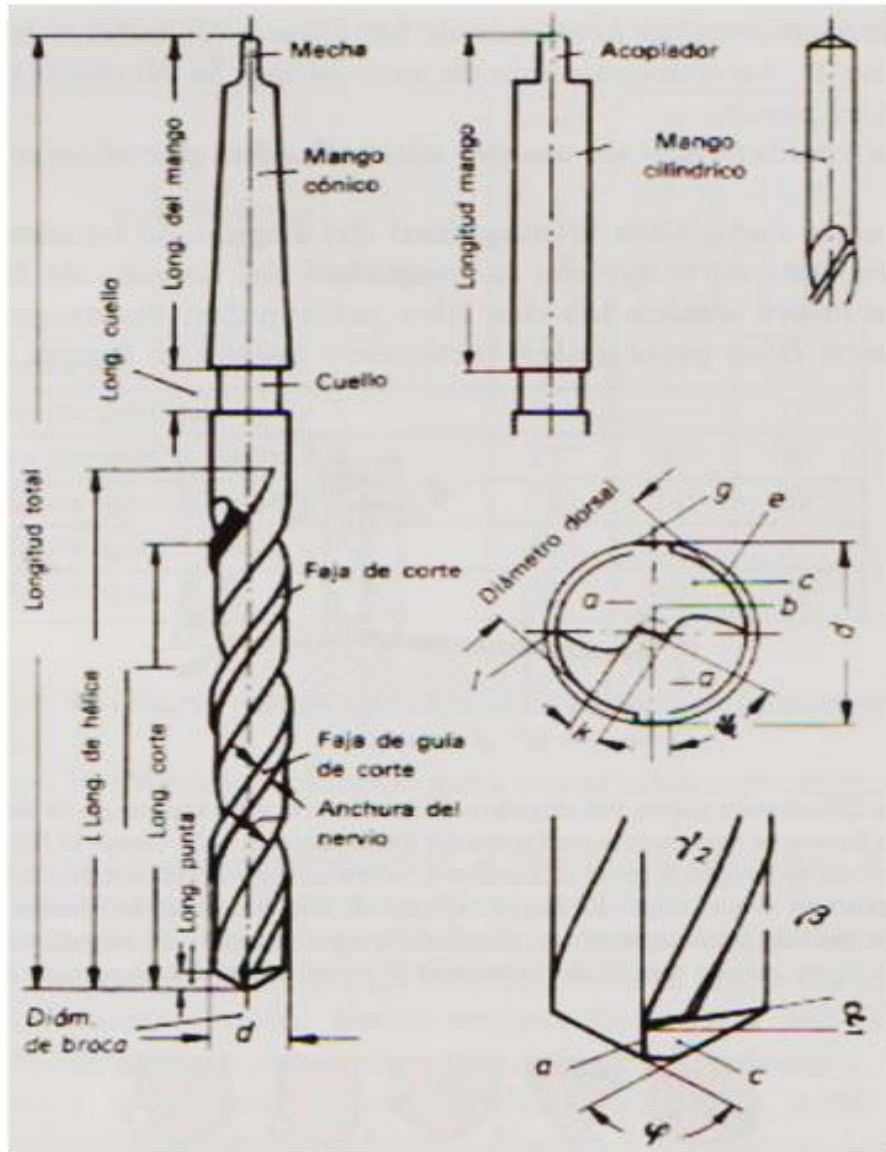
Las brocas espirales más usuales están normalizadas. El vástago o mango puede ser cilíndrico o cónico. La parte cortante obtiene su forma fundamental mediante dos ranuras helicoidales. Como se muestra en la figura 48.

La sección de material que queda entre las ranuras se llama núcleo, los filos principales se forman mediante esmerilado de la punta. Entre las dos superficies de incidencia se halla el filo transversal que forma, con ambos filos principales, el ángulo de los filos transversales. El filo transversal no corta, sino que rasca únicamente. El filo empuja el material del centro del agujero delante de los filos principales y consume con ello aproximadamente el 40 % del esfuerzo de avance.

Los biseles dan a la broca la necesaria guía e impiden que roce con su parte dorsal en el agujero taladrado. Con el objeto de que al taladrar no resulten deteriorados los biseles, se hace disminuir el diámetro de la broca hacia el mango como unos 0,05 mm por cada 100 mm de longitud.



Figura 48. Designación de la broca espiral, ángulo de incidencia en las esquinas del filo, ángulo de la espiral de las esquinas

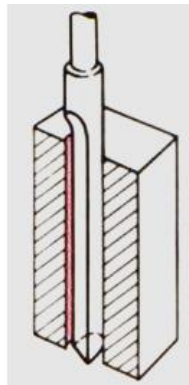


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 130.

#### 3.4.4.5.9. Herramientas especiales para taladrar

La broca para agujeros profundos es adecuada para la ejecución de taladros profundos y exactos. Trabaja por un solo filo. Como se muestra en la figura 49.

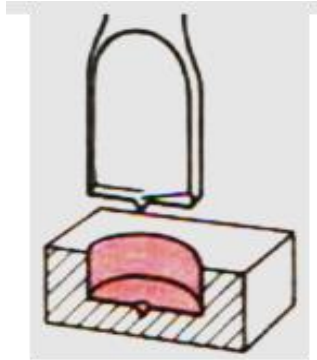
Figura 49. Broca para agujeros profundos



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 133.

La broca de centrar se emplea cuando los agujeros han de tener un fondo plano. Lleva una punta que sirve de guía. Como se muestra en la figura 50.

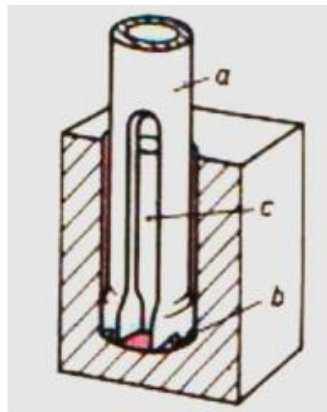
Figura 50. **Broca de centrar**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 135.

La broca hueca recorta un núcleo en el material, se emplea en máquinas especiales de taladrar. Como se muestra en la figura 51.

Figura 51. **Taladro con la broca hueca**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 136.

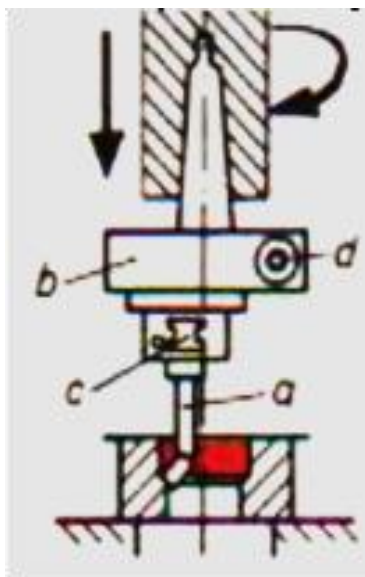
La cuchilla de recortar sirve para recortar agujeros, como se muestra en la figura 52. Con la cuchilla de cilindrar pueden practicarse agujeros grandes como se muestra en la figura 53.

Figura 52. **Cuchilla de recortar**



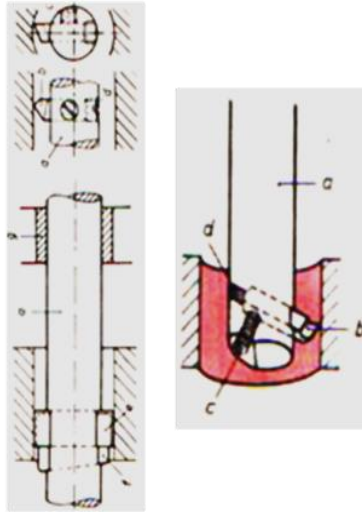
Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 133.

Figura 53. **Taladro con cuchilla de cilindrar**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 135.

Figura 54. **Barra porta herramientas guiada para ejecución de agujeros largos**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 137.

#### 3.4.4.5.10. Amoladora

Se llama amoladora o moladora a una máquina herramienta también conocida como muela, que consiste en un motor eléctrico a cuyo eje de giro se acoplan en ambos extremos discos sobre los que se realizan diversas tareas, según sea el tipo de disco que se monten en la misma.

Los discos de material blando y flexible se utilizan para el pulido y abrillantado de metales mientras los de alambre se emplean para quitar las rebabas de mecanizado que puedan tener algunas piezas. También pueden ser de material abrasivo, constituidos por granos gruesos o granos finos.

#### **3.4.4.5.11. Conceptos básicos e identificación de equipo**

Existen diferentes tipos de amoladoras que se caracterizan por el tamaño, la potencia y el diámetro de los discos. Estas son llamadas amoladoras y miniamoladoras.

- Las amoladoras pequeñas o miniamoladoras utilizan discos de 115 mm o 125 mm y sus potencias alternan entre los 500 W, 700 W y 800 W.
- Las amoladoras grandes cuentan con discos de 230 mm y sus potencias son más altas que llegan a los 2 000 W y 2 600 W.

A pesar de las similitudes, hay una diferencia significativa entre el esmerilado y el fresado:

- Los granos abrasivos en la rueda son mucho más pequeños y numerosos que los dientes del cortador de una fresa.
- Las velocidades de corte en el esmerilado son mucho más altas que en el fresado.
- Los granos abrasivos en una rueda de esmeril están orientados en forma aleatoria y tienen un ángulo de inclinación promedio muy alto.
- Una rueda de esmeril es autoafilante; al desgastarse la rueda, las partículas abrasivas pierden el filo y se fracturan para crear nuevos bordes cortantes, o se eliminan de la superficie de la rueda para dejar expuestos nuevos granos.

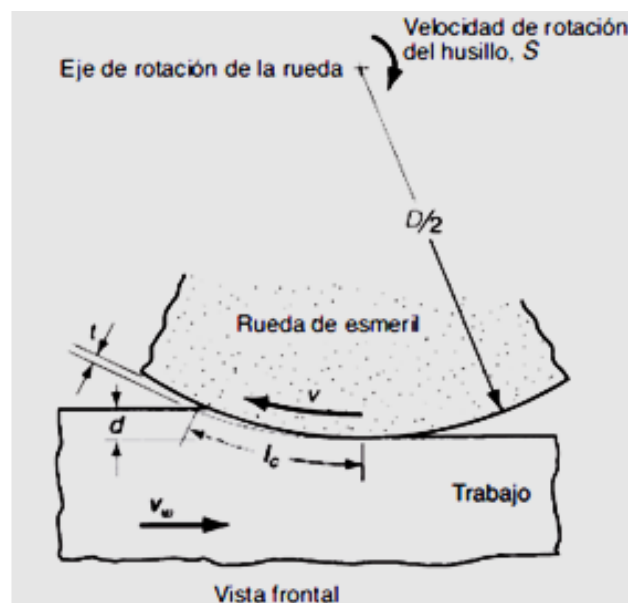
### 3.4.4.5.12. Movimientos principales

Las condiciones de corte en el esmerilado se caracterizan por velocidades muy altas y cortes muy pequeños, comparados con el fresado y otras operaciones de maquinado tradicional. Si se usa el esmerilado superficial para ilustrar las características principales del proceso, la velocidad periférica de la rueda de esmeril se determina mediante la velocidad de rotación de la rueda:

$$v = \pi DN \quad \text{velocidad de rotación} \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde  $v$  = velocidad lineal de la rueda, m/min (ft/min);  $N$  = velocidad de rotación del husillo, rev/min; y  $D$  = diámetro de la rueda, m (ft).

Figura 55. **La geometría de la superficie de esmerilado muestra las condiciones de corte**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 159.

La profundidad del corte  $d$ , llamada avance radial, es la penetración de la rueda dentro de la superficie original de trabajo. Al proseguir la operación, la rueda de esmeril avanza lateralmente a través de la superficie en cada ciclo de trabajo. Esto se llama avance transversal y determina el ancho de la trayectoria del esmerilado  $w$  en la figura 56. Este ancho, multiplicado por la profundidad  $d$ , determina el área de la sección transversal de corte. En la mayoría de las operaciones de esmerilado, el trabajo se mueve contra la rueda a una cierta velocidad  $v_w$ , de manera que la velocidad de remoción de material es:

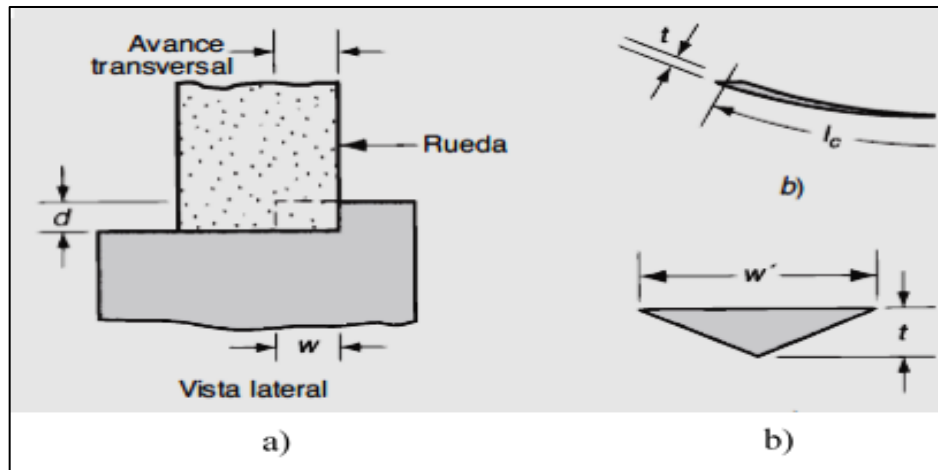
$$R_{MR} = v_w w d \quad \text{velocidad de remoción de material} \quad [\text{Ec. 7}]$$

Cada grano de la rueda de esmeril corta una viruta individual, cuya forma antes del corte se muestra en la figura 61 a) y cuya forma de sección transversal supuesta es triangular, como en la Figura 61 b). En el punto de salida del grano respecto al trabajo, donde la sección transversal de la viruta es mayor; este triángulo tiene una altura  $t$  y un ancho  $w'$ .

En una operación de esmerilado, lo que interesa es cómo se combinan las condiciones de corte con los parámetros de la rueda de esmeril para afectar los siguientes aspectos: 1) acabado superficial, 2) fuerzas y energía, 3) temperatura de la superficie de trabajo, 4) desgaste de la rueda.



Figura 56. **Forma longitudinal y sección transversal de una viruta simple**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 188.

La velocidad periférica de las muelas de esmerilar se designa también como velocidad de corte y se da en metros por segundo. Al aumentar la velocidad periférica crece también el peligro de que la muela salte en pedazos como consecuencia de la fuerza centrífuga. Para el cálculo de la velocidad periférica se tiene la siguiente ecuación:

- $v_s$  = velocidad periférica de la muela de esmerilar en m/s
- $D$  = diámetro de la muela de esmerilar en mm
- $n$  = número de revoluciones por minuto de la muela de esmerilar

$$v_s = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad \text{Cálculo de velocidad periférica de muelas} \quad [\text{Ec. 8}]$$

#### **3.4.4.5.13. Tipos de trabajo a realizar y accesorios a utilizar**

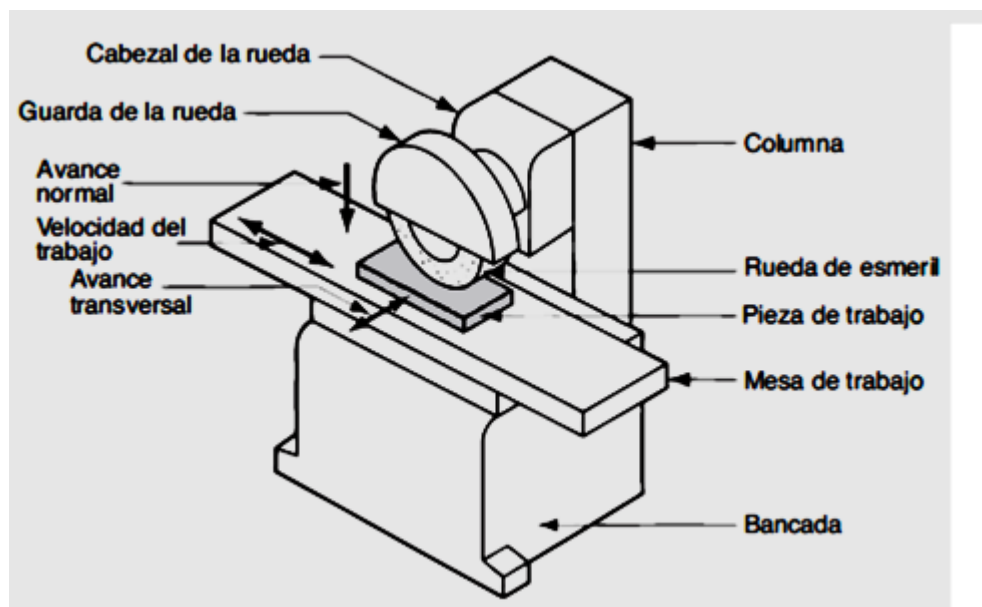
El rectificado se usa tradicionalmente para el acabado de piezas cuya geometría ha sido creada mediante otras operaciones. Por consiguiente, se han diseñado máquinas para rectificar superficies planas, cilindros exteriores o interiores y formas de contorno, como roscas.

Los contornos se crean frecuentemente por medio de ruedas de formado especial, que tienen el contorno opuesto al que se desea impartir al trabajo. El rectificado se usa también en los cuartos de herramientas para formar la geometría de las herramientas de corte. Además de estos usos tradicionales, las aplicaciones del esmerilado se están expandiendo para incluir operaciones de más alta velocidad y más alta remoción de material. El estudio de las operaciones y de las máquinas en esta sección incluyen los siguientes tipos: 1) esmerilado de superficies planas, 2) esmerilado de superficies cilíndricas, 3) esmerilado sin centros, 4) esmerilado de alta remoción de material, 5) otras operaciones de esmerilado.

El esmerilado de superficies planas se usa normalmente, como su nombre lo indica, para el esmerilado de superficies planas. Se realiza ya sea con la periferia de la rueda de esmeril o con la cara plana de la rueda. Como el trabajo se sostiene normalmente en una orientación horizontal, el esmerilado periférico se realiza girando la rueda en un eje horizontal, y el esmerilado frontal se realiza girando la rueda en un eje vertical. En cualquier caso, el movimiento relativo de la pieza de trabajo se logra mediante un movimiento oscilante de la pieza de trabajo frente a la rueda o haciéndola girar.

De los cuatro tipos, la máquina de husillo horizontal con mesa oscilante, y que es la más común, se muestra en la figura 57. El esmerilado se realiza haciendo oscilar el trabajo en forma longitudinal bajo la rueda a una profundidad muy pequeña y haciendo avanzar la rueda en forma transversal dentro del trabajo una cierta distancia entre cada recorrido. En estas operaciones el ancho de la rueda es generalmente menor que el de la pieza de trabajo.

Figura 57. **Esmeriladora de superficies planas con husillo horizontal mesa de trabajo oscilante**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 189.

Las máquinas de esmerilar con husillos verticales y mesas oscilantes se montan para que el diámetro de la rueda sea mayor que el ancho del trabajo.

Esmerilado cilíndrico como su nombre lo indica, se usa para piezas de revolución. Estas operaciones de esmerilado se dividen en dos tipos básicos, figura 58: a) esmerilado cilíndrico externo y b) esmerilado cilíndrico interno.

El esmerilado cilíndrico externo (también llamado esmerilado entre centros, para distinguirlo del esmerilado sin centros) se realiza en forma parecida a la operación de torneado.

Existen dos tipos de movimiento de avance: avance transversal y corte profundo. En el avance transversal la rueda de esmeril avanza en dirección paralela al eje de rotación de la pieza de trabajo. El avance normal se fija dentro de un rango típico de 0,0075 a 0,075 mm (0,0003 a 0,003 in). En el corte profundo, la rueda de esmeril avanza de manera radial dentro del trabajo. Las ruedas de esmerilado perfiladas usan este tipo de movimiento de avance.

El esmerilado cilíndrico interno opera en forma similar a la operación de torneado interno. La pieza de trabajo se sostiene por lo general en un mandril y se hace girar para obtener velocidades superficiales de 20 a 60 m/min (75 a 200 ft/min). Las velocidades superficiales de la rueda son similares a las del esmerilado cilíndrico externo. La rueda avanza en cualquiera de estas dos formas: avance transversal, y avance profundo.

El esmerilado sin centros es un proceso alternativo para esmerilar superficies cilíndricas internas y externas. Como su nombre lo indica, la pieza de trabajo no se sostiene entre los centros, lo cual produce una reducción del tiempo de manejo del trabajo.

El arreglo para el esmerilado externo sin centros consiste en dos ruedas: la rueda de esmeril y una rueda reguladora. Las piezas de trabajo, que pueden

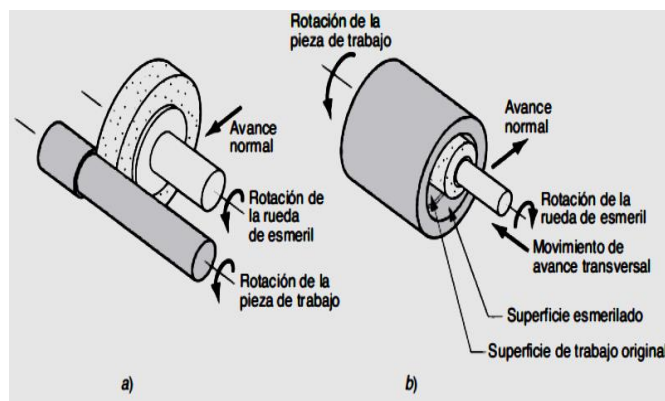
ser muchas piezas cortas individuales de varias pulgadas de largo, o varias barras largas, se sostienen mediante una cuchilla de apoyo y se alimentan a través de las dos ruedas. La rueda de esmeril hace el corte girando a una velocidad superficial de 1 200 a 1 800 m/min (4 000 a 6 000 ft/min). La rueda reguladora gira a velocidades mucho más bajas y está inclinada a un ángulo ligero  $I$  para controlar la alimentación del trabajo. La siguiente ecuación puede usarse para predecir la velocidad de alimentación, con base en un ángulo de inclinación y en otros parámetros del proceso:

Velocidad de alimentación, con base en un ángulo de inclinación

$$f_r = \pi D_r N_r \sin I \quad [\text{Ec. 9}]$$

Donde  $f_r$  = velocidad de avance, mm/min (in/min);  $D_r$  = diámetro de la rueda reguladora, mm (in);  $N_r$  = velocidad de rotación de la rueda reguladora en rev. /min; e  $I$  = ángulo de inclinación de la rueda reguladora.

Figura 58. **Dos tipos de esmerilado cilíndrico a) exteriores y b) interiores**

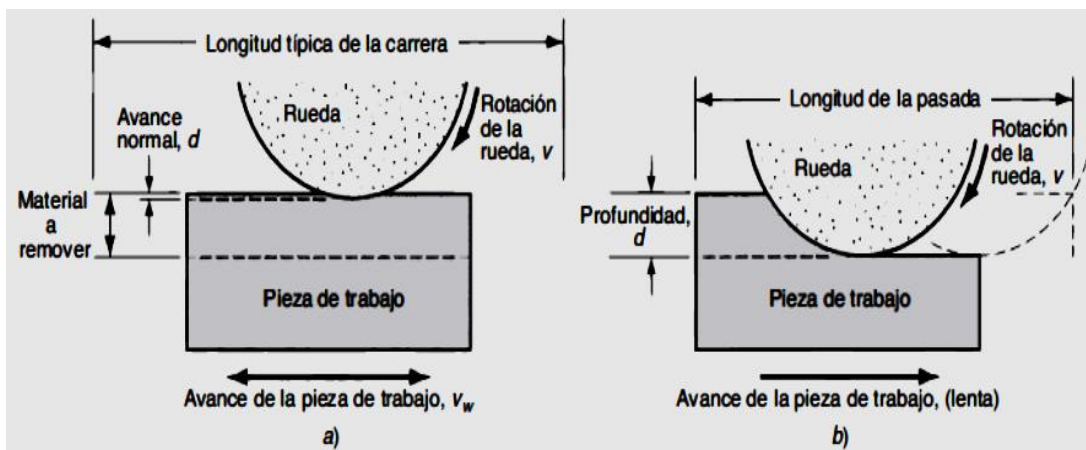


Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 191.

El esmerilado de alta remoción se realiza a profundidades de corte muy altas y a velocidades de avance muy bajas. La comparación con el esmerilado convencional se ilustra en la figura 59.

Las profundidades de corte en el esmerilado de alta remoción son de 1 000 a 10 000 veces más grandes que en el esmerilado superficial convencional, y las velocidades de avance se reducen alrededor de la misma proporción. Sin embargo, la tasa de remoción del material y la productividad se incrementan debido a que la rueda corta de manera continua.

Figura 59. **Comparación de a) esmerilado convencional y b) esmerilado de alta remoción de material**



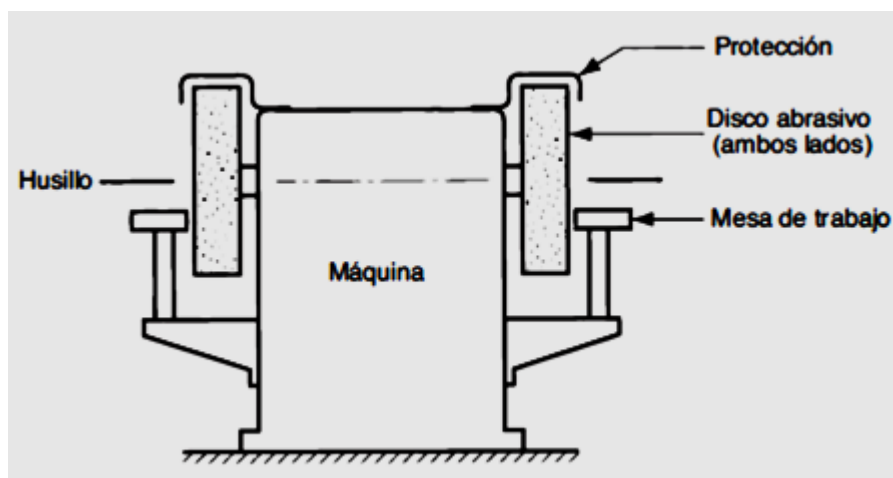
Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 212.

Las esmeriladoras de herramientas son máquinas de rectificar especiales, de varios diseños para afilar y reacondicionar las herramientas de corte. Las esmeriladoras de afilado de herramientas de propósito general usan aditamentos especiales y ajustes para acomodar una variedad de configuraciones geométricas de las herramientas. Las esmeriladoras de

herramientas de propósito único incluyen afiladores para fresas de engranes, afiladores de fresas de varios tipos, afiladores de brocas y afiladores de punta de brocas.

Las esmeriladoras de interiores verticales son máquinas usadas tradicionalmente para rectificar agujeros con alta precisión en piezas de acero endurecido. Las aplicaciones originales incluyen matrices y troqueles. Los esmeriles de disco son máquinas esmeriladoras con discos abrasivos grandes montados en ambos extremos de un husillo horizontal, como se muestra en la figura 60.

Figura 60. **Configuración típica de un esmeril de discos**



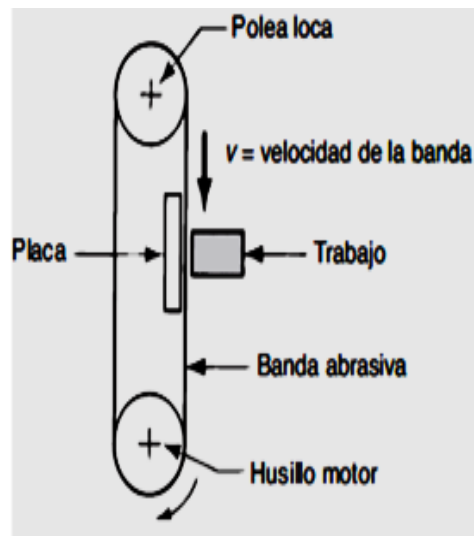
Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 215.

La configuración del rebabador es similar al esmeril de disco. La diferencia es que el esmerilado se hace en la periferia de la rueda más que en el lado plano de la rueda. El rebabado es generalmente una operación manual para

operaciones de esmerilado de desbaste, tales como remover la rebaba de piezas fundidas, forjado y alisado de las juntas soldadas.

El esmerilado con bandas abrasivas usa partículas abrasivas pegadas a una banda flexible. El arreglo típico se ilustra en la figura 61.

Figura 61. **Esmerilador de banda**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 217.

El soporte de la banda se requiere cuando el trabajo se presiona contra ella; este soporte se consigue por medio de un rodillo o placa localizada atrás de la banda. Se usa una placa plana para trabajos que necesiten superficies planas.

Se puede usar una placa suave si se quiere conformar la banda al contorno general de la pieza durante el esmerilado. La velocidad de la banda



depende del material que se está esmerilando. El rango típico es de 750 a 1 700 m/min (2 500 a 5 500 ft/min).

El término lijadora de banda se refiere a las aplicaciones ligeras del esmerilado, en las cuales la pieza de trabajo se presiona contra la banda para eliminación de rebabas y salientes también, para producir un mejor acabado en forma rápida y manual.

#### **3.4.4.5.14. Tipos y selección de discos abrasivos**

Existen materiales abrasivos naturales y artificiales. Los materiales abrasivos naturales son el corindón natural y el esmeril; el cuarzo está contenida como material abrasivo natural en la piedra arenisca. Los materiales abrasivos artificiales son los siguientes:

- Corindón artificial (óxido de aluminio); se obtiene de la arcilla en el horno eléctrico, existen el normal (NK), semipuro (HK) y el puro (EK).
- Carburo de silicio (SC); se obtiene partiendo de arena de cuarzo y polvo de carbón; tiene coloración gris o verde.
- Fragmentos de diamante (DT), constituyen el abrasivo más duro.

Para la lección de los materiales abrasivos, el corindón artificial se emplea para materiales tenaces como, por ejemplo, el acero, el carburo de silicio, para materiales frágiles como por ejemplo, la fundición, tabla VI; el diamante, para filiar metal duro.

Tabla VII. **Normas para la elección de muelas (esmerilado a máquinas)**  
**(Extracto de DIN 69102)**

<b>Esmerilado exterior</b>	<b>Diámetro de la muela en milímetros</b>		
	Hasta 350 mm	Más de 350 a 450	Más de 450 a 600
Material	Hasta 350 mm	Más de 350 a 450	Más de 450 a 600
Acero templado	EK 60 L	EK 50 L	EK 46 L
Acero sin templar	NK 60 M	NK 50 M	NK 46 M
Fundición de hierro	SC, EK 60 I	SC EK 50 J	SC, EK 46 J
<b>Esmerilado interior</b>	<b>Diámetro de la muela en milímetros</b>		
Material	Hasta 16 mm	Más de 16 hasta 36	Más de 36 hasta 80
Acero templado	EK 80 L	EK 60 K	EK 46 J
Acero sin templar	NK 80 M	NK 60 L	NK 46 J
Fundición de hierro	SC 80 K	SC 60 J	SC 46 I
<b>Esmerilado plano</b>	<b>Diámetro de la muela en milímetros</b>		
Material	Muela recta hasta 200 mm	Muela de vaso hasta 200 mm	Muela de segmentos
Acero templado	EK 46 J	EK 36 J	EK 30 J
Acero sin templar	EK, NK 46 K	EK, NK 46 K	EK, NK 24 K
Fundición de hierro	EK, SC 46 I	EK, SC 46 I	ED, SC 30 J

Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 198.

Grano de los materiales abrasivos. Los materiales abrasivos se desmenuzan en molinos. Los distintos tamaños de las partículas obtenidas es lo que se llama granulado. Para fabricar muelas más bastas o más finas se clasifica el grado según sus distintos tamaños por medio de cribado. El grano se designa por medio de número de la criba a través de cuyas mallas pasa, indicándose con números arábigos tabla VIII.

Tabla VIII. **Grano, dureza y estructura de las muelas**

Grano	Dureza					Estructura						
Muy basto	8	10	12			Muy blanda	E	F	G		Muy compacta	0 a 1
Basto	14	16	20	24		Blanda	H	I	J	K	Compacta	2 a 3
Medio	30	36	46	50	60	Media	L	M	N	O	Media	4 a 5
Fino	70	80	90	100	120	Dura	P	Q	R	S	Abierta	6 a 7
Muy Fino	150	180	200	220	240	Muy Dura	T	U	V	W	Muy abierta	8 a 9
Polvo	280	320	400	500	600	Extra Dura	X	Y	Z			

Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 115.

La elección del grano influye en el rendimiento del esmerilado y sobre la calidad superficial de la pieza, tabla VIII. Si el grano es basto se tiene gran rendimiento y superficie áspera; pero si se tiene grano fino tiene pequeño rendimiento y superficie lisa.

Los innumerables granos abrasivos de que está constituida una muela se mezclan con un material aglutinante y se moldea para darle la forma de disco. El aglutinante cerámico está compuesto por feldespato, arcilla y cuarzo.

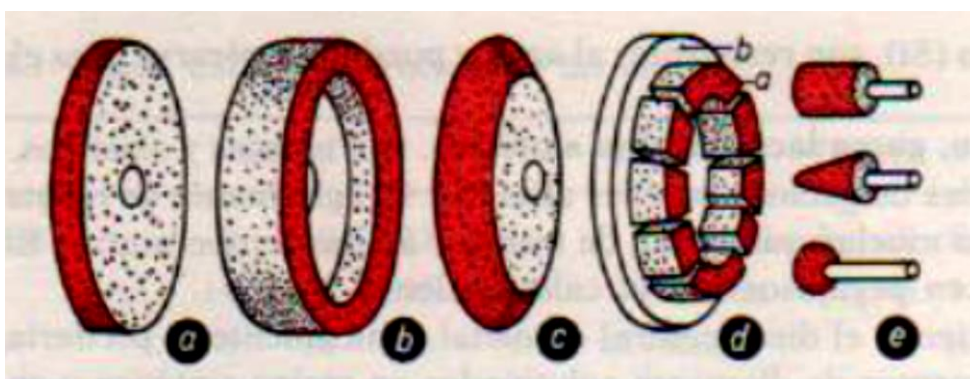
Algunos aglutinantes pueden ser; aglutinante de magnesita (Mg) es sensible a la humedad y las muelas no son apropiadas nada más para el esmerilado en seco. El aglutinante de silicato (Si), son resistentes al agua y pueden emplearse para el trabajo húmedo. Los aglutinantes de caucho, goma laca y resina sintética, son tenaces y elásticos. Resultan adecuados para muelas delgadas y perfiles afilados. El aglutinante de resina sintética puede emplearse para muelas que hayan de trabajar a altas temperaturas. El caucho y la goma laca se hacen pegajosos con el calentamiento.

Las muelas de diamante tienen el disco central de metal. La periferia de la muela contiene los fragmentos de diamante aglutinados en resina sintética o en una aleación sinterizada de cobre y estaño. La elección del aglutinante se rige por el tipo de esmerilado.

La estructura de las muelas, es llamada a la manera de estar en ella distribuidos los granos abrasivos, el material aglutinante y los poros. En una estructura abierta, los poros son mayores que una estructura compacta. La naturaleza de la estructura se designa con números.

Las formas de las muelas son para los distintos trabajos de esmerilado existentes. La forma y las dimensiones de las muelas están normalizadas como se muestra en la figura 62.

Figura 62. **Ejemplos de diversas muelas de esmeril a) muela recta o plana; b) muela de vaso; c) muela de forma; d) muela de segmentos; e) muelas montadas para esmerilar perfiles**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 212.

#### **3.4.4.6. Tipos de máquinas**

El maquinado es el más versátil y preciso de todos los procesos de manufactura por su capacidad de producir una diversidad de piezas y características geométricas. Las operaciones en esta categoría incluyen fresado, perfilado, cepillado y aserrado. Cada operación de maquinado produce una forma característica debido a dos factores:

- Los movimientos relativos entre la herramienta y la pieza de trabajo
- La forma de la herramienta de corte

Estas operaciones se clasifican según la forma de la pieza creada, ya sea por generación o por formado. En la generación, la forma de la pieza de trabajo está determinada por la trayectoria del avance de la herramienta de corte. La trayectoria seguida por la herramienta durante su movimiento de avance se imparte a la superficie de trabajo a fin de crear la forma.

Los ejemplos de generación de formas de trabajo en maquinado incluyen el torneado recto, el torneado ahusado, el torneado de contornos, el fresado periférico y el fresado de perfiles. En cada una de estas operaciones la remoción de material se realiza por el movimiento de la velocidad en la operación, pero la forma de la pieza se determina por el movimiento de avance.

La trayectoria de avance puede involucrar variaciones en la profundidad o el ancho de corte durante la operación. El movimiento de avance produce cambios en la profundidad y el ancho, respectivamente, conforme el corte prosigue.

En el formado, la herramienta de corte forma la configuración geométrica de la pieza. El filo de corte de la herramienta tiene el reverso de la forma a producir en la superficie de la pieza. El torneado de formas, el taladrado y el escariado son ejemplos de este caso. La herramienta de corte imparte su forma al trabajo a fin de crear la forma de la pieza. El formado y la generación se combinan algunas veces en una operación que es el corte de roscas sobre un torno y el tallado de ranuras en una fresadora.

### 3.4.4.6.1. Cálculo de tiempo de mecanizado

Tabla IX. Cálculos para trabajos de torneado

Cálculos para trabajos de torneado	
V = velocidad periférica del corte en metros minuto. D = diámetro de la pieza en mm.	$V = \frac{\pi DN}{1\ 000}$
N = número de revoluciones por minuto de la pieza (barra y cabezal en la mandrinadora).	$N = \frac{1\ 000V}{\pi D}$
T = tiempo de duración de la pasada de corte en minutos. L = longitud del corte en mm.	$T = \frac{L}{SN}$
C.V. = potencia necesaria en caballos de vapor	$C.V. = \frac{PKV}{75*60}$
W = potencia en C.V. para cortar un volumen de 1 cm <sup>3</sup> de viruta en un minuto.	$W = \frac{P}{75 * 60}$
K = sección en mm <sup>2</sup> de la viruta a = profundidad de corte S = avance por revolución	$K = aS$
P = presión en kg de las fuerzas de corte, avance y retroceso (3 veces la resistencia a la rotura por tracción del material a trabajar, aproximadamente).	

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 88.

Tabla X. **Capacidad de trabajo en las cuchillas normalizadas**

Capacidad de trabajo en las cuchillas normalizadas						
Sección de la viruta	1 – 3 mm <sup>2</sup>	2 -5 mm <sup>2</sup>	5 – 10 mm <sup>2</sup>	10 – 14 mm <sup>2</sup>	14 – 18 mm <sup>2</sup>	18 – 25 mm <sup>2</sup>
Cuchilla rectangular, mm	14 *x 18	16 x 25	20 x 30	25 x 40	30 x 50	40 x 60
Cuchilla cuadrada, mm	15 x 15	20 x 20	25 x 25	32 x 32	40 x 40	50 x 50

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 89.

Tabla XI. **Duración media del corte de las cuchillas**

Duración media del corte de las cuchillas, aproximadamente					
Materiales	Duros	Semiduros	Tenaces	Dulces	Blandos
Minutos	40'	60'	90'	120'	180'

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 90.

Los datos de duración del cote de las cuchillas cada afilado está basadas en el trabajo de desbaste con avances superiores a 0,5 mm. Acero rápido 18 % – 20 %.

Tabla XII. **Cálculos para trabajos de fresado**

Cálculos para trabajos de fresado	
V = velocidad periférica del corte en metros minuto D = diámetro de la fresa	$V = \frac{\pi DN}{1\ 000}$
N = número de revoluciones de la fresa	$N = \frac{1\ 000V}{\pi D}$
T = tiempo de duración de la pasada en corte en minutos L = longitud de corte en mm A = avance por revoluciones	$T = \frac{L}{NA}$
KW = potencia necesaria en Kilowatios caballos de vapor C.V. = $\frac{KW}{0,74}$	$KW = \frac{a}{1\ 000 C}$
C = volumen de viruta en cm <sup>3</sup> que puede cortar la fresa por kW minuto	

Continuación de la tabla XII.

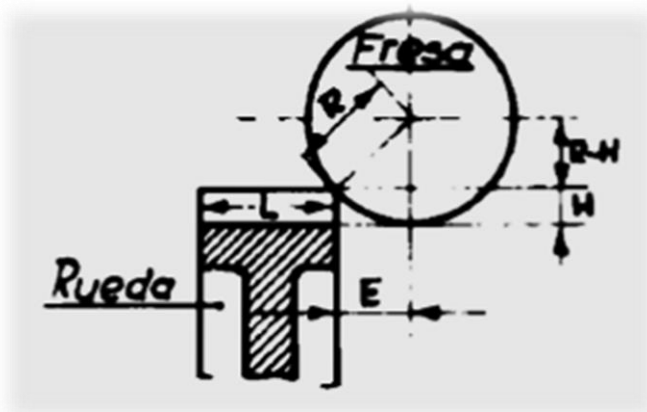
Material a fresar	C = Volumen cortado en $\text{cm}^3/\text{kW minuto}$
Acero de 40-60 $\text{kg}/\text{mm}^2$	4
Acero de 60-85 $\text{kg}/\text{mm}^2$	12
Acero 85-110 $\text{kg}/\text{mm}^2$	10
Acero 110-180 $\text{kg}/\text{mm}^2$	8
Fundición blanda 180 brinell	25
Fundición semidura 200 brinell	20
Latón	40
Bronce corriente	30
Bronce fosforoso	20
Aluminio	65
Aleaciones de aluminio	50

S = avance por minuto de la mesa (N Z H). Z = número de dientes de la fresa. I = ancho de la fresa. a = profundidad del corte. H = avance por diente.

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 91.

Fórmulas para calcular el periodo de entrada y tiempo en minutos en las operaciones de fresar.

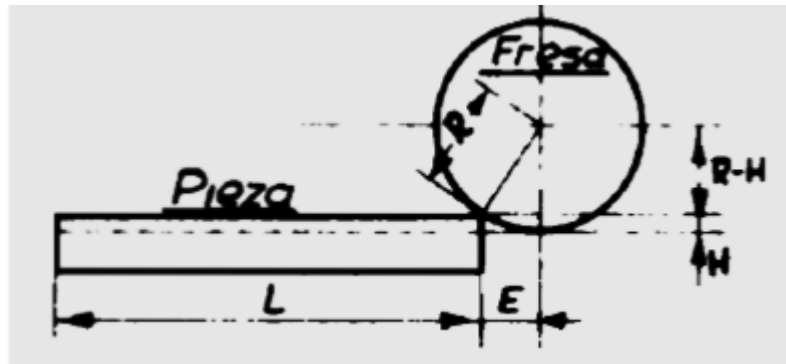
Figura 63. Talla de una rueda con diente recto



Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 92.



Figura 64. **Fresado normal**



Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 93.

Tabla XIII. **Designación**

L = longitud del diente	A = avance en mm por minuto
R = radio del diámetro de la fresa	Z = recorrido neutro (5 mm aproximadamente), esto es, la cantidad que se estima se debe dejar para el embrague y desembrague del movimiento automático de la mesa en la fresadora.
H = altura del corte	
E = período de entrada de la fresa (cantidades expresadas en mm)	

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo: diámetro de la fresa, 80 mm

$R = 40$ ;  $H = 10$ ; donde  $R - H = 40 - 10 = 30$  y  $E = \sqrt{40^2 - 30^2} = 26,45 \text{ mm}$

El período de entrada y el recorrido neutro se aumentan a la longitud del diente, con lo cual sirve de base para el cálculo del tiempo necesario para cada pasada de corte.

### Fórmula

$$\text{Tiempo en minutos} = \frac{L + E + Z}{A}$$

Para los valores de E, resueltos, véase la tabla siguiente:

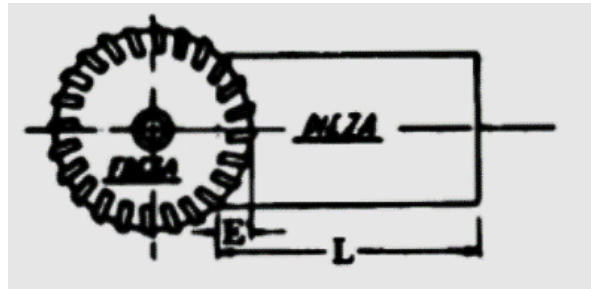
Tabla XIV. **Periodos de entrada de la fresa**

E=periodo de entrada de la fresa, mm. (aprox.)	Diámetro de la fresa mm	ALTURA DEL CORTE <<H>> EN mm											
		1.5	3	5	6	10	12	20	25	40	50	75	100
		E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
32	6,5	9,5	11,5	12,5	15								
40	7,5	10,5	13	14	17								
45	8	11	14	15,5	18,5	20							
50	8,5	12	15	16	20	21,5							
58	9	13	16	17	22	23,5							
64	10	13,5	17	18,5	23	25							
70	10,5	14	18	19,5	24,5	26,5	31,5						
75	10,5	14,5	18,5	20,5	25,5	27,5	33						
80	11,5	15	19,5	21	26,5	28,5	34,5						
90	11,5	16	20,5	22,5	28	30,5	37,5	40,5					
95	12	16,5	21	23	29	31,5	38,5	42					
100	12	17	22	24	30	32,5	40	43,5					
108	12,5	17,5	22,5	25	31	34	42	45,5					
115	13	18	23,5	25,5	32,5	35	43,5	47,5	55				
120	13,5	19	24	26	33	36	44,5	48,5	56,5				
127	14	19,5	25	27	34	37	46	50,5	59				
140	14,5	20	26	28,5	36	39	49	53,5	63	67			
152	15	21	27	29,5	3,5	41	51	56,5	67	71,5			
165	15,5	22	28	30	39,5	42	54	59	70,5	76			
178	16	23	29,5	32	41	44,5	56	62	74,5	80			
190	17	23,5	30,5	33	42,5	46	58	64	77,5	83,5			
205	1,5	24,5	31,5	34,5	44	48	61	66	81	88	99		
215	18	25	32,5	35,5	45	49	62,5	69	83,5	91	102,5		
228	18,5	26	33,5	36,5	46,5	51	64,5	71	86,5	94,5	107		
240	19	26,5	34	37,5	48	52	66,5	73	89,5	97,5	111		
254	19,5	27,5	35	38,5	49,5	54,5	68	75,5	92,5	101	116	124	
265	20	28	36	39,5	50,5	55	70	77,5	95	103,5	119,5	128,5	
280	20,5	29	37	40,5	52	57	72	80	98	107,5	124	134	
295	21	29,5	38	41,5	53,5	58	74	82	101	110,5	128,5	139,5	
305	21,5	30	39	42,5	54,5	59	75,5	83,5	103	113	131,5	143	

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 94.

Periodo de entrada de la fresa para encarar o refrentar una pieza.

Figura 65. Refrentado de una pieza



Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 96.

Tabla XV. Determinación de los valores de <<E>>

Diámetro de la fresa	Ancho en mm de la pieza a encarar o refrentar											
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
25	12,5											
40	4,4											
50	3,4	2,5										
65	2,5	11,7										
75	2,1	9,5	37,5									
100	1,6	6,7	16,9	50								
125	1,2	5,2	12,5	25	62,5							
150	1	4,1	10	19,1	33,6	75						
190	0,8	3,3	7,7	14,2	23,4	36,7	56,8					
200	0,7	3,1	7,3	13,4	21,9	33,8	50,7	100				
250	0,6	2,5	5,7	10,4	16,7	25	35,3	75	70,5	125		
300	0,5	2,1	4,7	8,5	13,6	20,1	27,8	38	50,8	42,1	90,1	150

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 97.

- L = longitud de la superficie a fresar
- E = periodo de entrada de la fresa en mm.
- Z = recorrido neutro en mm (esta es la cantidad que se estima y se debe dejar para el embrague y desembrague de la mesa.)
- A = avance en mm por minuto.

Fórmula para el tiempo de máquina en minutos.

$$T = \frac{L + E + Z}{A}$$

Agregar el tiempo de maquinado, el tiempo que se invierte en el retroceso de la mesa para volver de nuevo a la posición de trabajo.

- Cálculos para trabajos de roscado

Tabla XVI. **Cálculos para trabajos de roscado**

Velocidades medias en metros por minuto para roscar con terraja automática, y roscado con macho a máquina			
Materia a roscar	Velocidades para roscar con paso métrico e hilos por pulgada.		
	Paso 3,5 a 7 mm hilos 3 1/2 a 7 1/2	Paso 2,5 a 3 mm hilos 8 a 11	Paso 0,75 a 2 mm hilos 12 a 32
Acero al vanadio	3	4,5	6
Níquel			
inoxidable			
Metal monel			
Acero hasta 60 Kg/mm <sup>2</sup>	6	9	15
Bronce toben (latón naval)			
Acero de 60-75 Kg mm <sup>2</sup>	5	8	12
Hierro maleable, fundición gris	7,5	15	24
Latón fundido	12	24	46
En barra			
Bronce fosforoso			
Cobre			
Aluminio	15	30	60
Materiales plásticos			

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 98.

- Cálculos para trabajos de acepillado

El tiempo necesario para acepillado una pieza se calcula conociendo: 1) avance transversal de la cuchilla por curso de trabajo; 2) el número de cursos de trabajo por minuto, bien sea de la mesa en acepilladoras o de la chulla en las limadoras o escoplos; 3) ancho de la superficie a trabajar.

Cada curso de trabajo necesita un curso de retorno no utilizable y se entenderá por el número de cursos únicamente los de trabajo, o sea, cuando corta la cuchilla.

- T= tiempo en minutos para acepillar la pieza o superficie parcial
- A = ancho en mm de la pieza a trabajar
- N = número de cursos de trabajo por minuto
- S = avance transversal en mm de la chuchilla por curso de trabajo

$$T = \frac{A}{NS}$$

Para calcular la velocidad de corte y de retorno es necesario conocer:

- 1) El número de cursos de trabajo por minuto; 2) longitud del curso en metros;
- 3) la relación entre las velocidades del corte y retorno.

La relación entre las dos velocidades será determinada por las características de la máquina y prácticamente para cursos largos se pueden apreciar tomando los tiempos por medio de un cronómetro. La relación actual en las máquinas modernas es:

Tabla XVII. **Relaciones actuales en las máquinas modernas**

<b>Velocidad de corte</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Velocidad de retorno</b>	<b>2</b>	<b>2.5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 99.

- V = velocidad de corte en metros minuto
- R = velocidad de retorno en metros minuto

- L = longitud del curso en metros
- P = relación entre la velocidad de retorno y la de corte

$$P = \frac{R}{V}; V = \frac{R}{P} = \frac{NL(P + 1)}{P}; R = NL(P + 1); N = \frac{1}{\frac{L}{V} + \frac{L}{R}}$$

Es necesario un curso suplementario para los cambios, estimándose así: cursos cortos en limadoras y escoplos, 5 o 10 mm. En cada extremo de la pieza, cursos largos en acepilladoras, 30 a 50 mm. Según el tamaño de la máquina.

Tabla XVIII. **Velocidades prácticas de cote en trabajos de acepillado**

Cálculos para trabajos de acepillado									
Tabla para calcular la velocidad práctica de corte por minuto en los trabajos de acepillado, con velocidad expresadas en pies inglés y metros, para que pueda ser aplicada a cualquier tipo de máquina									
<b>Relación = <math>\frac{\text{Velocidad de retorno}}{\text{Velocidad de corte}}</math></b>									
Velocidad de corte por minuto	Velocidad de retorno por minuto								Pies = p Metros = M
	50	60	70	80	90	100	120	150	
	15,2	18,2	21,3	24,3	27,4	30,4	36,5	45,7	
Velocidad práctica de corte									
<b>20</b>	14,3	15	15,5	16	16,4	16,7	17,1	17,6	P
<b>6,1</b>	4,3	4,5	4,7	4,8	5	5,1	5,2	5,3	M
<b>25</b>	16,7	17,6	18,4	19	19,6	20	20,7	21,4	P
<b>7,6</b>	5,1	5,3	5,6	5,8	5,9	6,1	6,3	6,5	M
<b>30</b>	18,7	20	21	21,8	22,5	23,1	24	25	P
<b>9,1</b>	5,7	6,1	6,4	6,6	6,8	7	7,3	7,6	M
<b>35</b>	20,6	22	23,3	24,3	25,2	25,9	27,1	28,4	P
<b>10,6</b>	6,2	6,7	7,1	7,4	7,6	7,9	8,2	8,6	M
<b>40</b>	22,2	24	25,4	26,7	27,7	28,6	30	31,6	P
<b>12,2</b>	6,7	7,3	7,7	8,1	8,4	8,7	9,1	9,6	M
<b>45</b>	23,7	25,7	27,4	28,8	30	31	31,1	34,6	P
<b>13,7</b>	7,2	7,8	8,3	8,8	9,1	9,4	9,5	10,5	M
<b>50</b>	25	27,3	29,2	30,8	32,1	33,3	35,3	37,5	P
<b>15,2</b>	7,6	8,3	8,9	9,3	9,7	10,1	10,7	11,4	M

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 100.

Tabla XIX. **Avances para trabajos en acepilladoras, limadoras y escoplos**

Avances para acepilladoras			Avances para limadoras y escoplos		
Materiales	Desbaste mm	Afinado mm	Materiales	Desbaste mm	Afinado mm
Aceros normales	1 - 1,5 - 2	0,5 - 0,75 - 1	Aceros normales	0,5 - 0,75	0,2 - 0,4 - 0,6
Bronces y metales ligeros	0,5 - 0,75 - 1	0,25 - 0,5 - 0,75	Bronces y metales ligeros	0,5 - 0,75	0,25 - 0,5 - 0,75
Hierro fundido	1 - 2 - 3	5 - 10 - 15 - 20	Hierro Fundido	1 - 1,5	2 - 4 - 6
La elección del avance depende de las condiciones de la pieza, potencia de la máquina y seguridad en la fijación de la pieza.					

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 101.

Cálculos para trabajos de taladrado y escariado utilizando herramienta de acero rápido 18-20 W.

- V = velocidad de corte en metros minuto
- N = número de revoluciones minuto
- S = avance por revolución
- T = tiempo en minutos
- L = longitud en mm a trabajar
- D = diámetro de la broca o escariador

$$V = \frac{\pi DN}{1\ 000}; N = \frac{1\ 000V}{\pi D}; T = \frac{L}{SN}$$

Tabla XX. **Trabajos de taladrado y escariado**

Material a trabajar	Diámetro del escariador en mm									
	5 a 6	6, 1 - 8	8, 1 - 10	10, 1 - 15	15, 1 - 20	20, 1 - 25	25, 1 - 30	30, 1 - 40	40, 1 - 60	60, 1 - 75
Latón, aluminio, metal blanco, Fundición hasta 18 kg/mm <sup>2</sup>	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
Cobre, bronce, fundición hasta 26 kg/mm <sup>2</sup>	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
Acero hasta 50 kg/mm <sup>2</sup>	0,22	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Acero hasta 70 kg/mm <sup>2</sup>	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
Acero hasta 100 kg/mm <sup>2</sup>	0,18	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
Sobremetal para agujeros escariados a máquina										
Sobre metal que dejará la broca	0,15	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70
Sobremetal para escariado 1°	-	-	-	-	-	0,20	0,20	0,30	0,40	0,50
Sobremetal para afinado	0,15	0,18	0,20	0,25	0,30	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 102.

Importante: las velocidades de corte que para escariar indica la tabla general, se refieren al escariado en desbaste con escariador de cuatro dientes, para afinado serán las siguientes:

Tabla XXI. **Velocidades de corte para escariador de cuatro dientes y para afinado**

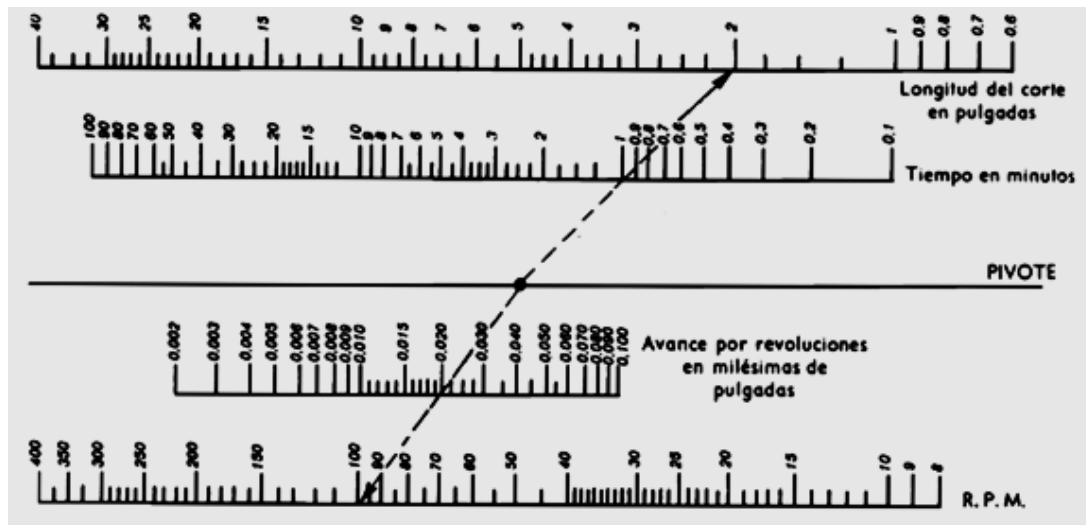
Acero de 40 – 50 kg mm <sup>2</sup>	8 metros	Hierro fundido 15 kg mm <sup>2</sup>	7 metros
Acero 50 – 60 kg mm <sup>2</sup>	7 metros	Hierro fundido 18 kg mm <sup>2</sup>	6 metros
Acero 60 – 85 kg mm <sup>2</sup>	5 metros	Hierro fundido 22 kg mm <sup>2</sup>	5 metros
Acero 85 – 100 kg mm <sup>2</sup>	4 metros	Hierro fundido 26 kg mm <sup>2</sup>	4 metros

Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 102.



Se muestra en la figura 66 el cálculo para tiempos de fabricación en función de las revoluciones por minuto, avance por revolución y longitud del corte. Estas dimensiones se trabajan en pulgadas inglesas.

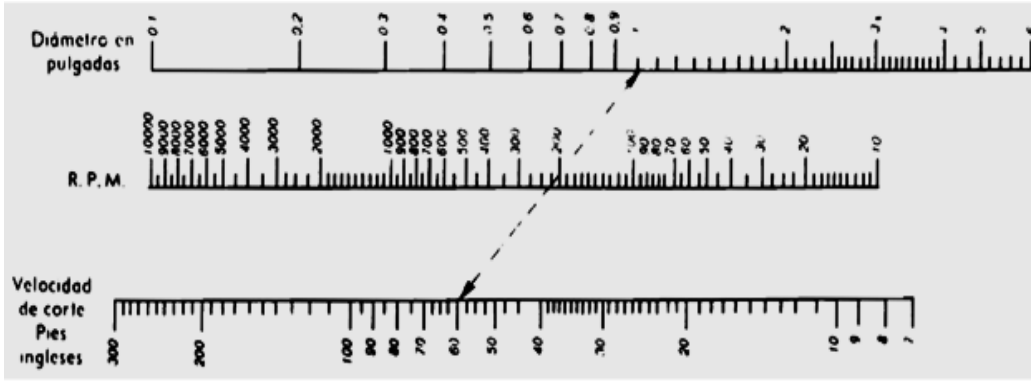
Figura 66. **Cálculo para tiempos de fabricación en función RPM**



Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 103.

Para realizar el cálculo de las revoluciones por minuto se realiza conforme a la figura 67, la cual indica el diámetro en pulgadas, las revoluciones por minuto (R.P.M) y la velocidad de corte en pies.

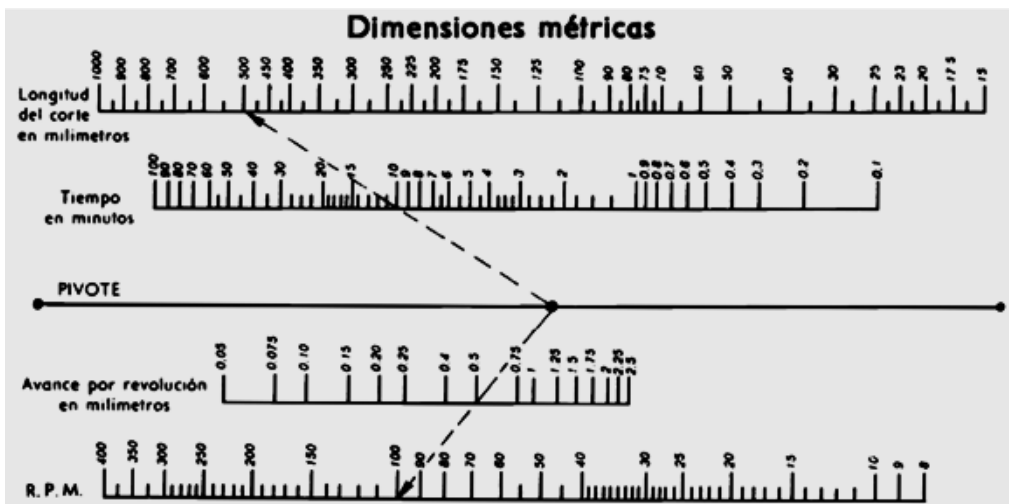
Figura 67. **Cálculo para determinar revoluciones por minuto**



Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller.* p. 104.

Para realizar los cálculos de tiempo de fabricación en función de las revoluciones por minuto, avance por revolución y la longitud de corte en dimensiones métricas, se utiliza la figura 68.

Figura 68. **Cálculo de tiempos de fabricación en función de RPM (SI)**

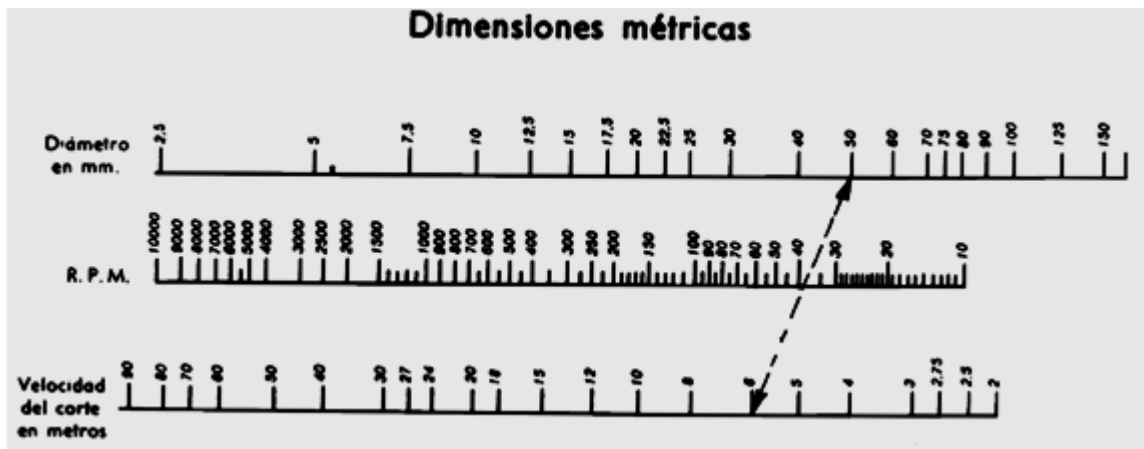


Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller.* p. 105.

Ejemplo: R.P.M. = 100; avance = 0,5; longitud del corte 500 mm. Seguir la dirección de las flechas unidas en el pivote y se encontrará la duración del corte = 10 minutos.

Se utiliza la figura 69 para determinar las revoluciones por minuto del trabajo realizar.

Figura 69. **Calculadora para determinar revoluciones por minuto RPM**



Fuente: CASILLAS, Arcadio. *Cálculos de taller*. p. 105.

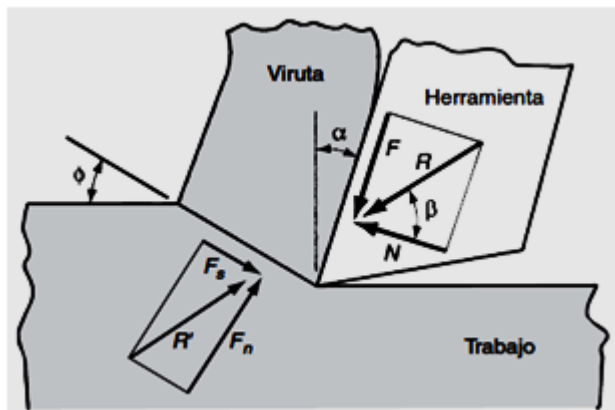
Ejemplo: velocidad de corte, 6 metros. Diámetro en mm. 50. RPM = 38. Instrucciones para usarlo, conocida la velocidad del corte en metros, con que debe trabajarse, unir por medio de una regla con el diámetro en mm. El punto de intersección marca las R.P.M.

### 3.4.4.6.2. Potencia requerida

Considere las fuerzas que actúan en la viruta durante el corte ortogonal que se muestra en la figura 70. Las fuerzas que la herramienta aplica contra la viruta se pueden separar en dos componentes mutuamente perpendiculares: fuerza de fricción y fuerza normal a la fricción. La fuerza de fricción  $F$  es la que resiste el flujo de la viruta a lo largo de la cara inclinada de la herramienta. La fuerza normal a la fricción,  $N$ , es perpendicular a la fuerza de fricción. Estos dos componentes se pueden utilizar para definir el coeficiente de fricción  $\mu$  entre la herramienta y la viruta:

$$\mu = \frac{F}{N} \quad \text{fuerza de corte de metales} \quad [\text{Ec. 10}]$$

Figura 70. Fuerza que actúan sobre la viruta en el corte ortogonal



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 136.

La fuerza de fricción y su fuerza normal se pueden sumar vectorialmente para formar una fuerza resultante  $R$ , la cual se orienta en un ángulo  $\beta$ , llamado

ángulo de fricción. El ángulo de fricción se relaciona con el coeficiente de fricción de la manera siguiente:

$$\mu = \tan \beta \quad \text{fuerza en el corte con el triángulo de fricción} \quad [\text{Ec. 11}]$$

Además de las fuerzas de la herramienta que actúa sobre la viruta, el trabajo impone dos componentes de fuerza sobre la viruta: la fuerza cortante y la fuerza normal a la cortante. La fuerza cortante  $F_s$  es la fuerza que causa la deformación de corte que ocurre en el plano de corte, y la fuerza normal a la cortante,  $F_n$  es normal a la fuerza cortante. Con base en la fuerza cortante se puede definir el esfuerzo cortante que actúa a lo largo del plano de corte entre el trabajo y la viruta:

$$\tau = \frac{F_s}{A_s} \quad \text{esfuerzo de cortante entre el trabajo y la viruta} \quad [\text{Ec. 12}]$$

Donde  $A_s$  = área del plano de corte. Esta se puede calcular como:

$$A_s = \frac{t_o w}{\sin \phi} \quad \text{área del plano de corte} \quad [\text{Ec. 13}]$$

El esfuerzo cortante determinado por la ecuación 12 representa el nivel de esfuerzo requerido para realizar las operaciones de maquinado. Por lo tanto, este esfuerzo es igual a la resistencia cortante del material de trabajo ( $\tau = S$ ) bajo las condiciones en las que ocurre el corte.

La suma vectorial de las dos fuerzas componentes  $F_s$  y  $F_n$  da por resultado la fuerza resultante  $R'$ . Para que las fuerzas que actúan sobre la viruta estén balanceadas, la resultante  $R'$  debe ser igual en magnitud, pero en dirección opuesta y colineal con la resultante  $R$ .

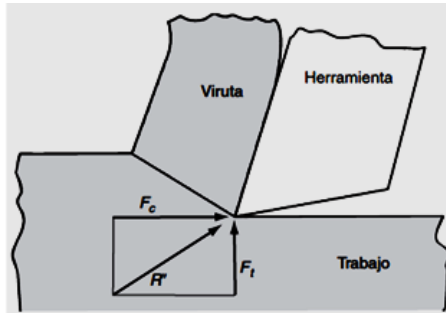
Ninguna de las cuatro fuerzas componentes  $F$ ,  $N$ ,  $F_s$  y  $F_n$  puede medirse directamente en una operación de maquinado, ya que las direcciones en las que están aplicadas varían en función a las diferentes formas de la herramienta y a las condiciones de corte.

Sin embargo, es posible instrumentar en la herramienta de corte un dispositivo medidor de fuerzas llamado dinamómetro, de manera que se puedan medir directamente dos fuerzas componentes adicionales: fuerza de corte y fuerza de empuje.

Estos dos componentes actúan sobre la herramienta: la fuerza de corte  $F_c$  que va en la dirección del corte, la misma dirección de la velocidad de corte  $v$ , y la fuerza de empuje  $F_t$ , es perpendicular a la fuerza de corte y está asociada con el espesor de la viruta antes del corte,  $t_o$ .

La fuerza de corte y la fuerza de empuje se muestran en la figura 71. Junto con la fuerza resultante  $R''$ . Las direcciones respectivas de estas fuerzas son conocidas, así que los transductores de fuerza en el dinamómetro pueden alinearse en concordancia.

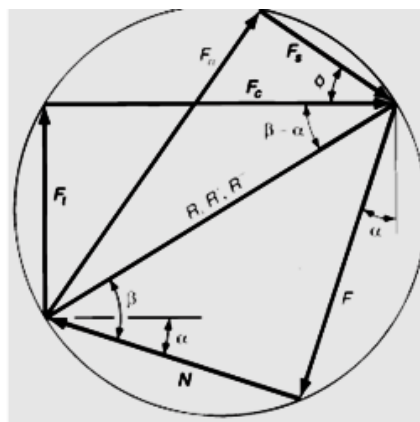
Figura 71. **Fuerzas que actúan sobre la herramienta y que pueden medirse**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 136.

Se pueden deducir ecuaciones para relacionar las cuatro fuerzas componentes que no pueden medirse con las dos fuerzas que pueden medirse. Utilizando el diagrama de fuerzas de la figura 72, se puede deducir las relaciones trigonométricas siguientes:

Figura 72. **Diagrama de fuerzas sobre las relaciones geométricas entre F, N**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 137.

Estos dos componentes actúan sobre la herramienta: la fuerza de corte  $F_c$  que va en la dirección del corte, la misma dirección de la velocidad de corte  $v$ , y la fuerza de empuje  $F_t$ , es perpendicular a la fuerza de corte y está asociada con el espesor de la viruta antes del corte,  $t_o$ . La fuerza de corte y la fuerza de empuje se muestran en la figura 72 junto con la fuerza resultante  $R$ . Las direcciones respectivas de estas fuerzas son conocidas, así que los transductores de fuerza en el dinamómetro pueden alinearse en concordancia.

Se puede deducir ecuaciones para relacionar las cuatro fuerzas componentes que no pueden medirse con las dos fuerzas que pueden medirse. Utilizando el diagrama de fuerzas de la figura 72, se puede deducir las relaciones trigonométricas siguientes:

$$F = F_c \sin \alpha + F_t \cos \alpha \quad [\text{Ec. 1}]$$

$$N = F_c \cos \alpha - F_t \sin \alpha \quad [\text{Ec. 2}]$$

$$F_s = F_c \cos \Phi - F_t \sin \Phi \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$F_n = F_c \sin \Phi + F_t \cos \Phi \quad [\text{Ec. 4}]$$

Si la fuerza de corte y la fuerza de empuje son conocidas, se puede usar estas cuatro ecuaciones para calcular estimaciones de la fuerza cortante, la fuerza de fricción y la fuerza normal a la de fricción, y con base en estos estimados se puede determinar el esfuerzo cortante y el coeficiente de fricción.

La ecuación de Merchant: Eugene Merchant dedujo una relación importante en el corte de metal. La deducción está basada en la suposición de corte ortogonal, pero en su validez general se extiende a operaciones de maquinado en tres dimensiones. Merchant empezó con la definición de esfuerzo cortante, expresado mediante la siguiente relación deducida de la combinación de las ecuaciones 12, 13 y 16:



$$\tau = \frac{F_c \cos \phi - F_s \sin \phi}{\left(\frac{t_{ow}}{\sin \phi}\right)} \quad \text{ecuación combinada} \quad [\text{Ec. 5}]$$

Merchant pensó que entre los ángulos posibles que emanan del borde cortante de la herramienta donde puede ocurrir la deformación de corte, hay un ángulo  $\phi$  que predomina. En este ángulo, el esfuerzo cortante es justamente igual a la resistencia al corte del material de trabajo, y por esta causa la deformación cortante ocurre en este ángulo. El esfuerzo cortante es menor que la resistencia al corte para todos los demás ángulos posibles, por tanto, la formación de viruta no puede ocurrir en otros ángulos. Dicho ángulo se puede determinar tomando la derivada del esfuerzo cortante  $S$  en la Ecuación 18 respecto a  $\phi$ , e igualando la derivada a cero. Despejando  $\phi$ , se obtiene la relación llamada ecuación de Merchant:

$$\phi = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2} \quad \text{ecuación de Merchant} \quad [\text{Ec. 6}]$$

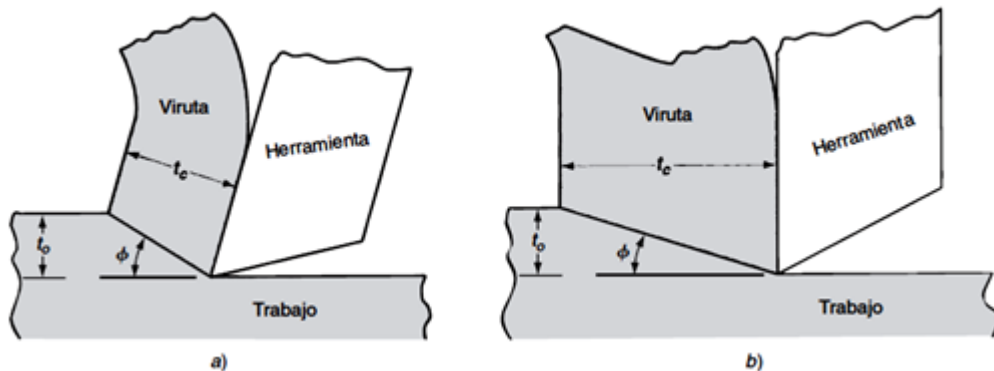
Una de las suposiciones en que se basa la ecuación de Merchant es que la resistencia al corte del material de trabajo es una constante a la que no le afecta la velocidad de deformación, la temperatura y otros factores.

Lecciones basadas en la ecuación de Merchant. El valor real de la ecuación de Merchant radica en que define la relación general entre el ángulo de inclinación, la fricción herramienta-viruta y el ángulo del plano de corte. El ángulo del plano de corte puede incrementarse 1) aumentando el ángulo de inclinación y 2) disminuyendo el ángulo de fricción (o coeficiente de fricción) entre la herramienta y la viruta.

El ángulo de inclinación puede incrementarse diseñando la herramienta adecuadamente y el ángulo de fricción puede reducirse utilizando un fluido

lubricante de corte. La importancia de incrementar el ángulo del plano de corte se puede apreciar en la figura 73.

Figura 73. **El efecto del ángulo del plano de corte**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 140.

Como la resistencia al corte se aplica a través de esta área, la fuerza de corte requerida para formar la viruta decrecerá cuando el área del plano de corte disminuya. Un ángulo más alto del plano de corte da como resultado energías y temperaturas de corte más bajas.

Tabla XXII. **Clave de conversión: operación de torneado contra corte ortogonal**

Operación de torneado	Modelo de corte ortogonal
Avance $f =$	Espesor de la viruta antes del corte $t_o$
Profundidad $d =$	Ancho del corte $w$
Velocidad de corte $v =$	Velocidad del corte $v$
Fuerza de corte $F_c$	Fuerza de corte $F_c$
Fuerza de avance $F_f$	Fuerza de avance $F_f$

Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 140.

Relaciones entre potencia y energía en el maquinado. Una operación de producción en maquinado requiere potencia. La fuerza de corte en una operación de maquinado puede exceder 1 000 N (algunos cientos de libras). Las velocidades típicas de corte son de varios cientos de metros por minuto. El producto de la fuerza cortante y la velocidad dan la potencia (energía por unidad de tiempo) requerida para ejecutar la operación de maquinado:

$$P_c = F_c v \quad \text{potencia requerida para ejecutar una operación de maquinado} \quad [\text{Ec. 7}]$$

Donde  $P_c$  = potencia de corte, N-m/s o W (ft-lb/min),  $F_c$  = fuerza de corte, N (lb); y  $v$  = velocidad de corte, m/s (ft /min). Las unidades en el sistema acostumbrado en Estados Unidos pueden convertirse a caballos de fuerza dividiendo ft-lb/min entre 33 000. De aquí que:

$$HP_c = \frac{F_c v}{33\,000} \quad \text{conversión a caballos de fuerza} \quad [\text{Ec. 8}]$$

Donde,  $HP_c$  = potencia de corte en caballos de fuerza, hp. La potencia bruta requerida para operar la máquina herramienta es más grande que la potencia usada en el proceso de cote, debido a las pérdidas mecánicas en el motor y la transmisión de la máquina. Estas pérdidas se pueden contabilizar por la eficiencia mecánica de la máquina herramienta.

$$P_g = \frac{P_c}{E} \quad \text{o} \quad HP_g = \frac{HP_c}{E} \quad \text{potencia bruta del motor de la máquina herramienta} \quad [\text{Ec. 9}]$$

Donde  $P_g$  = potencia bruta del motor de la máquina herramienta en W;  $HP_g$  = caballos de fuerza brutos; y  $E$  = eficiencia mecánica de la máquina

herramienta. El valor típico de E para máquinas herramientas es de aproximadamente 90 %.

Muchas veces es útil convertir la potencia en potencia por unidad de volumen de corte del metal. A esta se le llama potencia unitaria,  $P_u$  (o caballos de fuerza unitarios,  $HP_u$ ), y se define como:

$$P_u = \frac{P_c}{R_{MR}} \text{ o } HP_u = \frac{HP_c}{R_{MR}} \quad \text{potencia unitaria} \quad [\text{Ec. 10}]$$

Donde  $R_{MR}$  = tasa de remoción de material,  $\text{mm}^3/\text{s}$  ( $\text{in}^3/\text{min}$ ). La tasa de remoción de material se puede calcular como el producto de  $vt_o w$ . La potencia unitaria también se conoce como la energía específica, U.

$$U = P_u = \frac{P_c}{R_{MR}} = \frac{F_c v}{vt_c w} = \frac{F_c}{t_o w} \quad \text{energía específica} \quad [\text{Ec. 11}]$$

Las unidades para la energía específica son típicamente  $\text{N}\cdot\text{m}/\text{mm}^3$  ( $\text{in}\cdot\text{lb}/\text{in}^3$ ). Sin embargo, pueden reducirse a  $\text{N}\cdot\text{m}/\text{mm}^3$  o  $\text{J}/\text{mm}^3$  ( $\text{in}\cdot\text{lb}/\text{in}^3$ ).

Tabla XXIII. **Valores de los caballos de fuerza unitarios y energía específica para materiales de trabajo seleccionados usando herramientas de corte afiladas y espesor de la viruta antes de corte  $t_o = 0,25$  mm (0,010 in)**

Material	Dureza Brinell	Energía específica U o potencia unitaria $P_u$		Caballos de fuerza unitaria $HP_u$ hp/(in <sup>3</sup> /min)
		N-m/mm <sup>3</sup>	in-lb/in <sup>3</sup>	
Acero al carbono	150-200	1,6	240 000	0,6
	201-250	2,2	320 000	0,8
	251-300	2,8	400 000	1,0
Aceros aleados	200-250	2,2	320 000	0,8
	251-300	2,8	400 000	1,0
	301-350	3,6	520 000	1,3
Hierros fundidos	351-400	4,4	640 000	1,6
	125-175	1,1	160 000	0,4
Aceros inoxidables	175-250	1,6	240 000	0,6
	150-250	2,8	400 000	1,0
Aluminio	50-100	0,7	100 000	0,25
Aleaciones de aluminio	100-150	0,8	120 000	0,3
Latón	100-150	2,2	320 000	0,8
Bronce	100-150	2,2	320 000	0,8
Aleaciones de magnesio	50-100	0,4	60 000	0,15

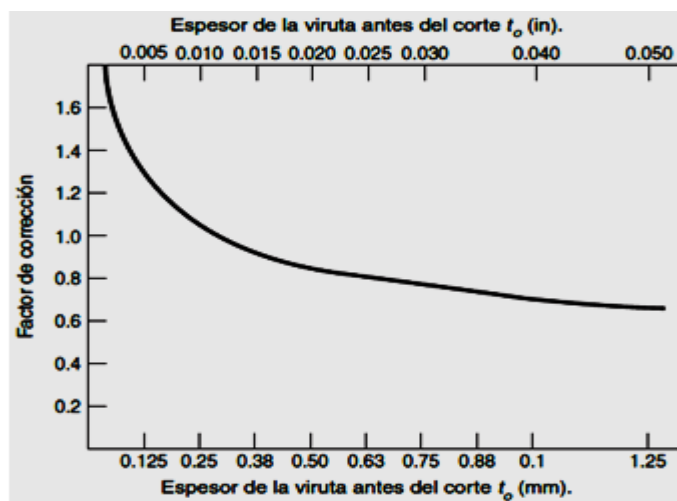
Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 89.

Los valores de la tabla XXIII se basan en dos suposiciones: 1) la herramienta de corte está afilada y 2) el espesor de viruta antes del corte  $t_o = 0,25$  mm (0,010 in). Si no se satisfacen estas suposiciones, se tienen que hacer algunos ajustes. En una herramienta desgastada la potencia requerida para desempeñar el corte es más grande, y esto se refleja en valores de caballos de fuerza unitarios y energía específica más grande. Como una guía aproximada, los valores en la tabla deben multiplicarse por un factor entre 1,00 y 1,25, dependiendo del grado de uso de la herramienta.

Para herramientas afiladas el factor es 1,00. Para herramientas casi completamente usadas en operaciones de acabado el factor es alrededor de 1,10, y para herramientas casi completamente usadas en operaciones de desbaste primario el factor es de 1,25. El espesor de la viruta antes del corte  $t_o$

afecta también los valores de los caballos de fuerza unitarios y de la energía específica. Al reducirse  $t_o$ , aumentan los requerimientos de la potencia unitaria. A esta relación se le llama algunas veces el efecto de tamaño.

Figura 74. **Factores de corrección para los caballos de fuerza unitarios en HP y la energía específica**



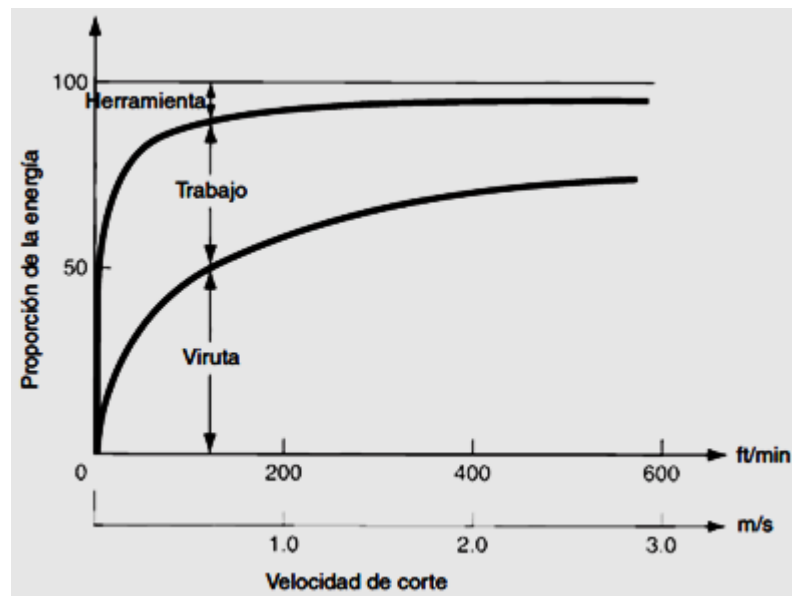
Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 90.

Debe hacerse notar que, además del afilado de la herramienta y el efecto de tamaño, otros factores influyen también en los valores de los caballos de fuerza unitarios y de la energía específica para una operación dada. Estos otros factores incluyen el ángulo de inclinación, la velocidad de corte y el fluido de corte. Al aumentar el ángulo de inclinación o la velocidad de corte, o al añadir un fluido de corte, los valores de  $U$  y  $HP_u$  se reducen ligeramente.

La distribución de la energía de corte entre la herramienta, el trabajo y la viruta varían con la velocidad de corte, como se indica en la figura 75. A velocidades bajas, una porción significativa de la energía total se absorbe en la

herramienta. Sin embargo, a velocidades más elevadas (y a niveles de energía más altos), el movimiento rápido de la viruta a través de la cara inclinada de la herramienta ofrece menos oportunidad a que el calor generado en la zona primaria de corte sea conducido a través de la interfaz herramienta-viruta hacia la herramienta. De aquí que, la proporción de energía total absorbida por la herramienta se reduce y la mayor parte se la lleva la viruta.

Figura 75. **Distribución típica de la energía total de corte entre la herramienta, el trabajo y la viruta en función de la velocidad de corte**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 115.

### 3.4.4.6.3. Acabados superficiales

La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial, a

veces a una operación de rectificado le siguen otras de pulido y lapeado. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido térmico, utilizando para ellos discos abrasivos robustos, llamados muelas.

La reducción de las virutas, junto con la eliminación de las discrepancias dimensionales entre herramientas simultáneas, da como resultado una superficie más precisa con un mejor acabado superficial. Además, el mecanizado de alta velocidad por sí mismo mejora el acabado superficial, ya que involucra cortes más suaves y, por lo tanto, fuerzas de corte menores.

#### **3.4.4.6.4. Organización y control de herramientas**

Al realizar un trabajo con las maquinas-herramientas, se tienen que establecer los tipos de accesorios y herramientas, que se utilizaran para realizarlo, para que sea ordenado y eficiente.

Ya que al finalizar el proceso que se realiza se debe almacenar correctamente cada uno de los accesorios y herramientas que se utilizaron. Siendo importante que todo sea almacenado en orden respecto a cada máquina-herramienta que se haya utilizado, para no tener que realizar búsquedas de las herramientas en otros lugares y atrasar el proceso de fabricación de la pieza.

### **3.5. Segundo semestre**

Al finalizar los procesos de aprendizaje del primer semestre, la base para los siguientes procesos que se realizarán durante el aprendizaje del estudiante para completar su formación.



### **3.5.1. Máquinas herramientas básicas**

Los procesos de remoción de material son una familia de operaciones de formado en las que el material sobrante es removida de una pieza de trabajo inicial de tal manera que lo que queda es la forma final que se desea conseguir.

El 'árbol familiar' se muestra en la figura 76. La rama más importante de la familia es el maquinado convencional, en el que una herramienta aguda de corte se utiliza para cortar mecánicamente el material y así alcanzar la forma deseada. Los tres procesos principales de maquinado son el torneado, el taladrado y el fresado. Las 'otras operaciones de maquinado' de la figura 76 incluyen el perfilado, el cepillado, el escariado y el aserrado.

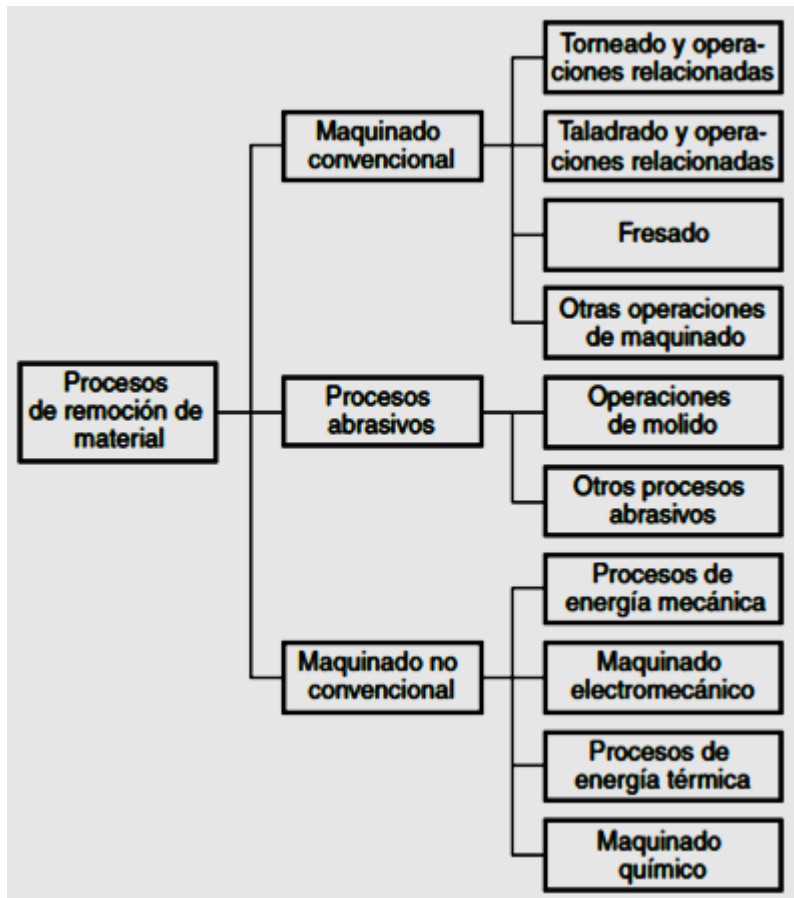
Otro grupo de procesos de remoción de material es el proceso abrasivo, que de forma mecánica remueve el material mediante la acción de partículas abrasivas duras. Los demás procesos abrasivos de la figura 76 son afilados, fundido y superacabado.

Por último, se encuentran los procesos no tradicionales, que utilizan otras formas de energía aparte de la herramienta de corte agudo o de partículas abrasivas para remover el material. Las formas de energía incluyen la mecánica, la electromecánica, la térmica y la química.

El maquinado es un proceso de manufactura en el cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de una pieza de trabajo, de tal manera que el material remanente sea la forma de la pieza deseada. La acción predominante del corte involucra la deformación cortante del material de trabajo para formar la viruta; al removerse la viruta, queda

expuesta una nueva superficie. El maquinado se aplica más frecuentemente para formar metales.

Figura 76. Clasificación de los procesos de remoción de material



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 125.

El maquinado no es solamente un proceso, sino una familia de procesos. La característica común es el uso de una herramienta de corte que forma una viruta, la cual se remueve de la pieza de trabajo. Para realizar la operación, se requiere movimiento relativo entre la herramienta y el material de trabajo. Este movimiento relativo se logra en la mayoría de las operaciones de maquinado

por medio de un movimiento primario, llamado la velocidad de corte, y un movimiento secundario, denominado el avance.

Es apropiado identificar y definir los tres tipos más comunes: torneado, taladrado y fresado. En el torneado se usa una herramienta de corte con un borde cortante simple destinado a remover material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma a un cilindro. El movimiento de velocidad del torneado lo proporciona la pieza de trabajo giratoria y el movimiento de avance lo realiza la herramienta de corte, moviéndose lentamente en una dirección paralela al eje de rotación de la pieza de trabajo.

El taladrado se usa para crear un agujero redondo. Esto se realiza generalmente con una herramienta giratoria que tiene dos filos cortantes. La herramienta avanza en una dirección paralela a su eje de rotación dentro de la pieza de trabajo para formar el agujero redondo.

En el fresado, una herramienta rotatoria con múltiples filos cortantes se mueve lentamente sobre el material para generar un plano o superficie recta. La dirección del movimiento de avance es perpendicular al eje de rotación. El movimiento de velocidad lo proporciona la fresa rotatoria. Hay varias formas de fresado; las dos básicas son el fresado periférico y el fresado de frente.

Otras operaciones convencionales del maquinado son perfilado, cepillado, escariado y aserrado. Asimismo, el esmerilado y operaciones abrasivas similares se incluyen con frecuencia en la categoría del maquinado. Estos procesos por lo común siguen las operaciones de maquinado convencional y se utilizan para lograr acabados superficiales superiores de la pieza de trabajo.

La herramienta de corte. Una herramienta de corte tiene uno o más filos cortantes y está hecha de un material que es más duro que el material de trabajo. El filo cortante sirve para separar una viruta del material de trabajo. Ligadas al filo cortante hay dos superficies de la herramienta: la cara inclinada y el flanco o superficie de incidencia. La cara inclinada que dirige el flujo de la viruta resultante se orienta en cierto ángulo, llamado ángulo de inclinación  $\alpha$ . El ángulo se mide respecto a un plano perpendicular a la superficie de trabajo.

El ángulo de inclinación puede ser positivo o negativo. El flanco de la herramienta provee un claro entre la herramienta y la superficie del trabajo recién generada; de esta forma protege a la superficie de la abrasión que pudiera degradar el acabado. Esta superficie del flanco o de incidencia se orienta en un ángulo llamado ángulo de incidencia o de relieve.

Las herramientas de múltiples filos cortantes tienen más de un borde de corte y generalmente realizan su movimiento respecto a la pieza de trabajo mediante rotación.

Condiciones de corte para realizar una operación de maquinado se requiere el movimiento relativo de la herramienta y el trabajo. El movimiento primario se realiza a una cierta velocidad de corte  $v$ . Además, la herramienta debe moverse lateralmente a través del trabajo. Este es un movimiento mucho más lento, llamado el avance  $f$ . La dimensión restante del corte es la penetración de la herramienta de corte dentro de la superficie original del trabajo, llamada profundidad de corte  $d$ .

Al conjunto de velocidad, avance y profundidad de corte se le llama condiciones de corte. Estas son las tres dimensiones del proceso de maquinado

y, en ciertas operaciones, se puede usar su producto matemático para obtener la velocidad de remoción de material del proceso:

$$R_{MR} = vfd \quad \text{tasa de remoción de material} \quad [\text{Ec. 12}]$$

Donde  $R_{MR}$  = tasa de remoción de material,  $\text{mm}^3/\text{s}$  ( $\text{in}^3/\text{min}$ );  $v$  = velocidad de corte,  $\text{m/s}$  ( $\text{ft}/\text{min}$ ), la cual debe convertirse a  $\text{mm}/\text{s}$  ( $\text{in}/\text{min}$ ),  $f$  = avance,  $\text{mm}$  ( $\text{in}$ ); y  $d$  = profundidad de corte,  $\text{mm}$  ( $\text{in}$ ).

Las operaciones de maquinado se dividen normalmente en dos categorías, distinguidas por el propósito y las condiciones de corte: cortes para desbaste primario (burdo) y cortes de acabado. Los cortes para desbaste primario se usan para remover grandes cantidades de material de la pieza de trabajo inicial tan rápido como sea posible a fin de producir una forma cercana a la requerida, pero dejando algún material en la pieza para una operación posterior de acabado. Los cortes de acabado se usan para completar la pieza y alcanzar las dimensiones finales, las tolerancias y el acabado de la superficie. En los trabajos de maquinado para producción se realizan uno o más cortes para desbaste, seguidos de uno o más cortes de acabado.

Las operaciones para desbaste se realizan a altas velocidades y profundidades; algunos de los avances típicos van de 0,4 – 1,25  $\text{mm}/\text{rev}$  (0,015-0,050  $\text{in}/\text{rev}$ ) y profundidades típicas de 2,5-20  $\text{mm}$  (0,100-0,750  $\text{in}$ ). Las operaciones de acabado se realizan a bajas velocidades de avance y a bajas profundidades; avances de 0,125 – 0,4  $\text{mm}$  (0,005-0,015  $\text{in}/\text{rev}$ ) y profundidades de 0,75-2,0  $\text{mm}$  (0,030-0,075  $\text{in}$ ) son típicas. Las velocidades de corte son más bajas en el trabajo de desbaste que en el de acabado.

### 3.5.1.1. Repaso de procesos metal-mecánico

La información suministrada anteriormente establece los parámetros necesarios para realizar los trabajos a realizar con alguna máquina-herramienta. En este capítulo se desarrollará solamente algún aspecto general para reforzar estos conocimientos.

#### 3.5.1.1.1. Torno

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.

La velocidad de rotación en el torneado se relaciona con la velocidad de corte requerida en la superficie cilíndrica de la pieza de trabajo por la ecuación:

$$N = \frac{v}{\pi D_o} \quad \text{velocidad de rotación en tornos} \quad [\text{Ec. 13}]$$

Donde  $N$  = velocidad de rotación, rev/min;  $v$  = velocidad de corte, m/min (ft/min); y  $D_o$  = diámetro original de la pieza, m (ft). La operación de torneado reduce el diámetro del trabajo  $D_o$  al diámetro final  $D_f$ . El cambio de diámetro se determina por la profundidad de corte  $d$ :

$$D_f = D_o - 2d \quad \text{diámetro final de la pieza} \quad [\text{Ec. 14}]$$

El avance en el torneado se expresa generalmente en mm/rev (in/rev). Este avance se puede convertir a velocidad de avance lineal en mm/min (in/min) mediante la fórmula:

$$f_r = Nf \quad \text{velocidad de avance en torno} \quad [\text{Ec. 15}]$$

Donde  $f_r$  = velocidad de avance, mm/min (in/min); y  $f$  = avance, mm/rev (in/rev). El tiempo para maquinar una pieza de trabajo cilíndrica de un extremo a otro está dado por:

$$T_m = \frac{L}{f_r} \quad \text{tiempo de maquinado en torno} \quad [\text{Ec. 16}]$$

Donde  $T_m$  = tiempo de maquinado en min; y  $L$  = longitud de la pieza cilíndrica en mm (in). Un cálculo más directo del tiempo de maquinado lo proporciona la ecuación siguiente:

$$T_m = \frac{\pi D_o L}{fv} \quad \text{cálculo de tiempo más directo de maquinado en torno} \quad [\text{Ec. 17}]$$

Donde  $D_o$  = diámetro del trabajo, mm (in);  $L$  = longitud de la pieza de trabajo, mm (in);  $f$  = avance, mm/rev (in/rev); y  $v$  = velocidad de corte, mm/min (in/min).

La velocidad volumétrica de remoción del material se puede determinar más convenientemente por la ecuación siguiente:

$$R_{MR} = vfd \quad \text{velocidad de remoción de material en torno} \quad [\text{Ec. 18}]$$

Donde  $R_{MR}$  = velocidad de remoción de material, mm<sup>3</sup>/min (in<sup>3</sup>/min). En esta ecuación las unidades de  $f$  se expresan simplemente como mm (in), ignorando el efecto de la rotación del torneado.

Además del torneado, se puede realizar una gran variedad de operaciones de maquinado en un torno. En la figura 77 se ilustran las siguientes:

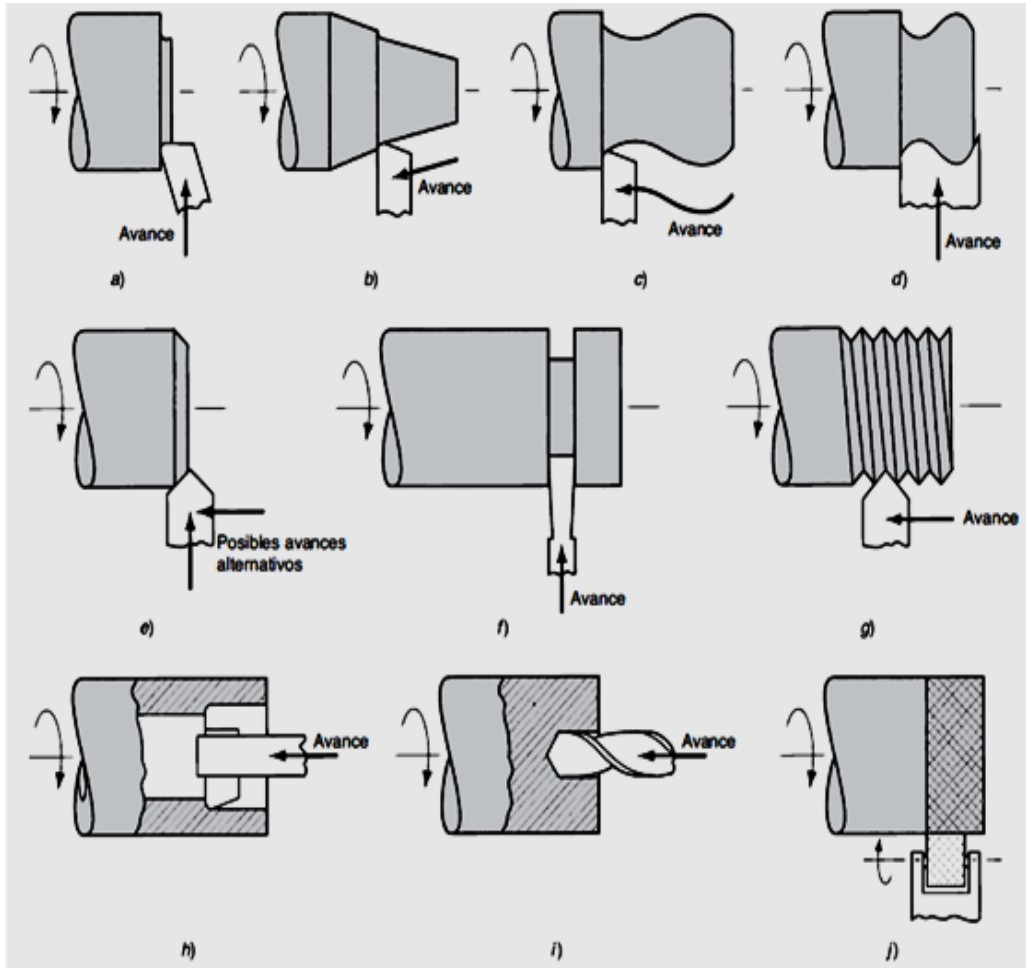
- Careado. La herramienta se alimenta radialmente sobre el extremo del trabajo rotatorio para crear una superficie plana.
- Torneado ahusado o cónico. En lugar de que la herramienta avance paralelamente al eje de rotación del trabajo, lo hace en cierto ángulo creando una forma cónica.
- Torneado de contornos. En lugar de que la herramienta avance a lo largo de una línea recta paralela al eje de rotación como en torneado, sigue un contorno diferente a la línea recta, creando así una forma contorneada en la pieza torneada.
- Torneado de formas. En esta operación llamada algunas veces formado, la herramienta tiene una forma que se imparte al trabajo y se hunde radialmente dentro del trabajo.
- Achaflanado. El borde cortante de la herramienta se usa para cortar un ángulo en la esquina del cilindro y forma lo que se llama un 'chaflan'.
- Tronzado. La herramienta avanza radialmente dentro del trabajo en rotación, en algún punto a lo largo de su longitud, para trozar el extremo de la pieza. A esta operación se le llama algunas veces partición.



- 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.
- Perforado. Una herramienta de punta sencilla avanza en línea paralela al eje de rotación, sobre el diámetro interno de un agujero existente en la pieza.
- Taladrado. El taladrado se puede ejecutar en un torno, haciendo avanzar la broca dentro del trabajo rotatorio a lo largo de su eje. El escariado se puede realizar en forma similar.
- Moleteado. Esta 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.

El perfil de la forma tallada en la herramienta establece la forma de la pieza de trabajo. Una herramienta de tronzado es básicamente una herramienta de forma. El taladrado se realiza mediante una broca. El moleteado se ejecuta con una herramienta de moleteado que consiste en dos rodillos formadores endurecidos y montados sobre sus centros. Los rodillos formadores tienen el patrón de moleteado deseado en sus superficies. Para ejecutar el moleteado, se presiona la herramienta contra la superficie de la pieza rotatoria con la presión suficiente para imprimir el patrón sobre la superficie de trabajo.

Figura 77. **Otras operaciones diferentes al torneado que se realizan en un torno**



Fuente: GROVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. p. 141.

Los tornos con los cuales se puede trabajar son torno mecánico y el torno CNC, estos en principio son iguales ya que trabajan con las mismas herramientas, pero al ser aplicadas se diferencian en gran medida.

El cabezal contiene la unidad de transmisión que mueve el husillo que hace girar al trabajo. Opuesta al cabezal está el contrapunto, en el cual se monta un centro para sostener el otro extremo de la pieza de trabajo.

La herramienta de corte es sostenida por una torreta que se encuentra fija al carro transversal, que se ensambla al carro principal. 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 del torno que provee un armazón rígido para la máquina herramienta.

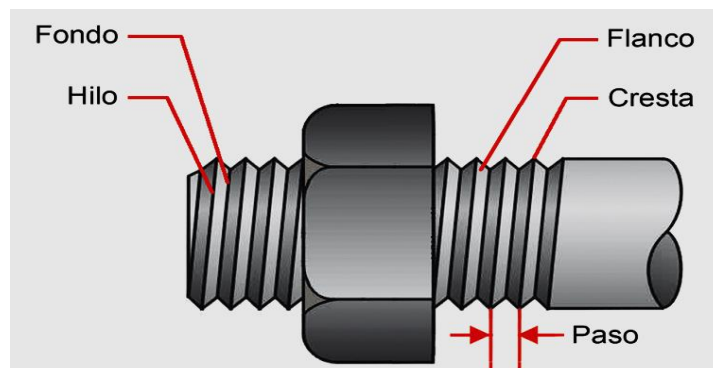
El carro se mueve por medio de un tornillo guía que gira a la velocidad propia para obtener la velocidad de avance deseada. El carro transversal está diseñado para avanzar en una dirección perpendicular al movimiento del carro. Por tanto, al mover el carro, la herramienta puede avanzar paralela al eje del trabajo para ejecutar el torneado recto. Y al mover el carro transversal, la herramienta puede avanzar radialmente dentro del trabajo para ejecutar el careado, el torneado de forma o la operación de tronzado.

El tamaño del torno se designa por el volteo y la máxima distancia admisible entre centros. El volteo es el diámetro máximo de la pieza de trabajo que puede girar el husillo; se determina como el doble de la distancia que existe entre el eje central del husillo y las guías de la máquina. El máximo tamaño real de la pieza de trabajo cilíndrica que puede acomodarse en el torno es algo más pequeña, debido a que el carro y la corredera lateral están sobre las guías. La máxima distancia entre los centros indica la longitud máxima de la pieza de trabajo que puede ser montada entre el cabezal y el contrapunto.

### 3.5.1.2. Roscas

Un roscado o rosca es una superficie cuyo eje está contenido en el plano y en torno a él describe una trayectoria helicoidal cilíndrica.

Figura 78. Partes de una rosca



Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. p. 115.

El roscado puede ser realizado con herramientas manuales o máquinas herramientas como taladradoras, fresadoras y tornos. Para el roscado manual se utilizan machos y terrajas, que son herramientas de corte usadas para crear las roscas de tornillos y tuercas en metales, madera y plástico. El macho se utiliza para roscar la parte hembra mientras que la terraja se utiliza para roscar la porción macho del par de acoplamiento. El macho también puede utilizarse para roscado a máquina.

#### 3.5.1.2.1. Sistema general de roscas

Los distintos tipos de roscas utilizados se dividen en grupos que se denominan sistemas y están normalizados.

Los distintos sistemas se diferencian entre sí fundamentalmente por la dimensión y estructura del filete y por el paso correspondiente a cada diámetro. Existen dos grupos principales de roscas:

- Rosca métrica, que utiliza para su medida el sistema métrico decimal. El sistema de rosca más representativo es la rosca métrica ISO.
- Rosca anglosajona, que utiliza la pulgada para su medida, los más representativos son: Whitworth con rosca para tornillos y para tubos denominado paso gas, Sellers o rosca americana que comprende rosca normal y rosca fina para automóviles.
  - Pasos de las roscas

Las roscas pueden tener tres tipos de pasos que determinan la calidad del tornillo: fino, normal y basto.

- El paso fino: se utiliza cuando se necesita una fijación importante o cuando el pesor del diámetro del tornillo es pequeño y no se pueden utilizar roscas normales por la profundidad del filete.
- El paso de tipo medio: suele estar normalizado y se define por la letra M.
- El paso basto: no se utiliza para diámetro pequeños por la debilidad que provocaría en el tornillo al ser la profundidad del filete mayor que el paso de tipo medio.

### 3.5.1.2.2. Tipos de rosca por sistema de medición

- Rosca métrica ISO

La medida de este sistema de roscas está basada en el sistema métrico decimal. La rosca métrica está creada por un filete con forma de triángulo equilátero, cuyo vértice está truncado a 1/8 de su altura y el fondo redondeado a 1/16 de dicha altura, existiendo de esta forma una holgura entre el vértice y el fondo de filete. El ángulo de flancos es de 60°.

Estas roscas se designan con la letra M, a continuación, la cifra que indica el diámetro nominal del tornillo, seguida del paso en milímetros.

Ejemplo: M 8 x 1,25, cuando la medida del paso es normalizada no hace falta poner el paso y se pondría de la siguiente forma: M 5, M 6, M 8, etc. En la tabla siguiente se expone algunos de los diámetros más usuales y su paso en milímetros:

Tabla XXIV. Rosca métrica paso normal y fino

Rosca métrica paso normal y fino									
Nomenclatura	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Diámetro nominal	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Paso normalizado	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
Paso fino	0,35	0,5	0,5	0,8	1	1,25	1,25	1,5	1,5

Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. p. 115.

- Rosca Whitworth

La medida de este sistema de roscas está basada en la pulgada. En las roscas Whithworth el perfil de su filete es un triángulo isósceles, siendo su lado menor el que sirve de base y es paralelo al eje del núcleo e igual al paso de rosca.

El vértice y el fondo están redondeados a 1/6 de la altura del filete. El ángulo de los flancos es de 55°. La medida de estos tornillos se da en pulgadas.

Ejemplo: 3/8", y hace referencia a la medida del diámetro exterior. El paso se da en número de hilos por pulgadas, poniendo la letra G a continuación.

Tabla XXV. **Rosca Whithworth, paso normal y fino**

Rosca Whithworth paso normal y fino									
Diámetro nominal (en pulgadas)	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
Paso grueso (hilos por pulgada)	24	20	18	16	14	12	11	10	9
Paso fino (hilos por pulgada)	32	26	22	20	18	16	14	12	12

Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. p. 116.

- Rosca Sellers o nacional americana

Este sistema de rosca es utilizado en los estados unidos de américa, empleándose en gran cantidad de automóviles. En la rosca Sellers, el perfil del filete es un triángulo equilátero con el vértice y el fondo truncados a 1/8 de su altura.

Existen tres tipos de roscas Sellers dependiendo de su paso y se denominan de la siguiente manera: basta NC, fina NF y paso especial NEF. Otra forma de denominarla es anteponiendo la 'U' a las letras anteriores.

Para denominar la rosca Sellers primero se da su medida en pulgadas, el paso en número de hilos por pulgada y a continuación las siglas en función del tipo de rosca.

Ejemplo: 3/8" 20 UNF

Tabla XXVI. **Rosca Sellers o americana paso normal**

Rosca Sellers o americana paso normal									
Diámetro nominal (en pulgada)	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
Paso basto (hilos por pulgada)	24	20	18	16	14	13	11	10	9
Equivalencia del diámetro nominal en milímetros	4,762	6,349	7,937	9,524	11,112	12,699	15,874	19,049	22,224

Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. p. 116.

### 3.5.1.2.3. Tipos de rosca por su forma

- Rosca de filete triangular

En este tipo de rosca la sección del filete tiene forma de triángulo equilátero o isósceles, se suelen emplear para el montaje y ensamblado de piezas. Cuando el tornillo no tiene cabeza se le denomina espárrago.

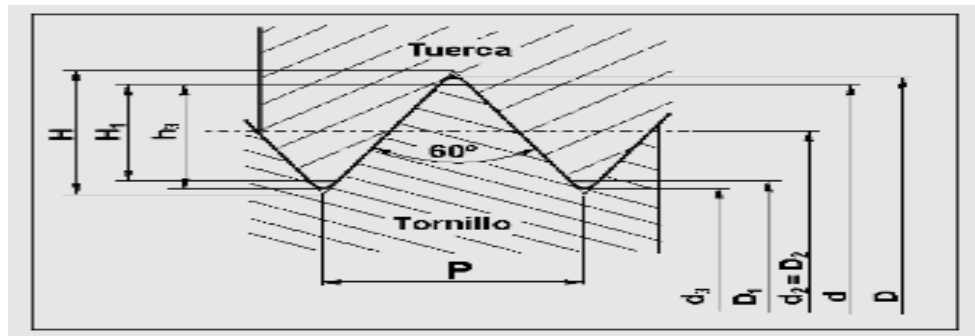
Un espárrago es una varilla roscada en ambos extremos. En su empleo normal, atraviesa un barreno liso de una de las piezas y se atornilla



permanentemente dentro de un agujero aterrajado o roscado con macho de la otra.

El nombre 'perno espárrago' se aplica con frecuencia a un perno usado como tornillo pasante con una tuerca en cada extremo.

Figura 79. Rosca de filete triangular



Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.* p. 84.

- Rosca de filete cuadrado

Esta rosca puede transmitir todas las fuerzas en dirección casi paralela al eje, a veces se modifica la forma de filete cuadrado dándole una conicidad o inclinación de 5° a los lados.

La sección del filete de este tipo de rosca tiene forma cuadrada o rectangular, se utiliza fundamentalmente para la construcción de husillos y no está normalizada. En la rosca cuadrada, el lado del cuadrado suele ser igual al paso.

Figura 80. **Rosca de filete cuadrado**



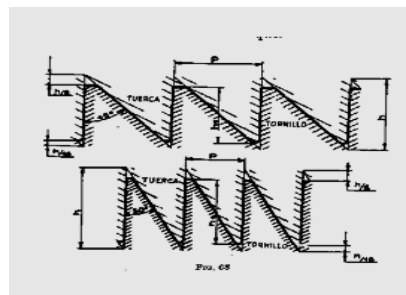
Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.* p. 85.

- Rosca de filete trapecial

Estas roscas también reciben el nombre de trapecoidal y tienen la sección del filete con forma de trapecio isósceles. Se utilizan fundamentalmente para la transmisión de movimiento, para servir de guía y para soportar grandes esfuerzos.

Este tipo de rosca se utiliza para dirigir la fuerza en una dirección. Se emplea en gatos y cerrojos de cañones.

Figura 81. **Rosa de filete trapecial**



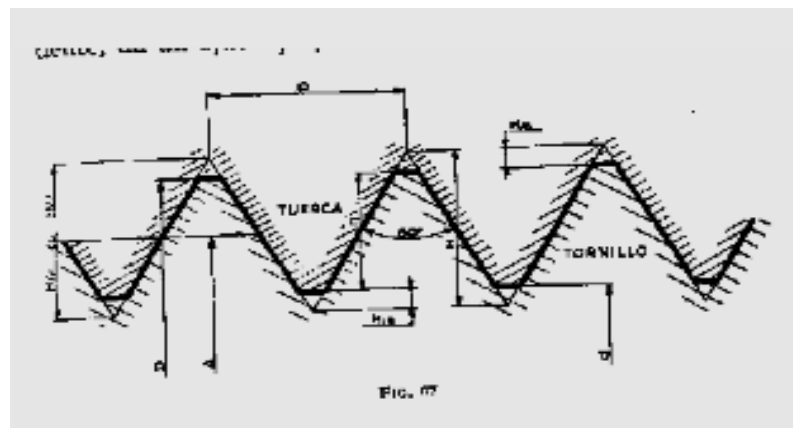
Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.* p. 88.

- Rosca de filete dientes de sierra

La sección del filete tiene forma de trapecio rectángulo. Se utiliza para la transmisión de grandes esfuerzos axiales por un solo lado del filete.

Esta cara es la que forma el ángulo recto y es perpendicular al núcleo del husillo.

Figura 82. **Rosca de filete dientes de sierra**

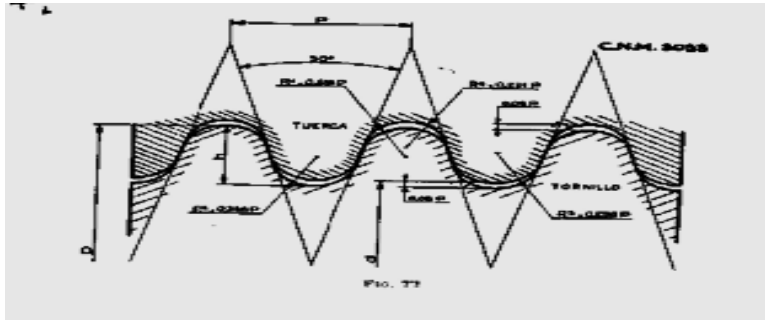


Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. p. 89.

- Rosca de filete redondo

Su sección es un semicírculo o un segmento circular. Se utiliza para soportar grandes esfuerzos en condiciones desfavorables, en presencia de arena, polvo, etc., que le producen un gran desgaste. Otro tipo de rosca redonda con menos altura del filete es la rosca Edison y se utiliza para la fabricación de casquillos, fusibles, etc.

Figura 83. Rosca de filete redondo



Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. p. 90.

#### 3.5.1.2.4. Métodos para fabricar roscas

Las roscas pueden fabricarse por medio de diferentes procesos de manufactura. El procedimiento seleccionado dependerá del número de piezas a fabricar, la exactitud y la calidad de la superficie de las hélices, el tallado más común de roscas es por medio de:

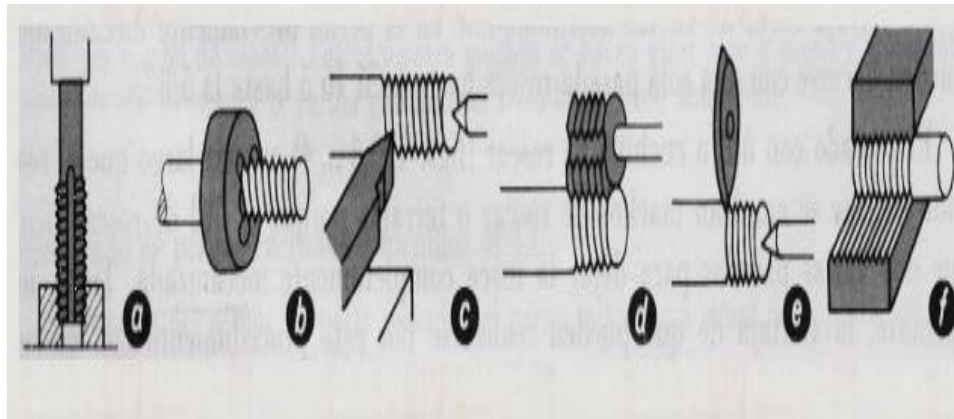
- Machuelos o terrajas (manuales o de máquina)
- Útiles de roscar en torno
- Fresado
- Laminado

Las herramientas más comunes para la realización de roscas son:

- a) Roscas con machuelo
- b) Roscas con terraja
- c) Roscas con útil de roscar
- d) Fresado de roscas

- e) Roscado por esmeril
- f) Laminado de roscas

Figura 84. **Herramientas utilizadas para la realización de roscas**



Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. p. 91.

- Fabricación de roscas por medio de machuelos y terrajas

Es el método más sencillo y económico, se utiliza para roscas triangulares. El tallado se logra por medio de una herramienta de acero de alta calidad, que si es para hacer una rosca exterior o macho (como la de un tornillo) se llama terraja y cuando se requiere hacer una rosca interior o hembra (como la de una tuerca) se utilizan unas herramientas llamadas machuelos.

Figura 85. **Machuelos y terrajas**



Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.* p. 92.

El tallado de una rosca con terraaja está limitado por las dimensiones del perno a roscar, en las roscas Whitworth el diámetro máximo es de 1 1/4 " y en las métricas es de 30 mm. Cualquier rosca mayor a 16 mm o 5/8 de pulgada debe iniciarse con un roscado previo, para evitar que se rompan los filetes.

En el caso de roscas interiores fabricadas con machuelos, es muy importante hacer el barrenado previo a la rosca con el diámetro adecuado, para definirlo de acuerdo a la rosca que se va a fabricar, existen normas como la DIN 336, de la cual se presenta un extracto a continuación.

Tabla XXVII. **Roscas métricas**

Rosa	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10	M11	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27
Para acero	2,50	2,90	3,30	4,20	5,00	6,70	8,40	10,00	11,75	13,75	15,25	17,25	19,25	20,75	23,75
Para fundición gris y latón	2,40	2,80	3,20	4,10	4,80	6,50	8,20	9,90	11,50	13,50	15,00	17,00	19,00	20,50	23,50

\*En las roscas métricas su diámetro en mm se indica después de la letra 'M'

Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.* p. 93.

Tabla XXVIII. Roscas Whitworth

Rosca	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"	1 5/8"	1 3/4"	2"
Para acero	5,10	6,50	7,90	10,50	13,50	16,50	19,25	22,00	24,75	27,75	30,50	33,50	35,50	39,00	44,50
Para fundición gris y latón	5,00	6,40	7,70	10,25	13,25	16,25	19,00	21,75	24,50	27,50	30,00	33,00	35,00	38,50	44,00

\*Todos los diámetros están dados en milímetros

Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.* p. 96.

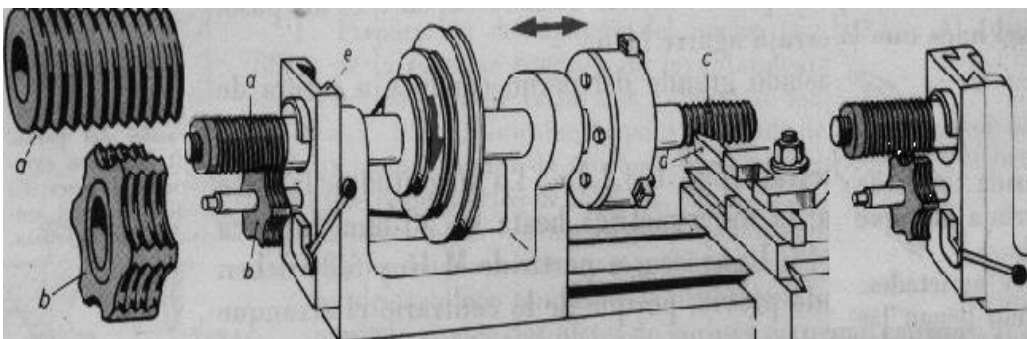
### Recomendaciones para elaborar roscas con machuelos y terrajas

- Uso de machuelos
  - Deben estar bien afilados.
  - Se debe hacer girar en redondo al machuelo, evitando el cabeceo.
  - Cuando se va a realizar una rosca grande, se debe iniciar con un machuelo menor y en otras pasadas con machuelos de mayor tamaño, se debe aproximar al tamaño adecuado.
  - Debe haber lubricación abundante.
  - Se debe hacer la penetración de una vuelta y el retroceso del machuelo para que la viruta salga y no se tape la rosca.
- Uso de terrajas
  - El dado de la terraja debe estar limpio y bien lubricado.

- Se debe hacer girar a la terraja en redondo y sin cabeceo.
  - El perno a roscar deberá estar preparado con un chaflán en la punta a 45°.
  - La terraja debe colocarse de manera perpendicular al perno a roscar.
  - Se debe hacer girar la terraja una vuelta y regresarla para desalojar la viruta.
- Fabricación de roscas por medio del torno

Se puede utilizar un torno de plantilla con husillo de trabajo móvil, como el que se muestra en la figura 86.

Figura 86. **Torno con husillo**

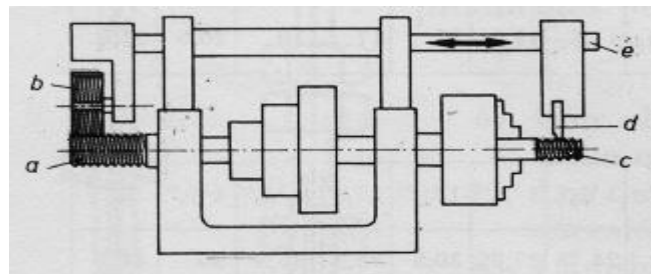


Fuente: LARBÁBURU, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.* p. 97.



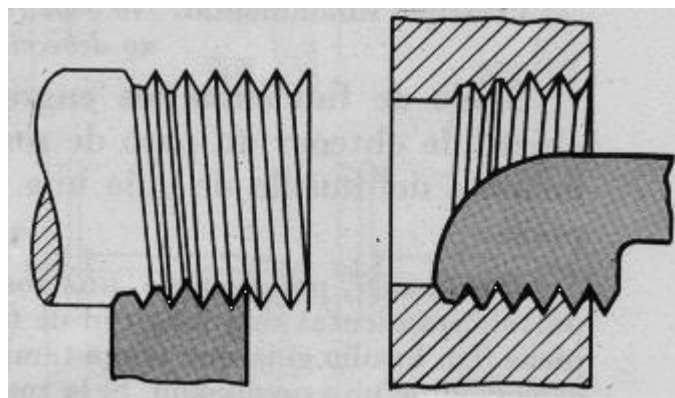
Como se observa en el extremo izquierdo del husillo principal se coloca una plantilla con la rosca que se quiere fabricar (a), esta se acopla a una tuerca (b) que sirve de guía al husillo principal del torno. Observe que el husillo es el que se desplaza o avanza de acuerdo a lo que requiere la plantilla, como lo demandaría un tornillo acoplándose a su tuerca, mientras que el útil de roscar está inmóvil.

Figura 87. **Husillo**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 147.

Figura 88. **Peines de rosca**

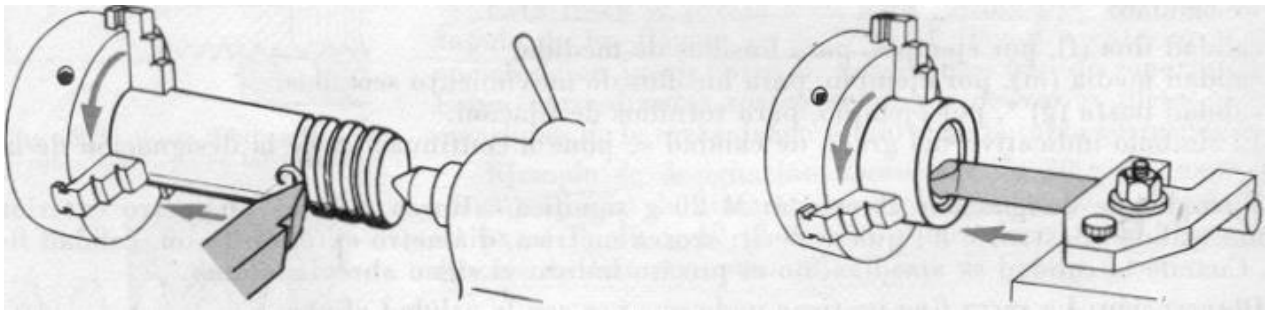


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 146.

- Peines de roscar para rosca exterior e interior

Por lo regular, las roscas en los tornos se realizan por medio de varias pasadas no se recomienda desbastar en reversa.

Figura 89. **Peines de rosca exterior e interior**



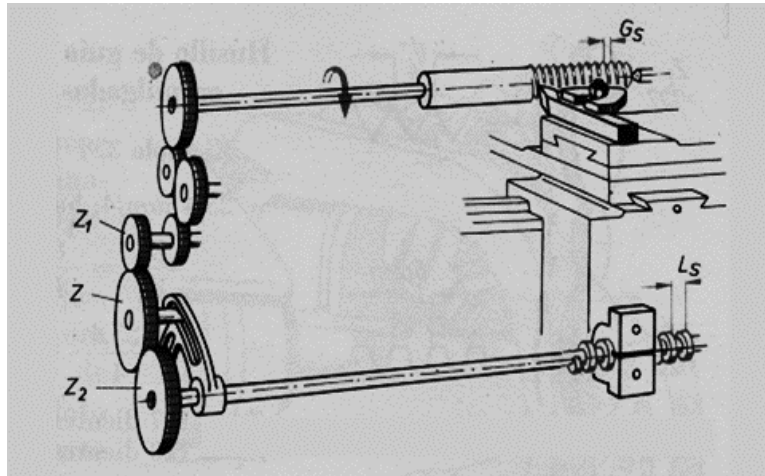
Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 147.

Para el tallado de roscas también se pueden utilizar tornos de tipo horizontal, para ello se debe usar el husillo de guía y la tuerca matriz de los tornos horizontales.

Para lograr la fabricación de una rosca con el paso requerido, es necesario que se guarde la relación de revoluciones adecuada entre el husillo guía o de roscar y las de la pieza.

El ajuste de las relaciones se logra por medio del cambio de las ruedas dentadas que transmiten el movimiento del husillo principal al husillo de roscar. Lo anterior se puede observar en el siguiente dibujo.

Figura 90. **Cambio de ruedas dentadas en el husillo**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 148.

- $G_s$  = paso de la rosca a tallar
- $L_s$  = paso del husillo de roscar
- $Z_1$  = número de dientes del engrane del husillo principal
- $Z_2$  = número de dientes del engrane del husillo de roscar
- $Z$  = rueda intermedia sin influencia en el cambio de revoluciones

### 3.5.1.3. Cepillo

La cepilladora también es conocida como una máquina herramienta que realiza la operación mecánica de cepillado. Dicha operación consiste en la elaboración de superficies planas, acanalamientos y otras formas geométricas en las piezas. La única restricción es que las superficies han de ser planas.

La cepilladura arranca el material haciendo pasar una herramienta de una punta por la pieza a trabajar. Además de este movimiento, la pieza también se

mueve de tal forma que la herramienta siempre tenga material que quitar, quitándolo de manera milimétrica.

### **3.5.1.3.1. Conceptos básicos**

La mayor parte de los cepillos se han diseñado con una columna vertical que se usa para soportar la corredera, mesa y los mecanismos de impulso y alimentación. En algún momento de su desarrollo se llamaron de columna o pilar.

La clasificación de estas máquinas se ha visto influida por la acción de la máquina durante la operación de corte. En otro grupo de clasificación se ha basado sobre el tipo de mecanismos de impulso que se utiliza en su fabricación.

Similarmente los cepillos de engrane reciben este nombre debido a una serie de engranes y cremallera que se encuentra en la parte inferior de la corredera y que mueven a la herramienta de corte sobre el trabajo o pieza bruta. En el cepillo vertical se tiene aún otra característica de construcción de diseño, responsable del nombre. La herramienta de corte se mueve en dirección vertical, en contraste con el movimiento horizontal habitual de la corredera.

- Descripción del cepillo

Se describirán las partes de un cepillo en el orden donde deben montarse para armar la máquina.

- La base

Descansa directamente sobre el piso del taller, es un vaciado que sirve como cimiento de toda la máquina. Una vez nivelada la máquina se puede asegurar con pernos de cimentación que se insertan a través de agujeros que tienen este objetivo y se encuentran cerca de la arista de la base.

- Columna

La columna o marco como también se le llama, es un vaciado hueco cuya forma es de una caja con cobertura en las partes superior e inferior. Además de encerrar el mecanismo que mueve a la corredera, también encierra una unidad que opera la alimentación automática, y en el cepillo con impulso mecánico, otra unidad que permite el ajuste de la carrera de la corredera.

Las costillas internas mantienen a la columna permanente rígida. Sus superficies externas soportan tanto a la mesa que sujeta al trabajo como a la corredera que sujeta la herramienta.

- La corredera cruzada o cruceta

Es un vaciado en forma de riel que se encuentra al frente de la columna. Su función es la de permitir movimientos vertical y horizontal de la mesa.

- La silleta

La silleta o mandil, que es comparativamente delgada, es un vaciado plano localizado entre la cruceta de un lado y la mesa de trabajo en el otro, forma el escalón de conexión entre estas partes.

- Mesa

Es un vaciado de forma rectangular, de construcción de caja con abertura al frente y al fondo. Todas estas superficies han sido maquinadas con precisión.

- Soporte de la mesa

El soporte de la mesa se extiende desde la mesa del trabajo a la base de la máquina. Su objeto es el de soportar el extremo exterior de la mesa y evitar así la deflexión que pudiera presentarse, ya sea durante el proceso de corte o inducida por el peso no soportado de la mesa misma.

- Carro

El carro es el miembro largo y comparativamente más estrecho del cepillo, diseñado para moverse hacia delante y hacia atrás arriba y en la sección horizontal de la columna. El carro soporta a la herramienta de corte y la guía sobre el trabajo durante el proceso de corte.

Las guías en forma de V, se extienden toda la longitud de la corredera y junto con las guías de la corredera de la columna, forman sus superficies guías.

- Cabezal de herramientas

Está sujeto al extremo frontal de la corredera. Consiste de la misma pieza que sirven para sujetar la herramienta cortante, guiar verticalmente a la herramienta y ajustarla para el corte deseado. Mecanismos de movimiento para un cepillo de manivela.

El miembro que acciona la corredera, esto es, la parte que controla el movimiento de vaivén de la corredera, se llama brazo oscilante. Este vaciado se encuentra articulado en su extremo inferior por medio de un eje, localizado cerca de la base de la columna.

- Mecanismo de ajuste de carrera

Puesto que los trabajos en el cepillo varían considerablemente en longitud, no sería práctico usar una máquina con una sola longitud fija de carrera de carro. En consecuencia, se hace el carro ajustable, para facilitar el trabajo bajo largo y corto. Esto se logra moviendo el de manivela hacia o lejos del centro de la rueda por delante.

- Mecanismo de cambio de velocidad

La velocidad del cepillo se refiere al número de carreras de corte que hace la corredera en un minuto. Está determinado por la velocidad de las revoluciones por minuto del engrane principal o rueda toroidal.

- Sistema de lubricación

Se han hecho cambios y diseños mejorados en la construcción de los cepillos no solamente en la máquina, sino también en los mecanismos que se usan para entregar un suministro de lubricante, adecuado en todo momento, a las partes que más probablemente se ven afectadas por desgaste. Los cepillos modernos emplean un sistema de presión y circulación completo para alimentar automática y continuamente el lubricante a cada una de las partes importantes.

- Tipos
  - Cepillo tipo biela.
  - Cepillo de codo hidráulico.
  - Cepillo de mesa.
  - Cepillo vertical.

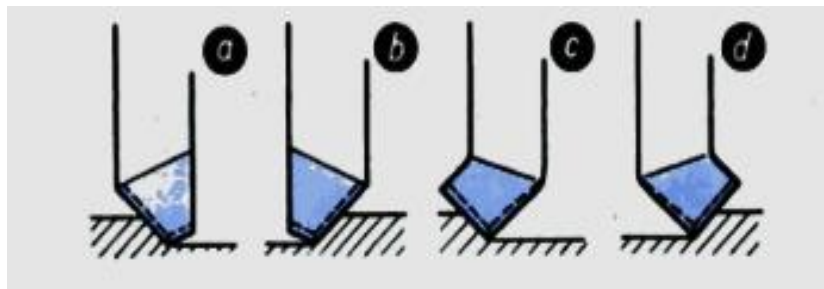
### 3.5.1.3.2. Cuchilla para cepilladora

Para arrancar virutas en las amortajadoras horizontales y en las cepilladoras se emplean los mismos útiles. Estos útiles reciben el nombre de cuchillas de cepillar. Se diferencian en cuanto a forma y material de corte solo en casos excepcionales de las cuchillas torno. La carga que se produce a modo de persecución al iniciar el corte exige tipos de material tenaces.

- Las cuchillas de cepillar para desbastar

Deben arrancar en poco tiempo la mayor cantidad posible de viruta. Las grandes secciones de viruta exigen una forma robusta de filo.

Figura 91. Cuchillas para desbastar



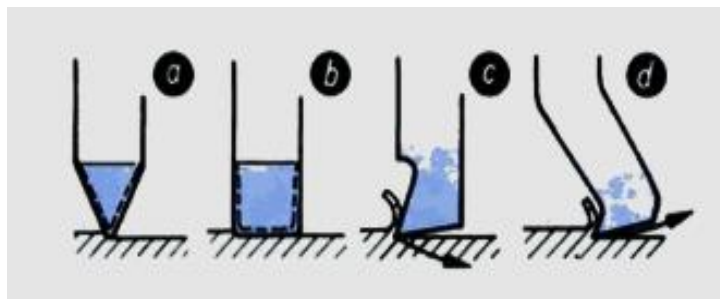
Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 149.



- Las cuchillas de cepillar para afinar

Han de dar a la superficie trabajada un aspecto limpio y por esta razón los filos son redondeados o planos.

Figura 92. Cuchillas para afinar



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 150.

- Cuchillas HSS. El HSS o acero rápido es un material con aleación de cobalto, cromo, molibdeno y vanadio; recomendado para trabajos de cepillado, planeado y machihembrado en maderas blandas y semiduras, en las que se pueden obtener buenos acabados. Estas a su vez se dividen en cuchillas ranuradas o estriadas, las cuales tienen un espesor de 8 mm y su altura es variable dependiendo de la forma de la moldura a sacar. Las más comunes son cuchillas con alturas de 50, 60 o 70 mm; con una longitud de 635 mm.
- Cuchillas de HM. También reciben el nombre de cuchillas de metal duro, Widia o tungsteno y se identifican porque traen el cuerpo en acero con un inserto o placa de tungsteno en la parte superior y vienen marcadas con la sigla HM. Estas cuchillas se pueden

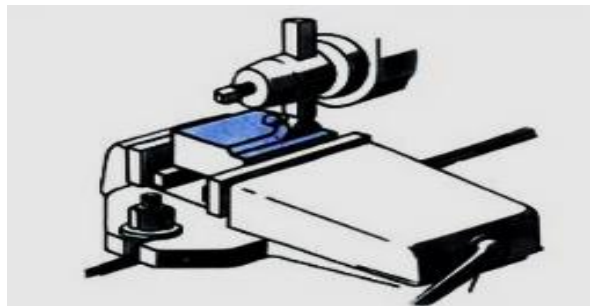
trabajar sobre cualquier tipo de material como madera, aglomerados, melamínicos, MDF o materiales abrasivos.

### **3.5.1.3.3. Sujeción de cuchillas y piezas**

Mediante la sujeción se origina entre la pieza y los apoyos o calces un fuerte rozamiento que impide el deslizamiento de la misma al obrar sobre ella la fuerza de corte. La magnitud del rozamiento crece con la aspereza o rugosidad de las superficies de sujeción y con la presión ejercida por las mordazas. La superficie de sujeción tiene que ser suficientemente grande, pues si es demasiado pequeña la presión por unidad de superficie podría resultar excesivamente grande y quedar, como consecuencia de ello, señaladas en la pieza las marcas de los sitios oprimidos.

- Las piezas pequeñas: se sujetan en el tornillo de la máquina. La pieza se levanta algo al cerrar la mordaza móvil y por esta razón hay que apretarla contra el fondo, golpeándola con el mazo de madera.

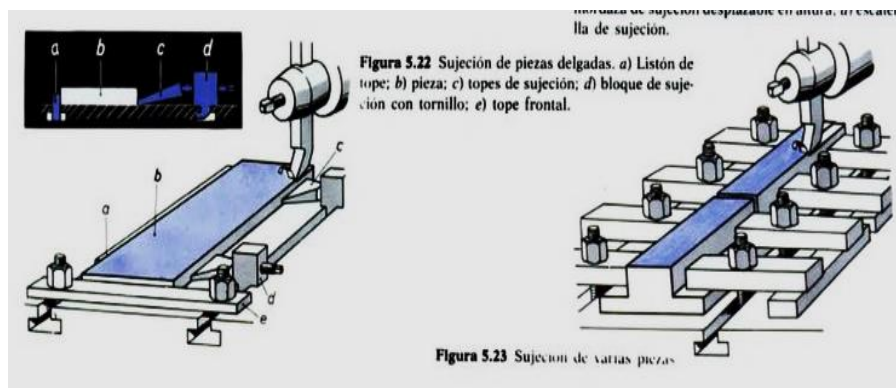
Figura 93. **Sujeción en el tornillo de la maquina**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 150.

- Las piezas grandes: se sujetan sobre la mesa de cepillar. Como medios de sujeción se emplean tornillos y bridas de sujeción. Las cabezas de los tornillos de sujeción han de ajustar bien en las ranuras en T de la mesa. La brida transmite a la pieza la presión de sujeción.

Figura 94. **Sujeción de mesa de cepillar**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramienta*. p. 151.

### 3.5.1.3.4. Cálculo del tiempo útil principal en el cepillado

- Longitud de la carrera; longitud anterior longitud ulterior
- Velocidad de retroceso en m/min
- Velocidad de corte en m/min
- Avance por cada doble carrera en mm

La ecuación fundamental para el cálculo del tiempo principal es:

Tiempo para la carrera de trabajo  $t_A = \frac{\text{longitud de la carrera (en m)}}{\text{velocidad de corte (m/min)}}$

$$t_A = \frac{L}{V_A} \text{ en min} \quad \text{cálculo de tiempo} \quad [\text{Ec. 19}]$$

El camino es la longitud de la carrera. Con las velocidades se puede calcular:

- Tiempos para las carreras de trabajo y de retroceso
- Tiempo para la carrera de trabajo
- Tiempo para la carrera en vacío

Tiempo para la carrera de trabajo  $t_R = \frac{\text{longitud de la carrera (en m)}}{\text{velocidad de retroceso (m/min)}}$

$$t_R = \frac{L}{V_R} \text{ en min} \quad \text{cálculo de tiempo} \quad [\text{Ec. 20}]$$

### 3.6. Tercer semestre

Al finalizar los procesos de aprendizaje del segundo semestre, base para los siguientes procesos de aprendizaje del estudiante para completar su formación. El tercer semestre comprende el área de diseño, estadísticas fundamentales para el desarrollo integral del estudiante.

#### 3.6.1. Área de diseño del trabajo

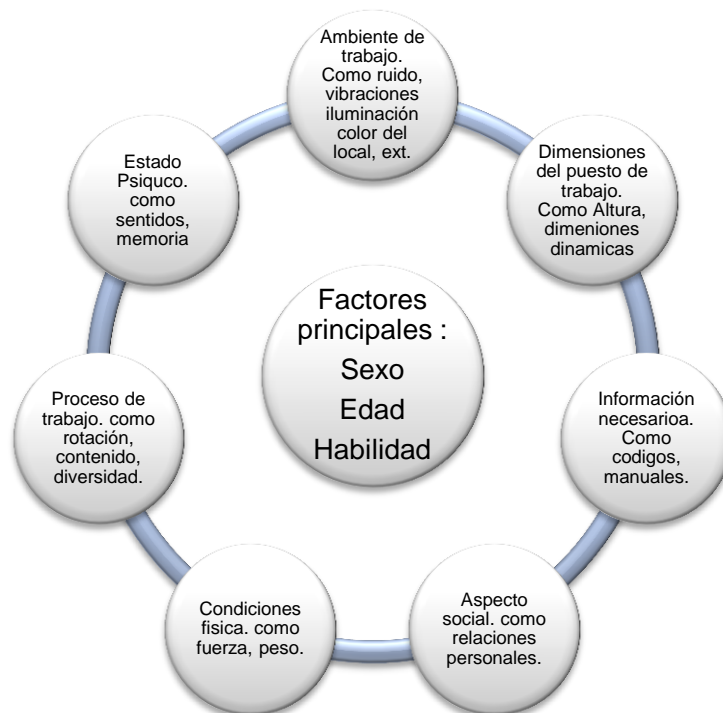
En la industria, el trabajador ejecuta tareas muy especiales. Para su ejecución es necesario, en muchos casos, la adopción de posturas agresivas, así como el manejo y transporte de cargas pesadas; esto obliga a una reacción

del sistema músculoesquelético que, en ocasiones, puede resultar en desordenes de tipo físico: lesiones.

Para evitar estas lesiones, que no solo perjudican al trabajador, también a la empresa pues son causa de absentismo y disminución del desempeño, es necesario diseñar los puestos de trabajo considerando una variable adicional: el hombre.

Para tratar de ejecutar el diseño correcto será preciso tener en cuenta consideraciones ergonómicas como se muestran en la figura 95.

Figura 95. **Diseño del trabajo**



Fuente: elaboración propia.

### **3.6.1.1. Condiciones y medio ambiente de trabajo**

Dado que cada uno tiene peso, estatura, fuerza y dimensiones de segmentos corporales diferentes. A continuación, se presentan once principios para el correcto diseño de la estación de trabajo:

- Evitar las cargas estáticas y dinámicas

Una carga es estática cuando no implica que el músculo se mueva y, por el contrario, es dinámica cuando el músculo si tiene movimiento, por ejemplo, cuando se sostiene un peso (carga estática) o cuando se levanta o transporta (carga dinámica). En ambos casos estas cargas impuestas obligan al cuerpo a generar una fuerza compensatoria interna para guardar el equilibrio. La distancia entre la fuerza externa y el centro de gravedad del cuerpo se llama palanca; cuanto mayor es la palanca mayor será la resistencia interna, la misma que es impuesta a los ligamentos, tendones y discos de la columna vertebral.

- Evitar las posturas fijas e inadecuadas

Un diseño correcto de la estación de trabajo debe permitir que el usuario pueda adoptar diferentes posturas tanto mejor si puede alternar entre la posición sentada como de pie y en movimiento, pues mantener una de estas posiciones durante largas horas no solo causa fatiga sino también problemas de salud. El ancho o profundidad de la estación de trabajo debe permitir que el trabajador pueda extender las piernas y moverlas con comodidad cuando lo necesite. Una mala postura también afecta, así, no conservar una postura erguida sino encorvada generará esfuerzos internos sobre todo en los discos de la columna vertebral lo que provocará lesiones en la espalda.

- Diseñar la altura de trabajo en aproximadamente 5 cm bajo el codo

Mantener una altura óptima de trabajo cuando hay diferentes usuarios de la estación de trabajo, puede obtenerse si se considera que la altura de la mesa de trabajo es regulable o cuando se cuenta con taburetes auxiliares, que pueden colocarse en el suelo para compensar la altura de los más pequeños.

- Procurar que la tarea se desarrolle en el área normal de trabajo

El área normal de trabajo es aquella que se puede generar con el brazo pegado al cuerpo y haciendo girar el antebrazo teniendo como centro el codo. Esta es el área recomendada para centrar el trabajo pues existe control visual, la palanca es corta se cuenta con mejor control de los movimientos es decir mayor rapidez y precisión.

- Proporcionar apoyo a los segmentos corporales

Tareas que requieren apoyar codos, antebrazos o muñecas para sostener herramientas o elementos de trabajo deben contar con soportes acojinados que proporcionen comodidad y además ayuden a sostener el peso de los brazos, cuando la tarea requiere que el antebrazo este apoyado, los bordes agudos de la mesa de trabajo causan gran dolor al operador cuando son expuestos a esta postura largo tiempo.

- Proporcionar una silla ajustable

Cuando se incorpora una silla a la estación de trabajo hay que tener en cuenta que esta debe poder ajustarse a los diferentes tipos de usuarios, el segundo para que avance o retroceda según la espalda lo hace. Si se trata de

una silla industrial, esta no debe tener ruedecillas pues puede provocar actos inseguros a causa de su inestabilidad, tampoco debe contar con un apoyo para los brazos pues necesitará tener libre movimiento para poder ejecutar su tarea con comodidad.

- Proporcionar ropa y calzado apropiados, así como accesorios de seguridad.

La ropa y el calzado son accesorios importantes cuando se observa un puesto de trabajo. En cuanto a accesorios de seguridad también son implementos que deben ser parte del puesto de trabajo para brindar seguridad y tranquilidad al trabajador, este principio debe ir de la mano con la participación del operador tomando conciencia en su propia seguridad.

- Evitar tareas repetitivas

Al analizar el contenido de trabajo y detectar operaciones cortas y repetitivas, éstas deben corregirse inmediatamente, pues, son causas de desórdenes de trauma acumulado (DTA) que son lesiones que ocurren principalmente en las muñecas, hombros y región lumbar causadas por acciones repetitivas y sobreesfuerzos, estas lesiones son graves pues inhabilitan al trabajador de continuar con sus labores.

Para evitar los DTA, se debe procurar mantener posiciones neutrales, es decir mantener la postura natural de los brazos y manos, sin adoptar posiciones forzadas, la posición de la columna debe conservar sus curvaturas naturales y evitar los giros y cambios bruscos de posición.



- Establecer lugares fijos para materiales y herramientas

Realizar una tarea exige 1) planeación y 2) ejecución, para reducir el tiempo de la primera será conveniente que el trabajador conozca y tenga sus materiales y equipo a utilizar en un lugar fijo, de esta manera la ejecución de sus movimientos también será más rápida pues sabrá exactamente la posición donde encontrará tal o cual herramienta.

- Proporcionar dispositivos informativos de control adecuados

Para diseñar o seleccionar un dispositivo informativo o de control hay que tener en cuenta el tipo de información que se ha de recibir, la importancia de los posibles errores y sus consecuencias, la frecuencia y el tiempo disponible de reacción, las posibles interferencias, la altura adecuada y el tamaño de manera que sean de fácil lectura y comprensión por el trabajador, entre otros.

Seleccionar y distribuir los controles para que ninguna extremidad se sobrecargue

### **3.6.1.2. Técnicas de exploración**

El estudio de métodos o ingeniería de métodos es una de las más importantes técnicas del estudio del trabajo que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del estudio es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

- Procedimiento básico sistemático para realizar un estudio de métodos

El estudio de métodos posee un algoritmo sistemático que contribuye a la consecución del procedimiento básico del estudio de trabajo el cual consta (el estudio de métodos) de siete estepas fundamentales. Es necesario recordar que en la práctica el encargado de realizar el estudio de métodos se encontrará eventualmente con situaciones que distan de ser ideales para la aplicación continua del algoritmo de mejora.

Tabla XXIX. **Etapas para realizar estudio de métodos**

<b>Etapas</b>	<b>Análisis del proceso</b>	<b>Análisis de la operación</b>
Seleccionar el trabajo al cual se hará el estudio	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas
Registrar toda la información referente al método actual	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido	Diagrama de operación bimanual actual
Examinar críticamente lo registrado	La técnica del interrogatorio: preguntas preliminares	La técnica del interrogatorio: preguntas preliminares a la operación completa
Ideas el método propuesto	La técnica del interrogatorio: preguntas de fondo	La técnica de interrogatorio: preguntas de fondo a la operación completa principios de la economía de movimientos
Definir el nuevo método (propuesto)	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido	Diagrama de operación bimanual del método propuesto
Implantar el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas	Participación de la mano de obra y relaciones humanas
Mantener en uso el nuevo método	Inspeccionar regularmente	Inspeccionar regularmente

Fuente: *Herramientas para el ingeniero*. [www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industria](http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industria). Consulta: 10 de octubre de 2015.

### 3.6.1.3. Técnicas de registro y análisis

Una vez se ha seleccionado el proceso a estudiar se pasa a la siguiente etapa del algoritmo del estudio del método, es decir, llevar a cabo el registro de la información referente al método actual. Este paso es sumamente fundamental, dado que de la exactitud de la información que se registre dependerá la eficacia en el desarrollo de las mejoras al método.

Los instrumentos de registro más utilizados dentro de la técnica del estudio del método son los gráficos y los diagramas, y de estos existen gran diversidad en cuanto a estructura y propósito.

Tabla XXX. Instrumentos de registro más utilizados

Gráficos que indican sucesión de hechos	Cursograma sinóptico del proceso
	Cursograma analítico del proceso
	Cursograma analítico del material
	Cursograma analítico del equipo
	Diagrama bimanual
	Cursograma administrativo
Gráficos con escala de tiempo	Diagrama de actividades múltiples simograma
Diagramas que indican movimiento	Diagrama de recorrido o de circuito
	Diagrama de hilos
	Ciclograma
	Cronociclograma
	Gráfico de trayectoria

Fuente: *Herramientas para el ingeniero*. [www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industria](http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industria). Consulta: 10 de octubre de 2015.

### **3.6.2. Área de estadística**

Es un área para proveer al estudiante conocimientos de estadística descriptiva y de la teoría de probabilidades y sus aplicaciones, con el fin de proporcionar elementos para establecer modelos matemáticos que expliquen los fenómenos aleatorios, ya que un gran número de fenómenos observables, no son determinísticos.

### **3.6.3. Práctica del área estadística**

El contenido de las prácticas para la ejecución de lo aprendido en clase se basará en el siguiente contenido:

- Guías de la práctica del área de estadística
  - Práctica 01. Clasificación de variables.
  - Práctica 02. Notación sumatoria.
  - Práctica 03. Medidas de tendencia central y dispersión para datos sin agrupar.
  - Práctica 04. Medidas de tendencia central y dispersión para datos agrupados.
  - Práctica 05. Presentación gráfica y tabular de datos.
  - Práctica 06. Introducción al estudio de probabilidades.

- Práctica 07. Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias discretas: binomial.
- Práctica 08: funciones de probabilidades de variables aleatorias continuas: distribución normal.
- Práctica 09: hoja de trabajo.
- Práctica 10: intervalos de confianza para una media.
- Práctica 11: intervalo de confianza para la media y la varianza.

### **3.7. Cuarto semestre**

Al finalizar los procesos de aprendizaje del tercer semestre, base para los siguientes procesos que se realizarán durante el aprendizaje del estudiante para completar su formación. El cuarto semestre comprende el área de medición del trabajo fundamental para el desarrollo integral del estudiante.

#### **3.7.1. Área de medición del trabajo**

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

### **3.7.1.1. Consideraciones generales**

En el devenir del técnico universitario muchas serán las ocasiones en las que requerirá de alguna técnica de medición del trabajo. En el proceso de fijación de los tiempos estándar quizá sea necesario emplear la medición para:

- Comparar la eficacia de varios métodos, los cuales en igualdad de condiciones el que requiera de menor tiempo de ejecución será el óptimo.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos, con ayuda de diagramas de actividades múltiples. Con el objetivo de efectuar un balance de los procesos.
- Determinar el número de máquinas que puede atender un operario.

Una vez el tiempo estándar se ha determinado, este puede utilizarse para:

- Obtener la información de base para el programa de producción.
- Obtener información en que basar cotizaciones, precios de venta y plazos de entrega.
- Fijar normas sobre el uso de la maquinaria y la mano de obra.
- Obtener información que permita controlar los costos de la mano de obra (incluso establecer planes de incentivos) y mantener costos estándar.

### 3.7.1.2. Muestreo y estimación

El tamaño de la muestra o cálculo de número de observaciones es un proceso vital en la etapa de cronometraje, dado que de este depende en gran medida el nivel de confianza del estudio de tiempos. Este proceso tiene como objetivo determinar el valor del promedio representativo para cada elemento.

Los métodos más utilizados para determinar el número de observaciones son:

- Método estadístico
- Método tradicional
  - Método estadístico

El método estadístico requiere que se efectúen cierto número de observaciones preliminares ( $n'$ ), para luego aplicar la siguiente fórmula:

Nivel de confianza del 95,45 % y un margen de error de  $\pm 5$  %

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2 \text{ número de observaciones} \quad [\text{Ec. 21}]$$

Siendo:

- $n$  = tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)
- $n'$  = número de observaciones del estudio preliminar
- $\Sigma$  = suma de los valores
- $x$  = valor de las observaciones

- 40 = constante para un nivel de confianza de 94,45 %
- Método tradicional

Este método consiste en seguir el siguiente procedimiento sistemático:

- Realizar una muestra tomando 10 lecturas si los ciclos son  $\leq 2$  minutos y 5 lecturas si los ciclos son  $> 2$  minutos, esto debido a que hay más confiabilidad en tiempos más grandes, que en tiempos muy pequeños donde la probabilidad de error puede aumentar.
- Calcular el rango o intervalo de los tiempos de ciclo, es decir, restar del tiempo mayor el tiempo menor de la muestra:

$$R (\text{Rango}) = X_{\max} - X_{\min} \quad \text{cálculo de rango} \quad [\text{Ec. 22}]$$

- Calcular la media aritmética o promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad \text{media aritmética o promedio} \quad [\text{Ec. 23}]$$

Siendo:

- $\sum x$  = sumatoria de los tiempos de muestra
- $n$  = número de ciclos tomados



Hallar el cociente entre rango y la media:

$$Cofiente = \frac{R}{\bar{X}} \text{ coeficiente entre el rango y la media} \quad [Ec. 24]$$

- Buscar ese cociente en la siguiente tabla, en la columna (R/X), se ubica el valor correspondiente al número de muestras realizadas (5 o 10) y ahí se encuentra el número de observaciones a realizar para obtener un nivel de confianza del 95 % y un nivel de precisión de  $\pm 5 \%$ .

Tabla XXXI. **Cálculo del número de observaciones**

Tabla para cálculo del número de observaciones					
R/X	5,00	10,00	R/X	5,00	10,00
0,00	0,00	0,00	0,48	68,00	39,00
0,01	1,00	1,00	0,50	74,00	42,00
0,02	1,00	1,00	0,52	80,00	46,00
0,03	1,00	1,00	0,54	86,00	49,00
0,04	1,00	1,00	0,56	93,00	53,00
0,05	1,00	1,00	0,58	100,00	57,00
0,06	1,00	1,00	0,60	107,00	61,00
0,07	1,00	1,00	0,62	114,00	65,00
0,08	1,00	1,00	0,64	121,00	69,00
0,09	1,00	1,00	0,66	129,00	74,00
0,10	3,00	2,00	0,68	137,00	78,00
0,12	4,00	2,00	0,70	145,00	83,00
0,14	6,00	3,00	0,72	153,00	88,00
0,16	8,00	4,00	0,74	162,00	93,00
0,18	10,00	6,00	0,76	171,00	98,00
0,20	12,00	7,00	0,78	180,00	103,00
0,22	14,00	8,00	0,80	190,00	108,00
0,24	13,00	10,00	0,82	199,00	113,00
0,26	20,00	11,00	0,84	209,00	119,00
0,30	27,00	15,00	0,88	229,00	131,00
0,32	30,00	17,00	0,90	23,00	138,00
0,36	38,00	22,00	0,94	261,00	149,00
0,38	43,00	24,00	0,96	273,00	156,00
0,40	47,00	27,00	0,98	284,00	162,00
0,42	52,00	30,00	1,00	296,00	169,00
0,44	57,00	33,00	1,02	303,00	173,00
0,46	63,00	36,00	1,04	313,00	179,00

Fuente: elaboración propia.

### 3.7.1.3. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos para averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

- Etapas del estudio de tiempos

Tabla XXXII. **Etapas del estudio de tiempos**

1	Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2	Registrar una descripción completa del método, descomponiendo la operación en elementos.
3	Examinar una descripción para verificar que se están utilizando los mejores métodos de trabajo.
4	Medir el tiempo con un instrumento apropiado, y registrar el tiempo invertido por el operario en realizar cada elemento de la operación.
5	Simultáneamente con la medición, determinar la velocidad de trabajo del operario por correlación con el ritmo normal de trabajo de este.
6	Convertir los tiempos observados o medidos en tiempos normales o básicos.
7	Determinar los suplementos por descanso que se añadirán al tiempo normal o básico de la operación.
8	Determinar el tiempo tipo o tiempo estándar de la operación.

Fuente: elaboración propia.

### 3.7.2. Práctica del área medición de trabajo

Para la realización de las prácticas del estudio y medición de trabajo se realizarán 12 prácticas:

- Práctica 1: test de habilidades
- Práctica 2: diagramas
- Práctica 3: diagramas II
- Práctica 4: diagramas III
- Práctica 5: diagramas y balanceo
- Práctica 6: therbligs
- Práctica 7: estudio de tiempos
- Práctica 8: tiempos y líneas de producción
- Práctica 9: calificación de la actuación
- Práctica 10: análisis de puestos 0 y cargos
- Práctica 11: calificación de la actuación y mtm
- Práctica 12: condiciones de trabajo

### **3.7.3. Procesos de soldadura industrial I**

Los procesos de soldadura se dividen en dos categorías principales:

- Soldadura por fusión: en la cual se obtiene una fusión derritiendo las dos superficies que se van a unir, y en algunos casos añadiendo un metal de aporte a la unión.
- Soldadura de estado sólido: en la cual se usa calor o presión o ambas para obtener la fusión, pero los metales base no se funden ni se agrega un metal de aporte. La soldadura por fusión es la categoría más importante e incluye:
  - La soldadura con arco eléctrico.
  - La soldadura por resistencia.
  - La soldadura con oxígeno y gas combustible.

- Otros procesos de soldadura por fusión (los que no pueden clasificarse en alguno de los primeros tres tipos).

#### **3.7.4. Práctica de soldadura industrial**

- Práctica 1: reconocimiento de equipo y medidas de seguridad
  - Objetivos
    - El alumno reconocerá el equipo con que cuenta el taller de mecánica para realizar prácticas de soldadura.
    - El alumno aprenderá la importancia de cada equipo y la función que desempeñan en el proceso de soldadura por arco eléctrico.
    - Aprenderá a cómo utilizarlo con el fin de evitar accidentes.
    - Aprenderá las medidas de seguridad necesaria para la operación del equipo.
  - Material
    - Máquina soldadora TIG, MIG y SMAW
    - Equipo de protección

- Practica 2: soldadura con cordón plano (unión a tope)
  - Objetivos
    - El alumno aprenderá el procedimiento básico para realizar una unión a tope utilizando soldadura de arco manual con electrodo revestido (SMAW).
    - El alumno aprenderá la importancia del tratamiento que se debe dar a las piezas a unir y la función que desempeñan los elementos del arco eléctrico en el proceso de soldadura por arco eléctrico.
    - Debe adquirir el conocimiento mínimo para realizar una unión de soldadura.
    - Aprenderá las medidas de seguridad necesaria para la ejecución de este trabajo.
  - Material
    - Máquina soldadora MI-250-CD/CA
    - Pinza de maza
    - Cable portaelectrodo
    - Electrodo revestido del tipo 6013
    - 2 placas de acero dulce (150 X100 X 6mm)
    - Equipo de protección

- Practica 3: soldadura en ángulo horizontal (unión traslape)
  - Objetivos
    - El alumno aprenderá el procedimiento básico para realizar una unión en traslape utilizando soldadura de arco manual con electrodo revestido (SMAW).
    - El alumno aprenderá la importancia del tratamiento que se debe dar a las piezas a unir y la función que desempeñan los elementos del arco eléctrico en el proceso de soldadura por arco eléctrico.
    - Debe adquirir el conocimiento mínimo para realizar una unión de soldadura.
    - Aprenderá las medidas de seguridad necesaria para la ejecución de este trabajo.
  - Material
    - Máquina soldadora MI-250-CD/CA
    - Pinza de maza
    - Cable portaelectrodo
    - Electrodo revestido del tipo 6013
    - 2 placas de acero dulce (150 X100 X 6mm)
    - Equipo de protección

### **3.8. Quinto semestre**

Al finalizar los procesos de aprendizaje del cuarto semestre, base para los siguientes procesos que se realizarán durante el aprendizaje del estudiante para completar su formación. El quinto semestre comprende el área de metrología y normas de calidad, fundamental para el desarrollo integral del estudiante.

#### **3.8.1. Área de metrología y normas de calidad aplicada a la manufactura**

Siempre se debe tener presente la clara diferencia y la relación existente entre la siguiente terminología:

- Normas del producto
  - Describen requerimientos para los componentes de los productos.
- Normas de calibración y medición (metrología industrial)

Ciencia de las mediciones que se encarga de las unidades de medida que se utilizan en el sistema internacional para producir o comercializar ya sea: tiempo, masa, volumen, temperatura, dimensiones, tanto para consumidores como para empresarios, quienes necesitan con certeza el contenido exacto del producto o servicio.

La globalización ha permitido que las unidades de medida sean más uniformes en la mayoría de países.

Dependiendo de su campo de acción, la metrología se divide en tres tipos:

- Metrología científica: define, mantiene y crea unidades de medida. Es parte de la metrología relacionada con la calibración, comprobación y verificación de los instrumentos de medida y control empleados en laboratorios de análisis, prueba y ensayos; así como, en la investigación científica y aplicada.
- Metrología legal: la realiza el estado para verificar si lo elaborado por los fabricantes o vendido por el comerciante, cumple con los requerimientos técnicos y jurídicos que han sido reglamentados y garantizados con la exactitud reglamentada. Está relacionada con las unidades de medida, los métodos de medición y los instrumentos de medida en lo relativo a las exigencias técnicas y jurídicas reglamentadas, que tienen por objeto asegurar la garantía pública desde ese punto de vista de seguridad y precisión.
- Metrología industrial: persigue promover la competitividad en la mejora de las mediciones que inciden en la calidad del producto. Es parte de la metrología relacionada con la calibración, comprobación y verificación de los instrumentos de medida y control empleado en los procesos industriales, así como procedimientos para determinar las características dimensionales y físico-químicas, de los productos elaborados en la industria.



- Normas para administrar y asegurar la calidad
  - ISO significa: International Estándar Organización. Esta organización se encuentra en Ginebra y está integrada por 91 países miembros. Sus normas no son obligatorias, excepto cuando los países e industrias las adoptan, les aumentan requerimientos legales.

### **3.8.1.1. Calibradores funcionales**

- Calibrador pasa- no pasa (*go-no go*)

Dispositivos con un tamaño estándar establecido que realizan una inspección física de características de una pieza para determinar si la característica de una pieza sencillamente pasa o no pasa la inspección. No se hace ningún esfuerzo de determinar el grado exacto de error.

Un calibrador límite o pasa o no pasa se fabrica para ser una réplica inversa de la dimensión de la parte y se diseña para verificar la dimensión de uno o más de sus límites de tolerancia.

- Calibrador funcional (*functional gage*)

Calibrador para una pieza específica que rápidamente revisa su forma y ajuste de una manera similar a su uso proyectado. Calibrador que representa una pieza coincidente del 'peor de los casos' que proporciona una evaluación simple de pasa / falla de la pieza inspeccionada. Los calibradores funcionales suelen poder inspeccionar rápidamente varias características a la vez.

### 3.8.1.2. Variaciones

Es común que la producción de un producto cambie constantemente, pero existen dos tipos de variabilidad que se perciben en esta serie de cambios: la variabilidad identificable y la aleatoria.

- Identificable: está originada por factores que son identificables; esta variabilidad no presenta un comportamiento estadístico y, por tanto, no son previsible las salidas. La organización debe identificar las estas causas y eliminarlas como paso previo a poner el proceso bajo control.
- Aleatoria: está originada por factores aleatorios (desgaste de piezas, mantenimiento, personas, equipos de medida, etc.); en este caso la variabilidad tiene un comportamiento estadístico y es predecible, y se puede ejercer un control estadístico sobre el mismo.

Las causas por las que en una operación se presenta la variabilidad son:

- Medio ambiente: este puede tergiversar el tiempo y la calidad del producto o servicio.
- Cambio de operación: este factor provoca variabilidad, pues en ocasiones el trabajador debe adaptarse a esta forma de trabajo o en ocasiones no le agrada o simplemente le parece incómodo. Esto retrasa la producción.

### **3.8.1.3. Normas de calidad**

Una norma de calidad es un papel, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido (nacional o internacional), que se proporciona para un uso común y repetido, una serie de reglas, directrices o características para las actividades de calidad o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en el contexto de la calidad.

### **3.8.1.4. Instrumentos**

Las siete herramientas de la calidad son:

- Diagramas de causa - efecto

La variabilidad de una característica de calidad es un efecto o consecuencia de múltiples causas, por ello, al observar alguna inconformidad con alguna característica de calidad de un producto o servicio, es sumamente importante detallar las posibles causas de la inconsistencia. La herramienta de análisis más utilizada es el diagrama de causa - efecto, conocidos también como diagrama de espina de pescado, o diagrama de Ishikawa.

- Planillas de inspección

Las planillas de inspección son una herramienta de recolección y registro de información. Su principal ventaja es que dependiendo de su diseño sirven tanto para registrar resultados como para observar tendencias y dispersiones, lo cual hace que no sea necesario concluir con la recolección de los datos para disponer de información de tipo estadístico. El diseño de una planilla de inspección precisa de un análisis estadístico previo, ya que en esta se

preestablece una escala para que en lugar de registrar números se hagan marcaciones simples.

- Gráficos de control

Los gráficos o cartas de control son diagramas preparados donde se van registrando valores sucesivos de la característica de calidad que se está estudiando. Estos datos se registran durante el proceso de elaboración o prestación del producto o servicio. Cada gráfico de control se compone de una línea central que representa el promedio histórico y dos límites de control (superior e inferior).

- Diagramas de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Su importancia consiste en la simplificación de un análisis preliminar del proceso y las operaciones que tienen lugar al estudiar características de calidad. Esta representación se efectúa a través de formas y símbolos gráficos usualmente estandarizados, y de conocimiento general.

- Histogramas

Un histograma o diagrama de barras es un gráfico que muestra la frecuencia de cada uno de los resultados cuando se efectúan mediciones sucesivas. Este gráfico permite observar alrededor de qué valor se agrupan las mediciones y cuál es la dispersión alrededor de este valor. La utilidad en función del control de calidad que presta esta representación radica en la

posibilidad de visualizar rápidamente información aparentemente oculta en un tabulado inicial de datos.

- Gráficos de Pareto

El diagrama de Pareto es una variación del histograma tradicional, puesto que en el Pareto se ordenan los datos por su frecuencia de mayor a menor. El principio de Pareto, también conocido como la regla 80 -20 enunció en su momento que 'el 20 % de la población, poseía el 80 % de la riqueza'.

- Diagramas de dispersión

También conocidos como gráficos de correlación, estos diagramas permiten básicamente estudiar la intensidad de la relación entre 2 variables. Dadas dos variables X y Y, se dice que existe una correlación entre ambas si estas son directa o inversamente proporcionales (correlación positiva o negativa). En un gráfico de dispersión se representa cada par (X, Y) como un punto donde se cortan las coordenadas de X y Y.

### **3.8.2. Área de líneas de producción**

Existen cuatro tipos principales de sistemas de producción industrial: por trabajo, por lotes, en masa y de flujo continuo, comprendiendo, cada una respectivamente, operaciones a escala cada vez mayor. El aprovechamiento de los recursos, la flexibilidad para responder a los cambios y el trabajo en condiciones de calidad suficientes son algunos de los retos que las cuatro modalidades productivas tienen en común, aunque también cuentan con sus diferencias.

Las principales características de los cuatro sistemas de producción industrial son las siguientes:

- Producción por trabajo: a esta modalidad productiva también se la conoce como producción bajo pedido. Consiste en concentrar todos los esfuerzos en elaborar un solo producto cada vez. El resultado es diferente en cada ocasión, por lo que se trata de un concepto asociado a un uso intensivo en mano de obra.
- Producción por lotes: se definen así a los sistemas de producción industrial mediante los que se crea una pequeña cantidad de productos idénticos. Se introduce el concepto de las plantillas o modelos, que contribuyen a agilizar la producción, reduciendo también el factor de personalización que existía en la producción por trabajo.
- Producción en masa: es la que se ocupa de la producción de cientos de productos idénticos, por lo general en una línea de producción. Esta opción, a menudo implica el montaje de un número indeterminado de componentes individuales.
- Producción de flujo continuo: es cuando se realizan muchos miles de productos idénticos. La diferencia entre esta y la producción en masa es que, en este caso, la línea de producción se mantiene en funcionamiento 24 horas al día, siete días a la semana.

### **3.8.2.1. Control de calidad**

El control de calidad es el conjunto de los mecanismos, acciones y herramientas realizadas para detectar la presencia de errores.

La función principal del control de calidad es asegurar que los productos o servicios cumplan con los requisitos mínimos de calidad. Todo producto que no cumpla las características mínimas para decir que es correcto, será eliminado, sin poderse corregir los posibles defectos de fabricación que podrían evitar esos costos añadidos y desperdicios de material. Para controlar la calidad de un producto se realizan inspecciones o pruebas de muestreo para verificar que sus características sean óptimas.

El proceso para alcanzar niveles de control de calidad será el siguiente:

- Probar la necesidad de mejora
- Identificar los proyectos concretos de mejora
- Organizar para la conducción de los proyectos
- Organizar para el diagnóstico o descubrimiento de las causas
- Diagnosticar las causas
- Probar que la solución es efectiva bajo condiciones de operación
- Proveer un sistema de control para mantener lo ganado

#### **3.8.2.2. Planificación y control de producción**

- Objetivos de aprendizaje del tema:
  - Ser capaz de definir y comprender el sistema de planificación de la producción.
  - Entender el objetivo de la planificación agregada de la producción, y conocer y saber aplicar las estrategias de adecuación de la capacidad de producción a la demanda.

- Conocer y entender los objetivos de la programación de la producción.
  - Comprender el contexto de aplicación de la planificación de necesidades de materiales (MRP), saber identificar sus objetivos y ser capaz de aplicar dicha técnica.
  - Entender la filosofía de producción justo a tiempo (JIT) y saber identificar sus principales características.
  - Poder definir un proyecto y conocer y saber emplear las técnicas de programación de proyectos de GANTT y PERT/CPM.
  - Reconocer la importancia del control de la función de producción y poder identificar las principales áreas de control.
- Planificación agregada de la producción

Función de definir los objetivos de producción en cantidad y fecha, así como adecuar los recursos materiales, humanos y técnicos de la función de producción a dichos objetivos.

- Opciones de demanda

Estrategias que buscan influir en la demanda para adecuarla a la capacidad de producción en el período de planificación.



- Opciones mixtas

Implica la utilización combinada de varias estrategias de capacidad y/o demanda.

- Programación de la producción

- Proceso de descomponer la planificación agregada en planes con un mayor nivel de concreción.
- Su resultado es un programa maestro de producción (PMP), esto es, un calendario de producción más detallado:
  - Cantidades detalladas a elaborar de cada producto.
  - Fechas de fabricación (semanales y/o diarias).
  - EL PMP es una fuente de información para los sistemas de planificación de necesidades de materiales MRP.

- Programación de la producción a corto plazo

- Última fase del proceso de planificación de la producción
- Programación semanal, diaria, por turnos y/o por horas
  - Se determina la secuencia u orden en el que se elaboran los trabajos pendientes.

- Se realizan asignaciones concretas de personal, materiales y maquinaria.
- Se establece el programa temporal de inicio y terminación de cada actividad.

### **3.8.2.3. Control de existencias**

Las existencias son todos aquellos materiales que una empresa tiene depositados en sus almacenes y que cumplen una serie de funciones específicas dentro de la gestión del aprovisionamiento. Las existencias también se denominan *stocks* o inventarios; los dos términos se pueden considerar como sinónimos.

Según las características de la empresa, se pueden determinar diferentes tipos de existencias en función de su utilidad o de su posición en el ciclo de aprovisionamiento. También, se debe estar al tanto de su movimiento o detención, y lograr renovaciones adecuadas en relación a la necesidad que se tenga de cada artículo. La empresa dedica una parte de sus recursos a mantener un cierto nivel de existencias, ya que su gestión genera una serie de costes relevantes económicamente.

La empresa necesita disponer de recursos almacenados por muy diversos motivos:

- Para evitar una ruptura de *stocks*, es decir, no quedarse sin productos si hay un incremento inesperado de la demanda.

- Porque pueden existir diferencias importantes en los ritmos de producción y distribución cuando la demanda dependa de la época del año.
- Para obtener importantes descuentos por la compra de materiales en gran cantidad. Aprovechar esta oportunidad contribuye a reducir los costes de los productos.
- En general, las existencias de la empresa permiten compatibilizar mejor los ritmos de compras, producción y ventas, suavizando las diferencias.
  - Clasificación de existencias

Cada almacén trabaja con productos clasificados según su uso y movimiento, el proceso productivo y su obtención:

- Según su uso y movimiento: son materiales de uso cierto y constante que deben existir permanentemente en los almacenes y cuya renovación se regula en función del consumo y el tiempo de demora en contar con ellos. Se pueden descomponer en diversos almacenes, a saber:
- Materias Primas: se trata del almacenaje de materiales utilizados para hacer los componentes del producto terminados.
- Componentes: son aquellas partes o submontajes que se incorporan al producto final.

- Materiales obsoletos: formado por materiales declarados fuera de uso, que no tienen movimiento o posibilidades de consumo, por haberse dejado de utilizar en la empresa.
- Materiales para consumo y reposición: tales como combustibles, lubricantes, aceites, productos de limpieza, repuestos y productos para el mantenimiento, material de oficinas, etc.
- Embalajes y envases: los necesarios para el transporte y manutención en condiciones adecuadas, como son los pallets, cajas, jaulas, bastidores u otros tipos de contenedores.
- Según el proceso productivo: son productos que provienen de planta, en general son los artículos que se originan en las fases de fabricación y salen de la línea de producción; es decir son los productos que fabrica la empresa. Se pueden descomponer en los siguientes almacenes:
- Productos en curso de fabricación: se trata de materiales y componentes que están experimentando transformaciones o que están esperando en la planta entre dos operaciones consecutivas de su proceso de fabricación.
- Productos semiterminados: son aquellos que han sufrido ya parte de las operaciones de producción y cuya venta no tendrá lugar hasta tanto no se complete dicho proceso productivo.

- Productos terminados: son los artículos finales destinados bien al consumo final, bien a su utilización por otras empresas.
- Existencias sobrantes: constituyen existencias sobrantes todos aquellos artículos que estando en buen estado no son necesarios. Estos artículos no deben ser abandonados indefinidamente en el almacén.
- Subproductos: de carácter accesorio y secundario a la fabricación principal. Se incluyen los residuos obtenidos en los procesos de fabricación.

#### **3.8.2.4. Mantenimiento**

- Mantenimiento preventivo en línea de producción
  - La línea de producción es el conjunto de diversos subsistemas: neumáticos, hidráulicos, mecánicos, electrónicos.
  - Todos estos con una finalidad en común: transformar o integrar materia prima en otros productos.
- Pasos para elaborar el plan maestro de mantenimiento
  - Detectar los requerimientos de mantenimiento de los sistemas, de acuerdo al programa de producción, recomendaciones del fabricante, políticas y procedimientos establecidos.

- Una política de reemplazo es factible cuando un gran número de partidas idénticas de bajo costo son cada vez más propensas a fallar a medida que envejecen.
- Estimar los recursos necesarios para el mantenimiento de los sistemas de acuerdo al programa de producción.
  - Las necesidades de recursos materiales son estimadas de acuerdo al inventario de los sistemas.
  - Las necesidades de recursos humanos son estimadas de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento.
  - Las necesidades de recursos económicos son estimadas de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento, las necesidades de recursos materiales, recursos humanos de mantenimiento, políticas y procedimientos establecidos.

La utilización de un sistema o una metodología que permita administrar y controlar el manejo de insumos, los repuestos y las materias primas de mantenimiento se considera un instrumento avanzado, ya que mediante su aplicación se logran sustanciales ahorros de gestión y la operación del mantenimiento industrial, como también se logran mejores logísticas en el servicio de mantenimiento.

- Los hechos que generan la no funcionalidad de los equipos pueden ser tres:
  - Tareas proactivas (mantenimientos planeados).

- Reparaciones (mantenimientos no planeados: correctivos o modificativos).
- Retrasos en el suministro de repuestos, insumos, materias primas de mantenimiento o recursos humanos.

De allí la importancia de presentar, al menos criterios básicos y las estrategias de manejo de inventarios, insumos, materias primas o repuestos de mantenimiento.

- La existencia de almacenes de repuestos o de inventarios se justifica desde dos posibles hechos:
  - El consumo de repuestos es más alto que su velocidad de producción.
  - El tiempo de transporte y/o la distancia entre el punto de fabricación o comercialización de los repuestos.

Para ello es necesario que se realicen pronósticos de consumos en función de los historiales; la metodología de pronósticos con series temporales se basa en el modelo científico de investigación y aplicación.

Los métodos proyectivos de series temporales se basan exclusivamente en una extrapolación de los datos presente y del pasado hacia el futuro. La estabilidad del entorno se refleja en la hipótesis según la cual las pautas que determinan el estado futuro de la variable son las mismas del pasado y del presente.

- Formular el plan maestro de mantenimiento de acuerdo al programa de producción de acuerdo a:
  - Los requerimientos de mantenimiento detectados en los sistemas
  - Los recursos materiales estimados
  - Los recursos humanos estimados
  - Los recursos estimados en términos contables
  - A la información técnica con que cuenta la empresa
  - Las políticas y los procedimientos establecidos
  
- Elaborar el presupuesto de mantenimiento de acuerdo al plan maestro del área.

El presupuesto de un departamento de mantenimiento debería constar de al menos 4 partidas: mano de obra, materiales, medios y herramientas y servicios contratados.

### **3.8.3. Práctica del área de líneas de producción**

Para lograr el aprendizaje significativo del alumno debe existir un balance entre la teoría y práctica de los conocimientos adquiridos, por lo que resulta necesario un lugar donde puedan simular procesos productivos.

Las practicas del laboratorio se llevarán a cabo mediante video o tareas practicas por medio de visitas a empresas para ello se llevará a cabo lo siguiente:

Visualizar, mediante la transmisión de una película, como algunos de los precursores del estudio del trabajo se dieron cuenta que con pequeños cambios



en los métodos se podía llegar a realizar grandes cambios en el mejoramiento de la productividad.

- Procedimiento

Acudir puntualmente a la proyección de la película y prestar la atención requerida.

- Equipo

- Computadora
- Equipo de proyección de imagen

- Material

No se requiere

- Desarrollo

Para realizar las prácticas de laboratorio se deberá prestar atención a los videos que se transmitirán y con ellos realizar las prácticas que el encargado del laboratorio solicitará según el calendario de actividades.

### **3.9. Sexto semestre**

Al finalizar los procesos de aprendizaje del quinto semestre, base para los siguientes procesos que se realizarán durante el aprendizaje del estudiante para completar su formación. El sexto semestre comprende el área de control financiero, fundamental para el desarrollo integral del estudiante.

### 3.9.1. Área de control financiero

El control financiero puede entenderse como el estudio y análisis de los resultados reales de una empresa, enfocados desde distintas perspectivas y momentos, comparados con los objetivos, planes y programas empresariales, tanto a corto como en el mediano y largo plazo.

- Objetivos y utilidades
  - Comprobar que todo va en la línea correcta
  - Detectar errores o áreas de mejora

Un desajuste en las finanzas de la empresa puede poner en peligro los propósitos generales de la organización, perder ventaja frente a la competencia y, en ciertos casos, incluso verse comprometida su propia supervivencia. Por eso es importante detectarlos a tiempo.

También, se pueden identificar diversas áreas y circuitos, que sin estar incurriendo en fallos o desviaciones graves, son susceptibles de mejorarse por el bien general de la empresa.

- Otras utilidades: asimismo, el control financiero sirve también para:
  - Poner en marcha medidas de prevención. En ocasiones, el diagnóstico precoz de determinados problemas detectados por el control financiero hace innecesaria las acciones correctoras, sustituyéndose por medidas únicamente de prevención.

- Comunicar y motivar a los empleados. El conocimiento exacto de la situación de la empresa, con sus problemas, errores y aspectos que se están ejecutando correctamente, propicia una mejor comunicación de los empleados.
- Actuar sobre las áreas que lo precisan. Un diagnóstico de la situación de poco serviría si no se realizan actuaciones concretas que permitan reconducir una situación negativa, gracias a la información concreta y detallada proporcionada por el control financiero.

### **3.9.2. Área de práctica de control financiero**

El control financiero debe diseñarse en función de unas estrategias muy bien definidas para que los administradores de las empresas sean capaces de:

- Detectar desviaciones en los presupuestos, balances y otros aspectos financieros.
- Establecer diferentes escenarios operativos que pongan a prueba la rentabilidad, el volumen de ventas y otros parámetros.

Aunque existen muchos tipos y metodologías distintas, se pueden distinguir una serie de pasos muy comunes en la gran mayoría de estrategias de implementación de control financiero:

- Paso 1. Análisis de la situación inicial

El primer paso consiste en realizar un exhaustivo, fiable y detallado análisis de la situación de la empresa en varias áreas: tesorería, rentabilidad, ventas, etc.

- Paso 2. Elaboración de pronósticos y simulaciones

Se pueden elaborar una serie de pronósticos y simulaciones de diferentes contextos y escenarios.

El establecimiento de parámetros o indicadores es fundamental para delimitar exactamente qué se quiere controlar. Abarcan funciones básicas y áreas claves del mercado y algunos de los más habituales son: rendimiento de beneficios, situación fiscal, estado de las inversiones, activo, pasivo, patrimonio neto, pérdidas y ganancias.

- Paso 3. Detección de las desviaciones de los estados financieros básicos

Los estados financieros básicos son los documentos que debe crear la empresa al preparar el ejercicio contable. Aunque existen más, estos son los tres de mayor importancia: balance general, estado de resultados (o de ganancias y pérdidas) y flujo de efectivo.

- Paso 4. Corrección de las desviaciones

Muy poca utilidad práctica tendría el control financiero si posteriormente no se tomasen las decisiones adecuadas en relación a las acciones correctivas a

ejercer para conducir las cuentas de la empresa por la senda adecuada y prefijada en los objetivos generales de la organización.

### **3.9.3. Sistemas de producción**

Un sistema de producción es aquel sistema que proporciona una estructura que agiliza la descripción, la ejecución y el planteamiento de un proceso industrial. Estos sistemas son los responsables de la producción de bienes y servicios en las organizaciones. Los administradores de operaciones toman decisiones que se relacionan con la función de operaciones y los sistemas de transformación que se emplean. Estos son sistemas que utilizan los gerentes de primera línea dada la relevancia que tienen como factor de decisión empresarial. El análisis de este sistema permite familiarizarse de una forma más eficiente con las condiciones en que se encuentra la empresa en referencia al sistema productivo que se emplea.

Tradicionalmente se distinguen los siguientes tipos de procesos productivos:

- Producción por proyectos

La producción por proyectos se emplea por lo general cuando en el proceso productivo se obtiene uno o pocos productos con un largo periodo de fabricación.

- Producción continua

Se da cuando se eliminan los tiempos ociosos y de espera, de forma que siempre se estén ejecutando las mismas operaciones, en las mismas máquinas,

para obtención del mismo producto, con una disposición en cadena. Se conoce también como configuración por producto.

- Producción por lotes

En la producción por lotes pueden encontrarse 3 tipos:

- Producción por lotes en talleres o a medida: en este caso el proceso de obtención del producto, requiere un pequeño número de operaciones poco especializadas, las cuales son realizadas por el mismo trabajador o por un grupo de ellos, que se hacen cargo de todo el proceso.
- Producción *Batch* (lotes): se caracteriza por la producción del producto en lotes. Cada lote del producto pasa de una operación o centro de trabajo a otro. En este caso el proceso de obtención del producto requiere más operaciones y estas son más especializadas. Se denomina también configuración por proceso.
- Producción en línea: el flujo en línea se caracteriza por una secuencia lineal de las operaciones. El producto se mueve de una etapa a la siguiente de manera secuencial y de principio a fin. Se trata de la fabricación de grandes lotes en pocos productos diferentes, pero técnicamente homogéneos, usando para ello las mismas instalaciones.

### 3.9.3.1. Industria del plástico

El plástico ha sido uno de los desarrollos más importantes del siglo XX. Ha sustituido a otros materiales por ser económicos, livianos, de gran durabilidad, versátiles y resistentes a la humedad, químicos y no putrescibles. Los plásticos se producen a base de petróleo, gas natural, carbón y sal. La principal materia prima es el petróleo.

- Proceso de fabricación

Los plásticos se producen mediante la polimerización, es decir la unión química de monómeros transformándose en polímeros. Para la fabricación de plásticos es necesario que la industria petroquímica suministre los monómeros y junto con la adición de diversos tipos de aditivos, se logra modificar sus propiedades.

El tamaño y la estructura de la molécula del polímero determinan las propiedades de los distintos plásticos. En su estado más básico, los plásticos se producen como polvos, gránulos, líquidos y soluciones.

- Los plásticos pueden clasificarse bajo dos principales formas:
  - Resinas termoplásticas: este tipo de resinas al calentarse fluyen como líquidos viscosos y al enfriarse se solidifican. El enfriamiento y calentamiento puede realizarse cuantas veces se quiera sin perder las propiedades del material. Ellos son los polietilenos (polietileno de alta densidad – PEAD, de baja densidad – PEBD, tereftalato – PET), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y cloruro de polivinilo (PVC).

- Resinas termofraguadas: este tipo de plásticos se funden al aplicar calor y se solidifican al aplicar aún más calor. En este tipo de plásticos hallamos el poliuretano (PU), resinas epoxy, fenoles y poliéster no saturados.

### **3.9.3.2. Industria de la cerámica**

El proceso de fabricación de un producto cerámico está conformado por tres grupos de operaciones. Primero, la preparación de materias primas y productos intermedios (donde ocupan un lugar destacado tanto las arcillas, como las fritas, esmaltes y colorantes). Segundo, la obtención del producto acabado, listo para ser utilizado en el sector de la construcción. Y, en tercer lugar, la distribución, es decir, la colocación del producto acabado en manos del consumidor final.

Ampliando la perspectiva al conjunto de la rama cerámica, es necesario destacar otras tres actividades fundamentales que, junto con la producción del azulejo, forman la base de esta rama productiva: la extracción y preparación de arcillas, la industria de fritas, esmaltes y colorantes y la producción y reparación de maquinaria.

La materia prima principal del proceso de fabricación de la cerámica, es la arcilla. Existe una gran variedad de arcillas utilizadas en la fabricación de cerámica, las diferencias se reflejan en su composición química que afecta directamente en las propiedades físico-químicas de los productos obtenidos y en las emisiones residuales, generadas durante todo el proceso. También se utilizan en mucha menor proporción, otras sustancias: cuarzo, arena, feldespato, granito, etc.



### **3.9.3.3. Industria de la azúcar**

El proceso industrial para la fabricación de azúcar implica la aplicación de varios procesos para convertir el jugo de caña en cristales y depurarlos de manera natural de impurezas que pudieran resultar dañinas para el organismo.

El proceso de fabricación consta de los siguientes subprocesos:

- **Entrada**

Inicia con el peso en básculas de las unidades que transportan la caña de azúcar en el ingenio y que se encuentran al ingreso del área industrial. Además, en esta parte se determina la calidad de la materia prima, tomando muestras que se analizan continuamente en el laboratorio de control de calidad.

La caña que llega a la fábrica se descarga sobre las mesas de alimentación por medio de viradores de caña con capacidad de 50 TM. Para tener un proceso más limpio, en las mesas de caña se aplica agua entre 110 y 120 °F para lavado.

Luego la caña se somete a un proceso de preparación que consiste en romper y desfibrar las celdas de los tallos por medio de troceadoras, picadoras oscilantes y desfibradoras, para poder pasar al proceso de extracción del jugo.

- **Molienda**

Este es un proceso continuo que actualmente se realiza en tres tándemes de molinos con capacidad de molienda diaria total de 32,200 TM, distribuido en tándem A (9 000 TM); tándem B (11 040 TM) y tándem C (11 960 TM).

Hacia estos tándems se alimenta con caña preparada, la cual es sometida a una serie de extracciones utilizando molinos de rodillo o mazas y todos los molinos son de cuatro masas rayados en forma de V. Para hacer más eficiente el proceso de molienda, los jugos pobres de los molinos posteriores se aplican nuevamente en el proceso (proceso de maceración) y en el último molino se aplica agua caliente con temperatura entre 155-179 °F para aumentar la extracción.

El bagazo es un subproducto industrial que se transporta hacia el sistema de calderas para usarlo en calidad de biomasa como combustible. El sobrante tiene como destino la hidrólisis y reserva para cubrir paros de emergencia.

- Clarificación

El jugo proveniente de los molinos pasa por calentadores, que llegan a temperaturas entre 140 y 155 °F. Luego pasa por la torre de sulfatación, bajando el PH para producir azúcar blanco únicamente. En esta etapa se utiliza azufre como agente decolorante; luego mediante la edición de la bachada de cal entre 6 y 10 baume se neutraliza el jugo. El calentamiento del jugo se realiza en tres etapas; la primera por vapor vegetal de 5,0 psi alcanzando temperaturas entre 175 y 185 °F; la segunda por vapor de 5,0 psi alcanzando temperaturas entre 205 y 215 °F y la última con vapor de 10 psi para rectificación del jugo en forma automática.

El siguiente paso es alimentar el jugo a los clarificadores a baja velocidad para permitir la concentración de lodos y que pueden ser extraídos por gravedad en un clarificador. Los filtros de cabeza son parte indispensable del proceso, pues sin ellos, la pérdida de sacarosa en la cachaza sería significativa.

- Evaporación

La operación del sistema de evaporación en la planta es de quíntuple efecto, tanto para la línea de blanco como para la línea de crudo. La operación es relativamente sencilla debido a que se fijan las condiciones de entrada, salida, nivel de cada evaporador y extracción de vapores vegetales hacia el exterior.

La evaporación se realiza en evaporadores tipo Roberts en los cuales el vapor y el jugo se encuentran en cámaras separadas que fluyen en el mismo sentido. El jugo pasa de un evaporador a otro con bombas denominadas 'de transferencia'. El control global de un evaporador se ejecuta a través de la estabilización de cinco factores muy importantes:

- Cristalización

La cristalización o crecimiento de la sacarosa que contiene el jarabe se lleva a cabo en tachos al vacío. Estos cocimientos, según su pureza producirán azúcar crudo y azúcar blanco. Este es un proceso demorado que industrialmente se acelera introduciendo al tacho unos granos microscópicos de azúcar, denominados semillas.

- Separación

Los cristales del azúcar se separan de la miel restante en la centrífugas, equipos cilíndricos que giran a gran velocidad. La miel pasa a través de las telas, los cristales quedan atrapados dentro de las centrifugas y luego se lavan con agua. Las mieles vuelven a los tachos o bien se utilizan como materia prima

para la producción de alcohol en las destilerías. El azúcar pasa al proceso de secado y enfriado.

- Refinación

En el caso de la producción de azúcar blanca refinada, existe un proceso adicional, que utiliza como materia prima azúcar blanco estándar o azúcar crudo.

En este proceso se disuelve el azúcar a 60 grados brix, luego se le adiciona carbón activado y tierra diatomácea. Esta solución se hace pasar por primera y segunda filtración en filtros verticales, hasta obtener un licor claro. El licor es evaporado y empieza la cristalización de los granos.

- Secado

En el proceso de centrifugado se utiliza agua de condensado para lavar el azúcar, lo cual da como resultado humedades entre 0,3 % y 0,6 %, por lo que es necesario pasarla por un proceso de secado para alcanzar niveles entre 0,2 % para azúcar crudo y 0,03 % para azúcares blancos.

- Envasado

El azúcar crudo de exportación sale directamente de la secadora a las bodegas de almacenamiento. En las bodegas se carga a granel en camiones que la transportan al puerto de embarque.

#### **3.9.3.4. Industria del vidrio**

El proceso para la elaboración del vidrio se puede dividir en las siguientes etapas:

- Recepción de materias primas

En esta etapa se garantiza un control operativo y técnico en las materias primas para verificar su calidad fisicoquímica, para la producción del vidrio.

La operación esencial en esta etapa es la realización de los análisis físicos y químicos realizados a la materia prima, los cuales verifican el cumplimiento de las especificaciones. Primero se debe cumplir con el requisito de la granulometría, es decir, el tamaño de los granos de cada material, el cual, debe estar entre  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de milímetro. Para el feldespato y la arena se debe cumplir unos requisitos, tales como tener una composición química estable y determinada. La arena no debe contener arcillas y su contenido de óxidos de hierro debe ser lo más bajo posible. De acuerdo al resultado del análisis, si el producto está conforme con las especificaciones se define su disposición para ser utilizado posteriormente; si la materia prima no cumple con las especificaciones se procede a darles el manejo preestablecido como productos no - conformes.

- Preparación de las mezclas

La preparación de la mezcla se puede dividir en cuatro partes:

- Almacenamiento: consiste en ubicar las distintas materias primas en almacenamiento en donde permanecerán hasta su utilización.

- Pesaje: siguiendo la formulación previamente establecida se pesa cada uno de los componentes mediante mecanismos automáticos y en las proporciones determinadas.
  - Mezclado: luego de ser pesadas cada una de las materias primas, son enviadas a las mezcladoras en donde, por un tiempo previamente establecido y con una adición específica de agua, los componentes son mezclados totalmente.
  - Transporte: finalmente la mezcla es enviada por medio de elevadores y transportadores hasta los silos donde queda finalmente lista para ser cargada al horno.
- Fusión de la mezcla y refinación del vidrio

El horno es el sitio donde se lleva a cabo la fusión de las materias primas. Consiste en un recipiente rectangular construido con materiales refractarios resistentes al desgaste producido por el vidrio líquido y las llamas. El horno utiliza como combustible el crudo de castilla para producir el calor, por medio de dos quemadores, los cuales funcionan alternadamente veinte veces cada uno. Por uno de sus extremos se carga la mezcla, mientras que por el otro se extrae el vidrio fundido. Posteriormente hay una entrada de aire de 1 000 °C, con el fin de enfriar el vidrio que se encuentra dentro del horno. Los gases producidos por el horno son expulsados por los regeneradores (1 300 °C).

El primer proceso que se identifica claramente en el horno es el de fusión; aquí todas las materias primas no son propiamente fundidas, sino que al suministrarles calor primero se descomponen y después reaccionan; así pues los componentes que poseen menor punto de fusión se vuelven líquidos más

rápido que los que tienen mayor punto de fusión (para la sílice es mayor de 1 600 °C, y para el casco entre 1 050 y 1 100 °C); a medida que va aumentando la temperatura estos últimos también se funden y desaparecen como materiales cristalinos.

A continuación, se realiza el proceso de refinación, en el cual se eliminan las semillas (gran número de pequeñas burbujas que se originan a partir de las reacciones de las materias primas); este proceso empieza casi simultáneamente con el proceso de fusión y continúa hasta que la mezcla de materias primas esté completamente líquida.

Luego el vidrio fundido pasa a un segundo tanque, llamado tanque de refinación, donde se intenta igualar la temperatura del vidrio en toda su extensión, para posteriormente repartirlo a las máquinas formadoras por medio de los canales.

- Acondicionamiento del vidrio

El canal es el encargado de enviar el vidrio desde el horno hasta el lugar donde están las máquinas formadoras de envases. Durante este trayecto se disminuye la temperatura del vidrio gradualmente, de tal manera que al final del canal se obtenga el vidrio en un estado en el que se pueda modelar, correspondiendo a una cierta temperatura para fabricar una botella determinada.

Se denomina acondicionar el vidrio al hecho de controlar la temperatura en el flujo del vidrio que está dentro de la canal desde refinación hasta el orificio refractario y se forme la gota.

La homogeneidad de la mezcla del vidrio se mide revisando las temperaturas existentes desde el fondo hasta la superficie y de lado a lado a la entrada del tazón; estas temperaturas afectan directamente la distribución del vidrio en la botella, la forma de la gota, y su cargue en la máquina, por esto una falla en esta parte del proceso puede resultar en la formación de botellas deformes, con una masa mal distribuida y, por lo tanto, más frágiles. Para obtener una temperatura uniforme en el vidrio se deben tener en cuenta las pérdidas de calor existentes a través del techo, las paredes y el piso del canal, así como el calor suministrado por los quemadores.

- Formación del envase

Una vez se ha acondicionado el vidrio, en el alimentador se forma la gota de vidrio con el peso correcto y la forma deseada por medio de un sistema de partes refractarias compuesto por: un tubo que controla el flujo de vidrio hacia el orificio, una aguja que impulsa intermitentemente el vidrio hacia el orificio, que determina la cantidad de vidrio que tendrá la gota. Para formar la gota el flujo de vidrio se corta por el sistema de tijera.

Posteriormente, la gota se hace llegar a la máquina I.S. mediante el equipo de entrega, que consiste en de una cuchara, encargada de recibir la gota, una canal por donde la gota resbala hacia cada sección y un deflector que la entrega al equipo de moldura. La sigla I.S. significa máquinas de secciones independientes, en estas una sección se puede parar sin afectar el funcionamiento de las otras o de la máquina completa. Las botellas se pueden fabricar en dos procesos básicos: soplo y soplo (S.S.) y prensa y soplo (P.S.).

Para formar una botella se necesita de la moldura; que generalmente está hecha de fundición o en aleaciones metálicas especiales (el valor de cada



molde está alrededor de los cien mil dólares). Las piezas usadas son: la camisa, la aguja y la boquillera para formar el terminado; el premolde, la tapa y el embudo para formar el palezón o preforma de la botella; y el molde, el fondo y la sopladora, para formar la botella. Las pinzas se encargan de sacar la botella del lado del molde hacia la plancha muerta en donde se traslada hacia el transportador, mediante los barredores, el cual finalmente la llevará al archa de recocido.

- Proceso soplo y soplo

Después de lograr el cargue de la gota 1) en el premolde se utiliza aire comprimido para empujar el vidrio y formar el terminado 2) soplo inicial; después con aire comprimido se sopla el vidrio hacia arriba, formándose así la burbuja y el palezón, de una forma limitada por el premolde y la tapa 3) contrasoplo. Luego el palezón se transfiere al molde 4) y nuevamente con aire comprimido a través de la sopladora se infla el palezón hasta llenar la cavidad del molde 5) soplo final. Después de esto la botella es retirada del molde 6) y puesta sobre el transportador de línea, mediante los barredores, quién se encarga de llevarla al archa de recocido.

- Proceso prensa y soplo

El proceso de prensa y soplo se ha desarrollado para obtener botellas de boca ancha (proceso tradicional) o de boca estrecha (proceso conocido como NNPB).

El mecanismo utilizado para el mecanismo de prensa y soplo es el mismo que se utiliza para el mecanismo de soplo y soplo, cambiando algunos aditamentos que lo hacen funcionar de manera diferente. La principal diferencia

radica en que la acción que realiza el contrasoplo es efectuada por un macho, el cual se encarga de dar la preforma a la gota para formar el palezón; las demás etapas son similares.

- Recocido del envase

Cuando se forma la botella, el vidrio se enfría muy rápido, creándose una gran cantidad de esfuerzos internos, que debilitan la botella. El archa de recocido es la encargada de aliviar esas tensiones.

En el archa se calienta de nuevo la botella ya formada a una temperatura de unos 550 °C, durante unos diez minutos, disminuyendo luego lenta y controladamente la temperatura, teniendo como base una curva de temperatura que garantiza alivio de tensiones y el surgimiento de nuevos esfuerzos en la botella.

- Inspección del envase formado

Después las botellas son conducidas por medio de bandas transportadoras hacia una zona de revisión, compuesta por una gran cantidad de dispositivos automáticos, dotados de sistemas capaces de detectar defectos provenientes de la formación de la botella; ahí se retiran de la línea de producción todas aquellas botellas que tengan defectos de forma y/o dimensionales, grietas, arrugas, distribución irregular del vidrio en las paredes del envase y resistencia, entre otros, garantizando así que la producción que se enviará al cliente sea de excelente calidad.

- Empaque

En esta etapa, los envases son empacados de acuerdo al requerimiento del cliente por medio de diferentes métodos, como son: el termoencogido, el paletizado y el encanastado en cajas plásticas (que hacen en la misma planta).

- Almacenamiento y despacho

Luego de que el envase ha sido empacado, es transportado a las bodegas de almacenamiento, en donde queda listo para ser despachado al cliente respectivo.

### **3.9.3.5. Industria textil**

La industria textil es el sector industrial de la economía dedicado a la producción de fibras fibra natural y sintética, hilados, telas y productos relacionados con la confección de ropa.

- La industria de la confección

Se basa en la transformación del tejido, obtenido en las fases anteriores, en un producto textil dirigido al consumidor final. Se dan dos fases centrales, la de corte y la de cosido, pero el proceso completo se divide en:

- El diseño consiste en la creación de un croquis de un modelo de prenda determinado para su fabricación posterior. Constituye el inicio de la actividad de confección e influirá de forma notable.

- Al proceso de diseño le sigue el de patronaje que consiste en la realización de los patrones de la prenda a confeccionar. Los patrones sirven de modelo para cortar y coser. Previamente, se habrán elegido las tallas en las que se quieren fabricar cada diseño.
- Extendido, marcado y corte

El proceso de corte engloba las operaciones de extendido y marcado y tiene por objeto cortar el perfil de los patrones de las prendas a confeccionar e identificar y agrupar las piezas cortadas por tallas, de tal forma que puedan ser manipuladas fácil y cómodamente en la sección de costura.

En el extendido, el tejido se extiende en varias pilas sobre una mesa de corte. Después se disponen las marcas sobre el tejido a cortar, cuya longitud y anchura dependerán de las exigencias de producción. El marcado es propio del sistema de corte convencional y no se da en el corte automático ni en el de presión o troquel.

Los sistemas de corte empleados en la confección son los siguientes:

- Corte manual o convencional.
- Corte por presión o troquel (troquelado): los distintos elementos de la máquina de corte se presionan contra las fibras del tejido.
- Corte automático: se realiza por medio de una cuchilla que obedece las coordenadas impuestas por un ordenador central.

- Confección

En el proceso de confección se les da la forma y el acabado final necesario a los artículos para destinarlos a un uso específico.

En los puestos de cosido se unen las piezas del tejido, previamente acondicionadas, de acuerdo al diseño. El acabado consiste en darle las últimas pinceladas (ojales, botones, entre otros) a la prenda antes de obtener el producto final.

- Revisado y etiquetado

Una vez que la prenda ha sido confeccionada, se la revisa, manualmente o con una máquina, con el fin de constatar que la prenda ha sido confeccionada de forma adecuada y no presenta ningún defecto. Al mismo tiempo se procede a su limpieza si se detecta algún tipo de manchas antes de pasar al proceso de etiquetado.

El etiquetado puede realizarse manualmente o con máquinas y consiste en colocar en la superficie del tejido, mediante calor, con un cosido, a pistola, etc., unas etiquetas en las cuales deben aparecer una serie de datos identificativos de la prenda como son la talla, el fabricante, la composición, las formas de lavado, planchado, etc.

- Plancha

La finalidad de este proceso es darle a la prenda la apariencia final con la que llegará al usuario. Es un proceso muy manual y obliga a elegir métodos de

trabajo muy específicos dependiendo de las peculiaridades de cada tipo de prenda, cada tipo de tejido, su composición, formas, etc.

Para conseguir un buen planchado se deben dar una serie de factores como son humedad, presión, temperatura y enfriamiento de las prendas.

- Plegado, embalado y transportado

El plegado y embolsado son los procesos que tienen lugar después del planchado. Se pueden realizar de forma manual o mecánica y pueden adaptarse a la forma de presentación del producto a través de una serie de automatismos que facilitan el empaquetado, flejado y sellado plástico.

### **3.9.3.6. Industria de hule**

El hule es un recurso forestal no maderable del cual se obtiene a partir de una secreción de látex natural que mana del tronco de algunas especies vegetales a través de incisiones o cortaduras hechas sobre la corteza del mismo. La mayoría de la producción del hule natural se extrae del árbol llamado: árbol del huleo como científicamente se conoce *hevea brasiliensis*.

El caucho es una secreción irreversible o producto de desecho del árbol, y cuanto más se extrae, tanto más la planta regenera. El caucho es producido en el protoplasma por reacciones bioquímicas de polimerización catalizadas por enzimas. El hule natural se compone principalmente de moléculas de isopreno que forman un polímero de alto peso molecular.

- Proceso de extracción del hule natural

El caucho se obtiene del árbol anteriormente mencionado por medio de un proceso sistemático llamado 'sangrado'. Este proceso consiste en hacer un corte en forma de ángulo a través de la corteza profundizando hasta una pequeña vasija llamada cambium, la cual, cuelga en el tronco del árbol para recoger el látex o jugo lechoso que fluye lentamente de la herida del árbol.

El hule natural por lo general, en su estado bruto, se encuentra contaminado por una mezcla de resinas, razón por la que antes del resultado final deben ser extraídas y así el caucho queda apto para la fabricación de productos.

#### **3.9.3.7. Galvanizado, niquelado, cromado**

- Corrosión y protección del hierro

Si bien es cierto que el hierro, por su abundancia y propiedades, es un elemento de valor inapreciable, tiene el inconveniente de su apacibilidad. Es conocida por toda la corrosión que se produce en el hierro cuando se halla expuesto a la intemperie. El producto de esta corrosión se llama herrumbre en el lenguaje común. La herrumbre está formada por óxido de hierro hidratado y en parte carbonatado.

La corrosión del hierro producida por reacciones entre dicho metal y alguno de los componentes del aire ( $O_2$ ,  $CO_2$  y  $H_2O$ ) inutiliza anualmente en todo el mundo miles de toneladas de este metal. Por este motivo se ha creado una técnica para evitar en lo posible dicha corrosión. Los diversos métodos son:

- Pinturas protectoras

Son pinturas que generalmente contienen, como pigmentas, óxidos de hierro o de plomo (rojos). Estas pinturas suelen usarse debajo de las pinturas decorativas. Es común ver rejas, cortinas metálicas, etc.

Pintadas de rojo en ciertos sitios: se trata de los lugares más expuestos a la corrosión y se pintan así antes de las capas de la pintura negra, gris o de otro color que generalmente se usa para dar un aspecto agradable al objeto de hierro.

- Estañado

Dado que el estaño es un metal resistente a la acción de los agentes de corrosión, se suele recurrir a la protección que confiere una delgada capa de estaño, con lo cual se tiene la hojalata, de conocidas aplicaciones en la fabricación, principalmente, de envases para alimentos: conservas de carne, de pescado, galletitas, etc.

- Galvanizado

Para el hierro que se ha de exponer al aire libre, a la acción directa de los agentes de corrosión, el método de protección más eficaz es el galvanizado, que consiste en recubrir los objetos de hierro con una capa de cinc, metal que resiste bien la corrosión. Son conocidas las chapas canaleta de hierro galvanizado que se usan para techos y construcciones en general.



- Esmaltado

Es el proceso que origina el llamado 'hierro enlazado' del comercio. Se usa en especial en vajilla de cocina, y consiste en aplicar a la vasija o instrumento de hierro una capa de un material de punto de fusión relativamente bajo, análogo al vidrio: el esmalte.

- Niquelado, cromado

Muchos son los objetos de uso diario que están fabricados con hierro sobre el cual se ha depositado luego, por medio de la electrólisis, una capa de un metal casi inatacable. Entre éstos los más comunes son el níquel y el cromo. En todos los casos se recubre primeramente el hierro con una capa electrolítica de cobre y luego de níquel. Cuando se 'croma' se superpone al níquel la capa de cromo. No hay que confundir los aceros cromados con los aceros al cromo. Los segundos tienen cromo (y níquel) en toda su masa; los primeros solo una capa de cromo (sobre otras de cobre y níquel) que los recubre.

### **3.9.3.8. Otros procesos**

#### Principales productos agroindustriales

- Aceite de oliva

El aceite de oliva es un aceite vegetal de uso principalmente culinario que se extrae del fruto recién recolectado del olivo denominada oliva o aceituna. El aceite se extrae de aceitunas maduras de entre seis y ocho meses, justo en el momento que contienen su máxima cantidad de aceite y suele ser a finales de otoño.

Casi la tercera parte de la pulpa de la aceituna es aceite, es por esta razón por la que desde muy antiguo se ha extraído fácilmente su aceite con una simple presión ejercida por un primitivo molino. Su uso es fundamentalmente culinario, pero se ha empleado con propósitos cosméticos, así como cotidianos en las lámparas de aceite.

Las aceitunas se someten a una primera presión con el objeto de extraer su zumo; la calidad del aceite depende en gran medida del procesado posterior.

## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Se exponen los principales y necesarios procesos para llevar a cabo la modificación propuesta y darle al estudiante las herramientas y conocimientos necesarios.

### 4.1. Proceso de actualización de p nsun de estudios

- Proceso legal

La Universidad de San Carlos es la encargada de dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del Estado que se rige estrictamente bajo su ley orgánica. Dentro de dicha ley en la literal d) del artículo 24, dictamina que le corresponde al Consejo Superior Universitario de la Universidad de San Carlos de Guatemala la aprobación o rectificación de los planes de estudio de las unidades académicas.

Tomando en cuenta dicha potestad en la aprobación de planes de estudio, el Consejo Superior Universitario acuerda aprobar el *Reglamento para la autorización de carreras en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, en donde, se especifica el proceso legal necesario para que una propuesta curricular sea autorizada. Todo esto con base en lo establecido en el artículo 24, literal b) de la *Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala*; y artículo 11, literal b) de los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El presente proceso legal, con los puntos expuestos a continuación, se basa en el *Reglamento para autorización de carreras en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala* aprobado por el Consejo Superior Universitario, en el punto séptimo del acta no. 01-2004 de sesión celebrada el 21 de enero de 2004.

- Solicitud de propuesta

La admisión de solicitudes de propuestas curriculares es aceptada si cumple con el requisito de ir acompañada por el diseño curricular. Este debe ser aprobado previamente por la dirección general de docencia y elaborado conforme a la *Guía para la presentación de propuestas curriculares de las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*.

La solicitud de la propuesta se admitirá con base en lo propuesto en el artículo 3 del *Reglamento para la autorización de carreras en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*.

- Evaluación de propuesta

Una vez aceptada la solicitud de la propuesta curricular, se procede a una evaluación de propuesta, la propuesta de oficio será evaluada anualmente por la Dirección General de Docencia para establecer si la misma tiene impacto social y académico y determinar su nivel de impacto. Del mismo modo la Dirección General Financiera procederá a evaluar anualmente la estabilidad financiera de la propuesta.

Posterior a las evaluaciones realizadas por las entidades encargadas, la información es llevada al Consejo Superior Universitario, con el fin de que se

pueda tomar la decisión apropiada acerca de la continuidad de la propuesta. Todo esto con base en el artículo 6 del *Reglamento para autorización de carreras en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*.

#### **4.1.1. Análisis de costo de enseñanza profesional**

Con respecto a la contratación de recurso humano, con base en el artículo 8 del *Reglamento para autorización de carreras en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, para la implementación de la propuesta, deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- El personal docente y administrativo dirigido a la implementación de la propuesta de preferencia debe residir en áreas aledañas y de influencia para el área donde está enfocada la propuesta.
- El personal docente fijo debe ser contratado bajo el renglón presupuestario 011, personal supernumerario, su sueldo debe ser equivalente al del puesto de Profesor Titular I de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- El personal docente temporal debe ser contratado bajo el renglón presupuestario 022, personal por contrato. El sueldo de dicho personal debe ser equivalente al del puesto de Profesor Titular I de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- En caso de otro tipo de contrataciones o remuneraciones, debe realizarse por medio del renglón presupuestario 029, con un sueldo máximo al sueldo del puesto de Profesor Titular I.

- La autoridad nominadora es la responsable de velar por las contrataciones de recurso humano, tanto por los derechos de los mismos como también, porque llene las aptitudes académicas para desempeñar el cargo requerido.

#### **4.1.2. Análisis de costo de máquinas y herramientas necesarias**

El Instituto Tecnológico Guatemala Sur, al pertenecer a la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuenta con capacidad de hacer acuerdos con distintas facultades que le pueden reforzar en cualquiera área de capacitación, consultoría, investigación o apoyo docente, BCIE, embajadas, ONG, autofinanciables. El Instituto Tecnológico Guatemala Sur está compuesto de diferentes módulos: cuenta con el módulo 5 (sistema de desarrollo, red del campus y sistema del cableado, internet TCP/IP, cómputo, multimedia y mobiliario) módulo 6 (procesos alimentarios, autocad, dibujo, orcad, microbiología y química) módulo 7 (electrónica, telecomunicaciones y electricidad) módulo 8 (proceso de manufactura) módulo 10 (refrigeración y aire acondicionado) módulo 12 (mecánica automotriz).

**Tabla XXXIII. Evaluación de inventarios de los diferentes módulos del ITUGS**

<b>Inventario de los diferentes módulos del ITUGS</b>	
Módulo 5 (sistema de desarrollo, red del campus, sistema de cableado, internet TCP/IP, computo, multimedia y mobiliario)	5 938 046,3
Módulo 6 (procesos alimentarios, AutoCAD, dibujo, orcad, microbiología y química)	8 033 794
Módulo 7 (electrónica, telecomunicaciones y electricidad)	10 030 475
Módulo 8 (metal mecánica y procesos de manufactura)	6 486 991,8
Módulo 10 (refrigeración y aire acondicionado)	3 890 212,4
Módulo 12 (mecánica automotriz)	2 706 069,1

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.3. Análisis de costo de enseres necesarios para la enseñanza**

Los enseres necesarios para la enseñanza son proporcionados directamente por la Universidad de San Carlos de Guatemala, la obligada a proporcionar todos los enseres básicos necesarios para el desarrollo del curso. Para los enseres especializados será el estudiante el encargado de contar con dichos materiales para su aprendizaje.

#### **4.1.4. Presentación de propuestas a la Dirección General del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS)**

Es el centro en el cual se impartirá la carrera Técnica Universitaria en Procesos de Manufactura. Por ser una entidad perteneciente a la Universidad

de San Carlos de Guatemala tiene también jerarquía en autoridades que deben ser respetadas. Por ello, cualquier cambio o reforma curricular a las carreras técnicas que hoy en día son impartidas en él deben debe ser autorizada y aprobada por dichas autoridades.

La tecnológica cuenta con tres entes principales que deberán revisar y autorizar la reforma curricular. Dichos entes son:

- Consejo Directivo

Es el ente superior del ITUGS. Es el responsable de dar la autorización de la carrera Técnica Universitaria previo a ser llevada y autorizada por la USAC. El Consejo Directivo debe revisar y de no conformidad corregir aquellos aspectos en dicha reforma curricular.

- Dirección

El director del ITUGS será el responsable de evaluar los aspectos en la reforma curricular y determinar si estos cumplen con las exigencias del tecnológico. Así como que contenga todos los aspectos necesarios para llenar el perfil profesional del egresado académico.

La dirección, posterior a la revisión, aprobará y aceptará dicha reforma curricular para aplicarse en ITUGS.



- **Coordinación Académica**

La revisión y aprobación inicial de la reforma curricular propuesta de la carrera Técnica Universitaria en Procesos de Manufactura debe ser revisada y aprobada por la coordinación académica.

Es dicho ente quien tendrá la responsabilidad de la implementación completa de la reforma curricular. Es por ello, que debe ser analizada y revisada previa a ser llevado a dirección y a las autoridades que deben revisar y aprobar la reforma curricular.

La Coordinación Académica realizará los cambios en la carrera y se encargará de darle el seguimiento continuo, para que la reforma curricular sea llevada de acuerdo a las aprobaciones respectivas.

#### **4.1.5. Oficialización**

El cumplimiento de los requisitos anteriormente expuestos, con base en la opinión favorable y el dictamen conjunto de la comisión técnica. Ella es la responsable de sugerir en el dictamen que se realicen modificaciones o correcciones a la propuesta. Entonces el Consejo Superior Universitario conocerá la solicitud de la propuesta curricular para la creación de una nueva carrera o la modificación de alguna.

El Consejo Superior Universitario determina un número de promociones autorizadas para la solicitud, que ha sido impartida en dicho número de promociones para lograr la autorización de la misma es requerido realizar una nueva solicitud. Todo con base en el artículo 14 del *Reglamento para*

*autorización de carreras en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.*

## **4.2. Sostenibilidad**

La sostenibilidad de la propuesta dependerá de la satisfacción de las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.

### **4.2.1. Revisiones del sistema de control interno**

La revisión y aprobación inicial de la propuesta de la carrera Técnica Universitaria en Procesos de Manufactura debe ser revisada y aprobada por la coordinación académica.

Es dicho ente quien tendrá la responsabilidad de la implementación completa de la reforma curricular. Es por ello, que debe ser analizada y revisada previa a ser llevado a dirección y a las autoridades que deben revisar y aprobar la reforma curricular.

La Coordinación Académica realizará los cambios en la carrera y se encargará de darle el seguimiento continuo, para que la reforma sea llevada de acuerdo a las aprobaciones respectivas

#### 4.2.2. Propuestas de acciones correctivas a cursos obsoletos

Según el avance de la reforma será necesario la realización de evaluaciones para desarrollar acciones correctivas con respecto a los cursos obsoletos para realizar cambios internos y externos.

Esta etapa comprende el examen de las bases de la estrategia, la comparación de resultados reales con los propósitos establecidos y de ser necesario, la instrumentación de acciones correctivas.

Tabla XXXIV. **Matriz para evaluación de cambios**

¿Se han producido cambios significativos en la posición estratégica interna de la organización?	¿Se han producido cambios significativos en la posición estratégica externa de la organización?	¿La organización ha avanzado hacia el logro de las metas proyectadas?	Acciones
NO	SÍ	NO	Tomar medidas correctivas
SÍ	SÍ	SÍ	Analizar y mejorar si es necesario
SÍ	NO	NO	Tomar medidas correctivas
SÍ	NO	SÍ	Tomar medidas correctivas.
SÍ	NO	NO	Tomar medidas correctivas
NO	SÍ	SÍ	Tomar medidas correctivas
NO	SÍ	NO	Tomar medidas correctivas
NO	NO	SÍ	Seguir con el actual curso de estrategia

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.3. Determinación de la necesidad del sector empresarial y estudiantil**

Para conocer las necesidades del sector empresarial y estudiantil serán necesarias que una vez que se lleve a cabo el proceso estandarización del pensum de la carrera Técnica Universitaria en Procesos de Manufactura la realización de encuestas para conocer las necesidades del sector empresarial y las necesidades de los estudiantes; dichas encuestas están propuestas en los anexos 1 y 2 del presente trabajo de graduación.

#### **4.3. Estandarización para el p nsu m de estudios**

Un concepto fundamental a través del cual se pretende alcanzar patrones de equilibrio y de buena implementación en un mundo global. Se denomina estandarización al proceso de unificación de características en un producto, servicio, procedimiento, etc.

Este implica en muchas ocasiones la redacción de normas de índole prescriptiva que deben seguirse con la finalidad de conseguir objetivos.

##### **4.3.1. Observación de otros p nsu m de estudio de otras universidades**

Actualmente, en Guatemala no existe ninguna otra carrera similar a la carrera Técnica Universitaria en Procesos de Manufactura ya que es una carrera que la Facultad de Ingeniería ha desarrollado.

La carrera técnica universitaria que se le podría comparar es la carrera Técnico Universitario en Administración de la Universidad Rafael Landívar, pero

por ser una carrera administrativa está más enfocada al aprendizaje de los procesos administrativos de las empresas.

#### **4.3.2. Comparación del pénsum desarrollado con otros pénsum de estudios de otras universidades**


Como ya se mencionó, actualmente, en Guatemala no existe ninguna universidad que ofrezca un pénsum similar al de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura. Únicamente, en otros países, como México, ofrecen una carrera similar a la que ofrece el ITUGS, en Guatemala.

#### **4.3.3. Verificación del pénsum de estudios anual con otros pénsum de estudios extranjeros**

A continuación, se muestra el pénsum de la Universidad Tecnología de México cuya descripción es:

- Descripción: Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales
- Objetivo: formar técnicos superiores universitarios en procesos industriales área manufactura con capacidad de análisis y síntesis, habilidades para la investigación básica, las capacidades individuales y las destrezas sociales, habilidades gerenciales y las habilidades para comunicarse en un segundo idioma.

Figura 96. Pénsum Universidad Tecnológica de México

 DISTRIBUCIÓN CUATRIMESTRAL DE LA CARRERA DE TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO EN PROCESOS INDUSTRIALES ÁREA MANUFACTURA EN COMPETENCIAS PROFESIONALES					
	10.	20.	30.	40.	50.
CIENCIAS BÁSICAS APLICADAS	ALGEBRA LINEAL 50 HRS	FUNCIÓNES MATEMÁTICAS 60 HRS	CÁLCULO DIFERENCIAL 60 HRS	CÁLCULO INTEGRAL 60 HRS	
		FÍSICA 60 HRS	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA 75 HRS		
	QUÍMICA BÁSICA 75 HRS	ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO 45 HRS		ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS METALES 45 HRS	
	ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL 45 HRS	ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN I 75 HRS	CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO 45 HRS	ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD 30 HRS	FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA ECONÓMICA 45 HRS
FORMACIÓN TECNOLÓGICA	METROLOGÍA 60 HRS	MÉTODOS Y SISTEMAS DE TRABAJO I 75 HRS	PROCESOS DE MANUFACTURA 75 HRS	GESTIÓN AMBIENTAL 45 HRS	PROCESOS DE MANUFACTURA II 50 HRS
	DEBILLO INDUSTRIAL 45 HRS	TEMAS DE MANUFACTURA 45 HRS	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA 45 HRS	ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN II 60 HRS	CADENA DE SUMINISTROS 75 HRS
	HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS 45 HRS	COSTOS DE PRODUCCIÓN 60 HRS	INTEGRADORA I 30 HRS	DEBILLO INDUSTRIAL AVANZADO 50 HRS	MANUFACTURA APLICADA 60 HRS
			MÉTODOS Y SISTEMAS DE TRABAJO II 30 HRS	FUNDAMENTOS DE LEGISLACIÓN INDUSTRIAL 45 HRS	PROCESOS QUÍMICOS 45 HRS
			SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL 45 HRS		INTEGRADORA II 30 HRS
LENGUAS Y MÉTODOS	INGLÉS I 60 HRS	INGLÉS II 60 HRS	INGLÉS III 60 HRS	INGLÉS IV 60 HRS	INGLÉS V 60 HRS
	EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA I 75 HRS				EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA II 75 HRS
	FORMACIÓN SOCIOCULTURAL I 30 HRS	FORMACIÓN SOCIOCULTURAL II 45 HRS		FORMACIÓN SOCIOCULTURAL III 30 HRS	FORMACIÓN SOCIOCULTURAL IV 45 HRS
TOTALES	525 HRS	525 HRS	525 HRS	525 HRS	525 HRS

Fuente: Universidad Tecnológica de México. <https://www.unitec.mx>. Consulta: 29 de julio de 2017.

#### **4.4. Concordancia en la ejecución del p nsu m de estudios**

Para la realización de la concordancia y verificar del pensum, se deberán tener claro las clases a impartir en cada módulo para la correcta verificación semestralmente de la veracidad del cumplimiento del pensum.

##### **4.4.1. Verificación de temas del p nsu m impartido a los estudiantes**

La verificación de los temas de los pensum impartidos a los estudiantes de la carrera Técnica Universitaria en Procesos de Manufactura debe ser revisada y verificada por la coordinación académica. Es dicho ente quien tendrá la responsabilidad de la verificación de los temas del pensum.

La Coordinación Académica realizará los cambios en la carrera y se encargará de darle el seguimiento continuo, para que la reforma sea llevada de acuerdo a las aprobaciones respectivas

##### **4.4.2. Exámenes para verificación de contenidos**

Una vez implementado los temas del pensum de Técnico Universitario en Procesos de Manufactura. Se deberán desarrollar los exámenes conjuntamente con los catedráticos de cada clase; dichos exámenes se deberán de cambiar cada semestre para evitar posibles copias con alumnos de nuevo ingreso.

##### **4.4.3. Consideración para la exposición de contenidos**

Las consideraciones a tomar en cuenta serán las siguientes:

- La presentación debe adaptarse a las características e intereses generales de a quienes va dirigida.
- Es conveniente utilizar racionalmente los elementos físicos en el diseño de los contenidos para que se ajusten a las necesidades del auditorio.
- Se deben utilizar las animaciones en la medida en que aporten beneficios de aprendizaje y análisis.
- Una revisión anual del pensum curricular de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura ayudará a la actualización de cursos y contenidos para que en todo momento el estudiante que curse dicha carrera sea competitivo en la industria y pueda cumplir con las demandas de la industria



## **5. RESULTADOS**

Se desarrolla lo esperado por los cambios realizados y cuáles son los beneficios percibidos por el estudiante como para la casa de estudios. También, se especifican los factores de la sociedad que pueden también ser favorecidos con las nuevas herramientas y conocimientos que tendrá el egresado.

### **5.1. Análisis estadísticos de procesos**

Para llevar un control estadístico de los procesos de la carrera Técnico Universitaria en Procesos de Manufactura, basándose en técnicas estadísticas, permitirá usar criterios objetivos para distinguir variaciones de fondo de eventos de importancia. Casi toda su potencia está en la capacidad de monitorizar el centro del proceso educativo y su variación alrededor de las metas establecidas. Recopilando datos de mediciones en diferentes sitios en el proceso educativo, se pueden detectar y corregir variaciones que puedan afectar a la calidad del servicio final.

### **5.2. Determinación de problemas en procesos**

Como ya se mencionó, a través del análisis estadístico de los procesos, se detectará los posibles problemas en el momento de ejecución. Para que de esta manera la dirección del ITUGS, pueda desarrollar un plan estratégico para resolver dichos conflictos. Las herramientas utilizadas se describirán a continuación.

### **5.3. Desarrollo de diagramas de análisis**

Los diagramas utilizados para el análisis de problemas serán diagrama de Ishikawa y Pareto, con el fin de encontrar los problemas de raíz y darles solución de una manera adecuada.

#### **5.3.1. Diagrama Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa, conocido también como causa-efecto o diagrama de espina de pez, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas que se encontraran al tratar de desarrollar la reforma de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura.

Permite, por tanto, representar gráficamente el conjunto de causas que dan lugar a una consecuencia, o bien el conjunto de factores y subfactores (en las 'espinas') que contribuyen a generar un efecto común (en la 'cabeza' del diagrama).

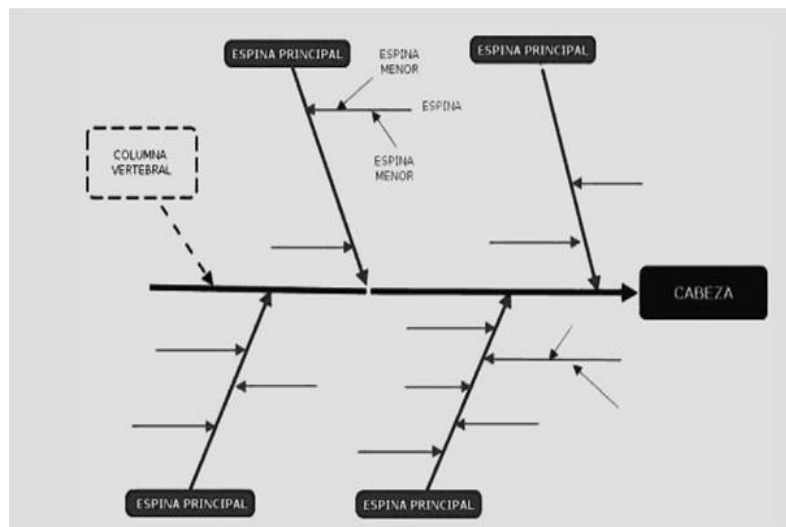
El diagrama se elabora de la siguiente manera:

- Se debe concretar cuál va a ser el problema o 'efecto' a solucionar, se dibuja una flecha y se pone el tema a tratar al final de la misma.
- Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal, se pueden establecer categorías dependiendo de cada problema.

- Se debe identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, esto se puede realizar mediante un análisis de cada parámetro, escribiendo cada causa de forma concisa.
- Se puede hacer una asignación de la importancia de cada factor.
- Se usan 5 categorías para definir el esquema de Ishikawa: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente; conocidas como las 5M.

Se puede establecer una relevancia de las causas principales para tratar unas antes que otras, además se puede añadir cualquier otra información que sea de utilidad para el proceso y ayude a la resolución del problema.

Figura 97. **Diagrama base Ishikawa**



Fuente: *Diagrama de Ishikawa.*

[https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa#/media/File:Diagrama-general-de-causa-efecto.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa#/media/File:Diagrama-general-de-causa-efecto.svg). Consulta: 14 de enero de 2018.

### 5.3.2. Diagrama de Pareto

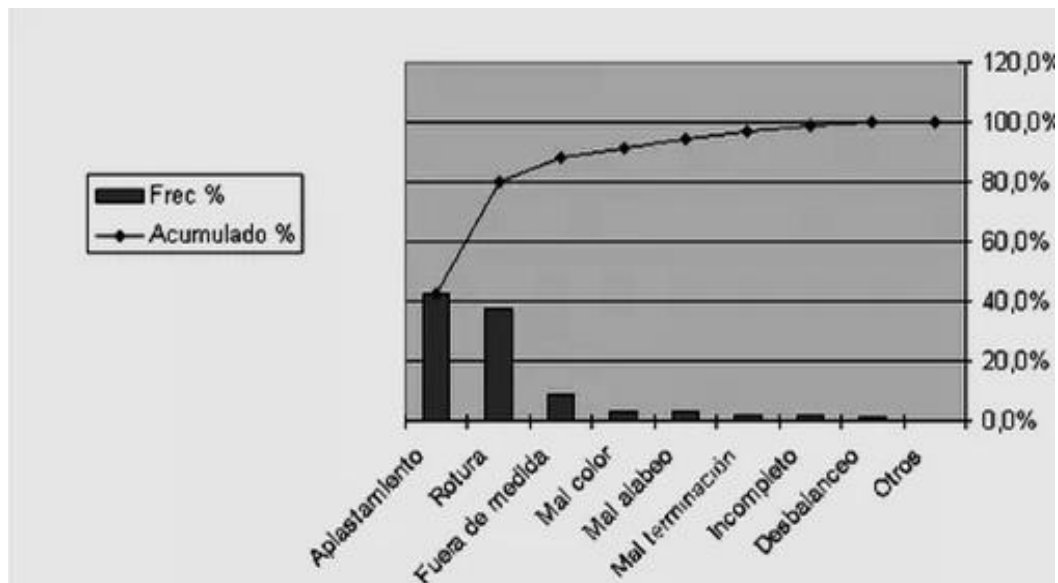
El Diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

Los pasos a seguir para la elaboración de un diagrama de Pareto son:

- Seleccionar los datos que se analizarán, así como el periodo de tiempo al que se refieren dichos datos.
- Agrupar los datos por categorías, de acuerdo con un criterio determinado.
- Tabular los datos.
- Comenzando por la categoría que contenga más elementos y, siguiendo en orden descendente, calcular:
  - Frecuencia absoluta
  - Frecuencia absoluta acumulada
  - Frecuencia relativa unitaria
  - Frecuencia relativa acumulada
- Dibujar el diagrama de Pareto.
- Representar el gráfico de barras correspondiente que, en el eje horizontal, aparecerá también en orden descendente.

- Delinear la curva acumulativa.
- Se dibuja un punto que represente el total de cada categoría. Tras la conexión de estos puntos se formará una línea poligonal.
- Identificar el diagrama, etiquetándolo con datos como: título, fecha de realización, periodo estudiado.
- Analizar el diagrama de Pareto.

Figura 98. **Diagrama base de Pareto**



Fuente: *Diagrama de Pareto*. <https://spcgroup.com.mx/grafica-de-pareto/>.

Consulta: 14 de enero de 2018.

## 5.4. Sistemas de seguridad e higiene industrial

El objetivo de la seguridad e higiene industrial es prevenir los accidentes, los cuales se producen como consecuencia de las actividades dentro de la organización, por lo tanto, una organización que no contempla las medidas de seguridad e higiene no es una buena organización.

Una buena organización debe satisfacer las condiciones necesarias de los tres elementos indispensables: seguridad, productividad y calidad de los servicios.

### 5.4.1. Señalización de tuberías

Las tuberías o conductos que transportan fluidos (líquidos y gaseosos) y sustancias sólidas se pintarán con colores adecuados y de acuerdo a la norma establecida por la American Standards Association (A.S.A.), teniendo en cuenta la siguiente clasificación:

Figura 99. Colores de identificación

Contenido de la Tubería	Esquema de Colores
Materiales para extinguir incendios	Texto blanco sobre rojo
Fluidos tóxicos y corrosivos	Texto negro sobre naranja
Fluidos inflamables	Texto negro sobre amarillo
Fluidos combustibles	Texto blanco sobre marrón
Agua portátil, de refrigeración, alim. de calderas y otras	Texto blanco sobre verde
Aire comprimido	Texto blanco sobre azul
Definido por el usuario	Texto blanco sobre púrpura
Definido por el usuario	Texto negro sobre blanco
Definido por el usuario	Texto blanco sobre gris
Definido por el usuario	Texto blanco sobre negro

Fuente: Normas ANSI. *Marcado y codificación*. <https://m.petzl.com>. Consulta: 4 de abril de 2017

#### **5.4.2. Señalización de áreas de trabajo**

- Señalización y demarcación de áreas

El programa de señalización y demarcación de áreas define físicamente la organización del ITUGS y su distribución de los sitios de trabajo; ubica en los planos de la institución: vías de evacuación, puntos de encuentro, Ubicación de alarmas, riesgos específicos, red contra incendios. Este programa busca apoyar los programas de promoción, normalización y capacitación en prevención de riesgos y brinda además, información permanente a los usuarios que visitan en el tema de prevención de riesgos.

#### **5.4.3. Especiación de distribución de materias primas y desechos**

Los residuos sólidos tienen su origen en diferentes actividades, la mayor parte se generan en los domicilios particulares de las grandes urbes, pero también en la industria, construcción, actividades agrarias, etc. En realidad, cualquier objeto no útil resultante de la fabricación, utilización o transformación de un bien de consumo que no se encuentre en estado líquido o gaseoso es un residuo sólido.

Básicamente, se distinguen cuatro tipos de residuos sólidos: domésticos, comerciales, industriales y agrícolas. Los domésticos y comerciales son en su mayoría materias orgánicas tanto combustibles como incombustibles: restos de alimentos, papel, cartón, tejidos, maderas, vidrio, metales, cerámicas, etc. Los residuos industriales proceden generalmente de combustibles sólidos, productos químicos y demoliciones. Por su parte, los residuos agrícolas son en su mayoría materias orgánicas como estiércoles, purines y restos de cosechas.

- Los métodos de eliminación o transformación

El método más utilizado para la eliminación de residuos sólidos es el vertedero controlado. Los que no son acumulados se incineran y solo una pequeña parte terminan convertidos en abonos o fertilizantes orgánicos.

La incineración es otro método de eliminación de residuos sólidos, pero que resulta impopular porque en la combustión de determinadas materias se generan sustancias contaminantes muy peligrosas.

Para la eliminación de residuos no reciclables se le pagara a una empresa especializada para la eliminación de dichos residuos.

## **5.5. Conocimiento de mantenimiento, desarrollo y manejo de máquinas y herramientas**

- Conocimiento de mantenimiento

Para el desarrollo de mantenimiento de las maquinas que existen dentro del ITUGS, se desarrollara un programa de mantenimiento para las maquinas existentes.

- Desarrollo y manejo de máquinas

Dentro del desarrollo de los diferentes semestres los estudiantes estarán desarrollando sus habilidades para utilizar las diferentes máquinas y herramientas de los diferentes módulos, dichas prácticas para el manejo adecuado de máquinas serán supervisadas por el ingeniero encargado del área.



## 5.6. Implementación de herramientas precisas de medición

Medidores de presión: para medir la llamada presión manométrica, generalmente se calcula la diferencia entre la presión atmosférica y la absoluta. Uno de los instrumentos más utilizados en estos casos es el barómetro. Este es utilizado para calcular la fuerza que, del peso atmosférico sobre una superficie, en otras palabras, la presión de la atmósfera. La manera más sencilla de realizar esta tarea es a través de la observación de líquido, que iguale en peso a la atmósfera. Normalmente es utilizado el mercurio ya que su densidad es mucho mayor que la del agua y por ello la cantidad de mercurio utilizado es notablemente menor que la que sería necesaria en el caso de utilizar agua.

Los barómetros pueden ser clasificados en:

- **Aneroide:** este tipo de barómetros es muy práctico y preciso. Funciona a través de una aguja que se desplaza y una pared que adquiere diversas formas.
- **Mercurio:** están compuesto por un cilindro de vidrio, descubierto en el extremo de abajo y recubierto en el de arriba. Según la variación atmosférica, el mercurio se desplaza.
- **Tubo cilindro abierto:** estos barómetros consisten en un tubo dispuesto en forma de Semi círculo. Cuando los dos extremos son descubiertos el mercurio alcanza su propio nivel, cuando uno de los mismos es tapado puede calcularse la presión manométrica.

### **5.6.1. Métodos de metrología**

Existen diferentes métodos de medición; cada uno utiliza una amplia gama de técnicas y enfoques; para la selección de algún tipo de método de medición se debe de considerar al menos los siguientes factores:

- Exactitud requerida
- Costo
- Tiempo
- Conveniencia
- Disponibilidad de equipos

Complementando los métodos de medición se pueden listar los siguientes:

- Método de medición directa
- Método de medición indirecta
- Método de medición por sustitución (transferencia)
- Método de medición diferencial
- Método de medición por nulo o cero
- Método de medición por relación

### **5.6.2. Medición y estandarización de herramientas**

Teniendo en cuenta que lo deseable de un instrumento de medición es que permita realizar mediciones consistentes y precisas, los errores afectan las propiedades psicométricas. A continuación, se exponen los aspectos conceptuales de cada una y los principales procedimientos para estimarlas y, por ende, identificar la calidad del instrumento usado en el proceso de medición.

- **Confiabilidad:** se define como la cantidad de la varianza presente en los resultados de la medición que se debe a diferencias reales en la magnitud de atributo medido, o, en otras palabras, es la proporción de varianza observada que es varianza verdadera. Cuando se hace referencia a la confiabilidad, en términos más aplicados y menos conceptuales, se está haciendo referencia a la consistencia de la medición obtenida, es decir, hasta qué punto se obtendría el mismo resultado si se hace nuevamente la medición con ligeras variaciones en el tiempo, el espacio, el formato y la extensión del instrumento, entre otros. Existen diferentes procedimientos para estimar la confiabilidad de un instrumento de medición, los más populares son estabilidad, equivalencia y consistencia interna.
- **Estabilidad:** este procedimiento consiste en aplicar el instrumento a las mismas personas en distinto momento, garantizando similares condiciones de aplicación, de ahí que también se le denomine tests-retest (aplicación-reaplicación). Si el atributo no es susceptible de variaciones por desarrollo o envejecimiento de los examinados o entre aplicación y aplicación no se han hecho intervenciones que modifiquen el atributo, entonces los resultados serán similares en las dos mediciones si el instrumento realmente está midiendo un único atributo estable; en caso de que los resultados no sean similares entonces el error de medición es lo suficientemente alto como para alterar el funcionamiento del instrumento.

## **5.7. Desarrollo de sistemas de verificación de calidad**

Lo antes descrito produce un mayor nivel de complejidad a la gestión de la calidad en los servicios, no obstante, se pueden realizar acciones que conlleven

a una disminución del riesgo del no cumplimiento de los cambios propuestos, dividiendo al servicio en cada uno de los elementos que en este convergen y tratando de establecer para cada uno los mecanismos de control que resulten factibles. Los elementos que convergen en los servicios son:

- El cliente (estudiantes de la carrera)
- El prestador del servicio
- Los objetos que se incluyen en el servicio
- Los equipos y muebles

Por otra parte, en el establecimiento de un sistema de inspección se deben establecer los siguientes parámetros.

- Características a evaluar
- Cómo evaluar (atributo, o variables)
- Cuánto evaluar, tamaño de la muestra
- Cuándo evaluar
- Dónde registrar la información

Por tanto, en el diseño de un proceso de prestación de un servicio bastaría establecer los parámetros de diseño para cada uno de los elementos que concurren en la prestación de un servicio

### **5.7.1. Diagramas de control**

Las técnicas de los diagramas de control se utilizan tan ampliamente en las actividades de control estadísticos de calidad, que se pueden adaptar fácilmente para estudios de muestreo de trabajo. Como tales estudios tratan

exclusivamente con porcentajes o proporciones, el diagrama 'p' se emplea con mucha frecuencia.

El primer problema encontrado en la elaboración de un diagrama de control es la elección de los límites. En general, se busca un equilibrio entre el costo de localizar una causa asignable cuando no existe ninguna y el de no buscarla cuando existe.

- ¿Qué indica un diagrama de control?

En el trabajo de control de calidad se dice que tal diagrama muestra si el proceso está en control o no. En forma semejante, el analista que efectúa un muestreo de trabajo considera a los puntos fuera de los límites de tres sigmas de p como fuera de control.

### **5.7.2. Control estadístico de procesos**

Para el entendimiento del control estadístico de procesos no es necesario ser un experto en estadística, pero es preciso recordar al menos los puntos que se describen a continuación.

- Distribución normal o campana de gauss

La distribución normal es desde luego la función de densidad de probabilidad estrella en estadística. Depende de dos parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ , que son la media y la desviación típica respectivamente.

- Teorema del límite central

El teorema del límite central (TLC) establece que si una variable aleatoria (v. a.) se obtiene como una suma de muchas causas independientes, siendo cada una de poca importancia respecto al conjunto, entonces, su distribución es asintóticamente normal.

Para que tenga sentido la aplicación de los gráficos de control, el proceso ha de tener una estabilidad suficiente que, aun siendo aleatorio, permita un cierto grado de predicción. En general, un proceso caótico no es previsible y no puede ser controlado. A estos procesos no se les puede aplicar el gráfico de control ni tiene sentido hablar de capacidad. Un proceso de este tipo debe ser estudiado mediante herramientas estadísticas avanzadas hasta que el grado de conocimiento empírico obtenido sobre el mismo permita conocer las causas de la estabilidad y se eliminen.

## **5.8. Sistemas financieros**

El sistema financiero de Guatemala tiene dos segmentos. El sector financiero formal (regulado), que está conformado por instituciones cuya autorización es de carácter estatal, bajo el criterio de caso por caso, y que están sujetas a la supervisión de la Superintendencia de Bancos, órgano facultado para tal fin. Este sector abarca un sistema bancario y uno no bancario. El primero incluye a los bancos comerciales y a las sociedades financieras, estas últimas, definidas por ley como instituciones especializadas en operaciones de banca de inversión (no captan depósitos y sus operaciones activas son de largo plazo). Por su parte, el sistema financiero no bancario se rige por leyes específicas y está conformado por los almacenes generales de depósito, compañías de seguros, compañías de fianzas, casas de cambio; además, por el

Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y el Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas (FHA).

Asimismo, existen instituciones que realizan intermediación financiera cuya autorización responde a una base legal genérica (*Código de Comercio*) y que no se encuentran bajo la vigilancia y supervisión de la Superintendencia de Bancos. Entre estos intermediarios puede mencionarse a los *off-shore*, que financian operaciones de comercio; también, las asociaciones de crédito, compañías emisoras y operadoras de tarjetas de crédito y débito, cooperativas de ahorro y crédito, organizaciones no gubernamentales y otros tipos de cooperativas que proporcionan diversos servicios financieros en las áreas rurales.





## CONCLUSIONES

1. Se logró establecer los fundamentos y prácticas de los contenidos del pensum de la carrera técnico universitario en Procesos de Manufactura, en el Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS), desarrollando las habilidades y destrezas que adquirirán los estudiantes en el transcurso de la carrera.
2. Se confrontó el pensum actual con otros de carreras afines en otro país para desarrollar un nuevo pensum, acorde a las necesidades de la industria y al mejoramiento de las capacidades de los egresados.
3. Por medio de los fundamentos teóricos y prácticos investigados, se desarrollaron los nuevos fundamentos de los cursos y sus respectivas prácticas siendo el pensum propuesto de estudios para los estudiantes de la carrera Técnico Universitario en Procesos de Manufactura establecido.
4. En el análisis se evaluaron las prácticas. Se especifican para cada semestre el tipo de conocimiento que se desarrollarán en cada una de las clases y las prácticas necesarias para lograr una correcta enseñanza.
5. Se amplió el pensum de estudios para que los cursos impartidos para la carrera sean un complemento de los conocimientos y destrezas que el estudiante deberá llevar a cabo en sus actividades diarias.

6. En el desarrollo de las diferentes actividades de aprendizaje se propuso que el estudiante deberá conocer nuevas y mejores herramientas para satisfacer las necesidades de la sociedad.
7. Con el establecimiento de los nuevos cursos y prácticas, el estudiante tendrá más acceso a herramientas las cuales le ayudarán a desarrollarse en la industria con más desempeño y habilidad.
8. Se conceptualizó cada uno de los cursos para que se puedan tener en cuenta los diferentes factores que se desean desarrollar en el estudiante, herramientas necesarias en el sector donde se desempeñen.
9. La base para los temas curriculares es la necesidad de la sociedad por procesos más eficientes y eficaces para los cuales los estudiantes tendrán que exponer sus conocimientos y sus habilidades diariamente.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio profundo para evaluar la necesidad de contratación de personal auxiliar del docente para impartir los cursos en la carrera para evitar la explotación o sobrecarga de la mano de obra.
2. Realizar una planificación y proyección de demanda estudiantil adecuada para evaluar la necesidad de realizar una ampliación de instalaciones en los próximos años, sobre los terrenos aledaños al ITUGS y realizar una adquisición de más maquinaria y equipo actualizado.
3. El enfoque para las carreras técnicas profesionales establecido por las autoridades del Tecnológico de la Universidad de San Carlos de Guatemala y personal docente y administrativo debe estar dirigido a la evaluación y promoción por competencias y no por objetivos.
4. Evaluar la necesidad de promover a los docentes profesionales a profesores titulares para la composición correcta del consejo regional de acuerdo a los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Inversión en insumos para mantenimiento de instalaciones, maquinaria y equipo y contratación de una empresa externa. Esto para que cada semestre pueda realizar un análisis y un mantenimiento profundo para la preservación de las instalaciones, maquinaria y equipo del Tecnológico de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



## BIBLIOGRAFÍA

1. COYOY LUCAS, Bruno Ismael. *Tecnología de la soldadura para mantenimiento industrial de los metales básicos*. Trabajo de graduación Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 99 p.
2. ECURED. *Metodología del proceso enseñanza aprendizaje*. [En línea]. <[http://www.ecured.cu/index.php/Metodolog%C3%ADa\\_del\\_proceso\\_ense%C3%B1anza\\_aprendizaje](http://www.ecured.cu/index.php/Metodolog%C3%ADa_del_proceso_ense%C3%B1anza_aprendizaje)>. [Consulta: 14 de febrero de 2015].
3. Facultad de Ingeniería. [En línea]. <<https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/>>. [Consulta: 13 de junio de 2015].
4. FLORES URIZAR, Luis Eduardo. *Análisis del clima organizacional en la escuela de ingeniería mecánica eléctrica, previo a iniciar el proceso de acreditación regional ante ACAAI*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 129 p.
5. *Leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. [En línea]. <<http://usac.edu.gt/>>. [Consulta: 6 de junio de 2006].

6. Instituto Tecnológico Universitario Guatemala – SUR. [En línea]. <<http://itugs.ingenieria.usac.edu.gt/>>. [Consulta: 18 de octubre de 2014].
7. LIMA MUÑOZ, Walter Renato. *Proyecto para el mejoramiento para el diseño de cabinas para soldadura en el instituto tecnológico universitario Guatemala – sur, (ITUGS)*. Trabajo de graduación Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 144 p.
8. MORALES SIERRA, Liliana Rocío. *Propuesta de actualización del control de codificación de cursos de las redes curriculares del instituto tecnológico universitario Guatemala sur*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2014. 93 p.
9. PERALTA MUÑIZ, Herbert Alejandro. *Propuesta para diseño de un modelo curricular, de la carrera técnico universitario en metalmecánica del instituto técnico universitario Guatemala sur, de la universidad de san Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 153 p.
10. Universidad de San Carlos de Guatemala. *Reglamento para autorización de carreras en las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala: Usac, 2014. 7 p.

11. Universidad Tecnológica de Panamá. *Licenciatura en soldadura Industrial*. [En línea]. <<http://www.fim.utp.ac.pa/licenciatura-en-soldadura>>. [Consulta: 15 de mayo de 2014].
12. Viruta. [En línea]. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Viruta>>. [Consulta: 31 de julio de 2015].





# APÉNDICES

## Apéndice 1. Programa de mecánica básica

- Nombre del curso: mecánica básica
  
- Introducción: esta asignatura del ciclo formativo persigue crear en el estudiante las habilidades en el área de metalmecánica necesarias, para en ella cimentar todo el proceso de aprendizaje de la manufactura.
  
- Descripción: en esta asignatura se explica de manera introductoria las herramientas y procesos básicos de mecánica elemental, así como también los trabajos de banco y herramientas de mano. Estos conocimientos son necesarios para la entera comprensión de las operaciones avanzadas de maquinado.
  
- Objetivos
  - Entender las necesidades del trabajo de ajuste de banco y trazado.
  
  - Conocer el propósito de las herramientas de trabajo manuales.
  
  - Seguir los procedimientos correctos para el uso de las herramientas manuales.

## Continuación del apéndice 1.

- Contenidos
  - Trabajo de trazado
    - Herramientas básicas de trazado
    - Operaciones básicas en el trazado
    - Trabajos de trazado
  - Trabajos de banco (herramientas de mano)
    - Martillos
    - Llaves de tuerca
    - Pinzas
    - Destornillador
    - Tornillo de banco y sujetadores o prensas
    - Procesos en los trabajos de banco
    - Sierra y aserrado
    - Cinceles y cincelado
    - Lima y limado
    - Pulido a mano
    - Roscado
    - Planeación de trabajo
    - Planos de ingeniería
    - Procedimientos de maquinado para diversas piezas
    - Herramientas y fluidos para corte
    - Corte de metales
    - Fluido para corte

## Continuación del apéndice 1.

- Máquinas-herramientas básicas (sierras mecánicas)
  - Sierra de banda horizontal
  - Sierras de banda vertical
  - Medidas de seguridad para usar la sierra mecánica
  - Taladros
  - Tipos de taladros
  - Barrenas (afilado de barrenas)
  - Operaciones con taladros
  - Taladrado de agujeros de centros
  
- Metodología: se asignarán prácticas individuales, evaluaciones prácticas y teóricas. Los participantes entregarán un proyecto final que desarrollarán durante todo el curso. Los conocimientos adquiridos se verán conforme avancen según se lo permita su destreza.
  
- Recursos: taller para mecánica básica, Herramientas para mecánica básica. (Lima, tornillo de bancos, mesas de trabajo, hoja de sierra), Recursos audiovisuales para la enseñanza, Metales para prácticas y Recursos bibliográficos.

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Programa de máquinas y equipos

- Nombre del curso: Máquinas y equipos.
- Introducción: esta asignatura del ciclo formativo persigue crear en el estudiante las habilidades en el área de máquinas y equipos y todos los equipos para poder trabajar.
- Descripción: los alumnos tienen la primera toma de contacto con las máquinas y equipos, por lo tanto, esta asignatura desarrolla los conocimientos básicos necesarios para la formación, tanto para el estudio de asignaturas posteriores como para su posterior ejercicio profesional.
- Objetivos:
  - Conocimientos en materias tecnológicas para la realización de mediciones, cálculos, informes, planes de labores y otros trabajos.
  - Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la industrial que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos específicos adquiridos, la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.
  - Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

## Continuación del apéndice 2.

- Contenidos
  - Contenidos teóricos
    - Interpretación de esquemas de equipos y máquinas: simbología.
    - Aparatos e instrumentos utilizados en la localización de averías en máquinas y equipos eléctricos.
    - Automatismos.
    - Averías más comunes: Causas y soluciones.
    - Técnicas de análisis de averías.
    - Normas de seguridad e higiene referidas a máquinas y equipos.
  
- Introducción
  - Introducción a Máquinas y equipos
  - Generalidades
  - Conceptos mecánicos
  - Materiales
  
- Máquinas y equipos
  - Fundamentos de maquinaria y equipo industrial.
  - Máquinas eléctricas.
  - Aparatos de medida eléctricos.
  - Interpretación de diagramas.

## Continuación del apéndice 2.

- Técnicas básicas de mecanizado.
- Herramientas utilizadas en reparación.
- Técnicas de desmontaje y montaje.
- Normas e instrucciones de seguridad e higiene referente a máquinas y equipos.
- Normas e instrucciones complementarias del reglamento de baja y media tensión.
  
- Metodología
  - Se asignarán prácticas individuales, evaluaciones prácticas y teóricas. Los participantes entregarán un proyecto final que desarrollarán durante todo el curso. Los conocimientos adquiridos se verán conforme avancen según se lo permita su destreza.
  
- Recursos
  - Taller para mecánica básica, herramientas para mecánica básica. (lima, tornillo de bancos, mesas de trabajo, hoja de sierra)
  
- Programa de práctica
  - Práctica, fase I
    - Montar armarios de mando y maniobra
    - Ensamblar máquina motor, sincronizando movimientos
    - Conectar, según esquemas, máquinas eléctricas

Continuación del apéndice 2.

- Soldadura blanda
- Operaciones básicas de mecanizado
  
- Práctica, fase II
  - Aplicar instrumentos para la localización de averías
  - Realizar pruebas en máquinas
  - Complimentar informes y documentación técnica
  - Interpretar planos, esquemas y documentación técnica

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. **Programa de máquinas y herramientas básicas**

- Nombre del curso: Máquinas y herramientas básicas.
  
- Introducción: preparar materiales y máquinas de acuerdo a informaciones, instrucciones y documentación técnica (hojas de procesos) relacionada con procesos básicos de fabricación.
  
- Descripción: la asignatura abordará el estudio de la mecanización de materiales por medio del desprendimiento de viruta para lo cual instruye al estudiante en teorías de corte y manejo de equipos industriales. Este conocimiento le será muy útil al momento de abordar problemas y situaciones reales en su desempeño laboral.

### Continuación del apéndice 3.

- **Objetivos**
  - Manejar las máquinas-herramientas.
  - Efectuar las operaciones básicas de las máquinas-herramientas
  - Relacionar las posibilidades tecnológicas básicas de las máquinas-herramientas.
  - Seleccionar los útiles de corte usados en las máquinas-herramientas.
  
- **Trazo**
  - Introducción equipo y herramientas para el trazo
  - Puntos de trazar
  - Compases, escalas, escuadras y esmeriles
  
- **Metal-mecánico**
  - Instrumentos de medición
  - Escala de acero y compases
  - Escala del Vernier e instrumentos de medición
  - Bloques patrón
  - Sistemas e instrumentos métricos. preguntas y problemas
  - Acabados superficiales: organización y control de herramientas
  - Procesos en máquinas herramientas



### Continuación del apéndice 3.

- Taladro
  - Conceptos básicos e identificación de equipo
  - Movimientos principales
  - Tipos de trabajo y accesorios
  - Ángulos y partes principales de la broca
  - Tipos y selección de broca y escariadores
  - Teoría del corte
  - Tipos de taladros
  
- Esmeril
  - Conceptos básicos e identificación de equipo
  - Movimientos principales
  - Tipos de trabajo y accesorios
  - Tipos y selección de discos abrasivos
  
- Torneado
  - Introducción al torno
  - Partes principales movimientos y mecanismos
  - Diferentes tipos de tornos, descripción y usos
  - Tornos de control numérico CNC
  
- Fresado
  - Introducción a la fresadora

### Continuación del apéndice 3.

- Partes principales, movimientos y mecanismos
- Diferentes tipos de fresadoras, descripción y usos
  
- Metodología
  - Se asignarán prácticas individuales, evaluaciones prácticas y teóricas. Los participantes entregarán un proyecto final que desarrollarán durante todo el curso. Los conocimientos adquiridos se verán conforme avancen según se lo permita su destreza.
  
- Recursos
  - Taller para mecánica básica, herramientas para mecánica básica (lima, tornillo de bancos, mesas de trabajo, hoja de sierra).
  - Taladros.
  - Esmeriles.
  - Fresadoras.

Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 4. **Programa del curso elementos de máquinas y tribología**

- Nombre del curso: Elementos de máquinas y tribología.
- Introducción: el programa estudia todas las fases del diseño, los conceptos y métodos teóricos del diseño de elementos mecánicos, orientados a la comprensión y resolución de problemas característicos en el área de las máquinas.
- Descripción: el énfasis del curso radica en la enseñanza de conceptos, por una parte, y en el análisis y resolución de problemas, en tal sentido la didáctica debe apoyarse en el manejo de información clara y ordenada a fin de lograr la mejor captación de los conceptos.
- Objetivos
  - Generar las ideas básicas sobre el proceso de diseño, resolviendo analítica y numéricamente ejercicios relacionados con el tema.
  - Demostrar conocimientos sobre las estructuras fundamentales del razonamiento físico, resolviendo ejercicios orientados hacia la descripción y explicación de situaciones que se presentan bajo un enfoque de diseño.
- Introducción al diseño
  - Formulación del problema
  - Análisis del problema
  - Búsqueda de soluciones

## Continuación del apéndice 4.

- Fase de decisión
- Especificación de una solución
  
- Esfuerzos
  - Esfuerzos: normales: axiales, flexión, aplastamiento. tangenciales: torsión, simple.
  - Diseño de vigas.
  - Esfuerzos de Hertz.
  - Esfuerzos en cilindros: pared delgada, pared gruesa.
  - Ajuste por contracción y presión.
  - Concentración de esfuerzos.
  
- Cargas constantes
  - Teoría de esfuerzo normal máximo
  - Teoría de esfuerzo cortante máximo
  - Teoría de máxima energía de distorsión
  - Teoría de deformación normal máxima
  - Teoría de fricción interna
  - Fallas en los materiales dúctiles y frágiles
  
- Cargas variables
  - Límite de resistencia a la fatiga
  - Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga
  - Tipos de esfuerzos en fatiga

#### Continuación del apéndice 4.

- Teoría de Goodman
- Teoría de Gerber
- Teoría de Soderberg
- Diseño de ejes
  
- Tornillos
  - Definiciones básicas
  - Nomenclatura del roscado
  - Tornillos de potencia
  - Sujetadores roscados
  - Uniones atornilladas
  - Resistencia en pernos y tornillos
  - Precarga de pernos
  - Cargas estáticas y fatiga
  - Centroides de grupo pernos
  - Uniones remachadas, cuñas y pasadores
  - Esfuerzos presentes en juntas atornilladas
  
- Resortes
  - Definición de resortes de torsión, tensión y compresión
  - Constante de elasticidad
  - Esfuerzos en resortes de tensión, compresión y torsión
  - Materiales para resortes
  - Resortes diversos
  - Estabilidad

#### Continuación del apéndice 4.

- Diseño de resortes helicoidales
- Cargas de fatiga
- Resortes discoidales y arandelas Bellevile
  
- Metodología
  - Ejercicios de desempeño
  - Ejemplos de aplicación
  - Interacción en el aula
  - Exposiciones modalidad video
  - Materiales didácticos multimedia

Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 5. **Programa del curso de relaciones públicas y leyes**

- Nombre del curso: Relaciones públicas y leyes.
  
- Descripción: conocimientos básicos de la Constitución Política de la República y de derecho laboral, que le permitirán al futuro ingeniero resolver problemas en sus labores u otras actividades, contando para ello con elementos que faciliten la consulta bibliográfica, así como la facilidad de exposición de las resoluciones ante comisiones y profesionales.

## Continuación del apéndice 5.

- **Objetivos**
  - Coayudar al proceso de formación integral del estudiante de Técnico Universitario en procesos.
  - Iniciar al estudiante en los asuntos legales.
  - Resaltar la importancia de las leyes en las actividades profesionales.
  - Facilitar el cálculo de prestaciones laborales.
  - Facilitar la interrelación obrero patronal.
  
- **Legislación**
  - Definición
  - Derecho vigente
  - Derecho positivo
  - División
  
- **Derechos humanos**
  - Derechos individuales
  - Educación, universidades
  - Deberes y derechos cívicos y políticos
  - Limitación a los derechos constitucionales

## Continuación del apéndice 5.

- El estado
  - El Estado y su forma de gobierno
  - Nacionalidad y ciudadanía
  
- Poder público
  - Ejercicio del poder público
  - Organismo legislativo
  - Organismo ejecutivo
  - Organismo judicial
  
- Suspensión y terminación de los contratos de trabajo
  - Obligaciones y prohibiciones de patronos
  - Obligaciones y prohibiciones de trabajadores
  - Suspensión de los contratos de trabajo
  - Terminación de los contratos de trabajo
  
- Salario, jornadas de trabajo y prestaciones
  - Salario
  - Jornadas de trabajo
  - Descansos semanales, días de asueto, vacaciones anuales, aguinaldo
  - Indemnización y bonificación anual



## Continuación del apéndice 5.

- Sindicatos
  
- Pacto colectivo de condiciones de trabajo y reglamento interior
  - De trabajo
  - Huelgas y paros
  - Prescripción
  
- Ley de creación del timbre de ingeniería
  
- Metodología
  - Lectura, respuesta a interrogantes e ilustración con experiencias, se procura la participación de los alumnos en la solución de situaciones similares a las que se presentarían en el entorno laboral.

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 6. Programa Métodos estadísticos y contables

- Nombre: Métodos estadísticos y contables.
- Descripción: es un curso orientado a proveer al estudiante conocimientos de estadística descriptiva y de la teoría de probabilidades y sus aplicaciones, con el fin de proporcionar elementos para establecer modelos matemáticos que expliquen los fenómenos aleatorios ya que un gran número de fenómenos observables, no son determinísticos. Enseñar a través de la resolución de casos prácticos los principios básicos de la contabilidad general.
- Objetivos
  - Identificar maneras adecuadas para la presentación de información.
  - Adquirir las destrezas para construir tablas y gráficos estadísticos.
  - Adquirir destrezas en el manejo de software estadístico para el cálculo de indicadores descriptivos.
  - Identificar adecuadamente los diferentes indicadores de la estadística descriptiva, interpretarlos, calcularlos y reconocer en qué casos se utilizan.
  - Identificar a la estadística no como una rama de la matemática, sino un área de conocimiento que trata del desarrollo de una teoría práctica de la información.

## Continuación del apéndice 6.

- Aplicar el conocimiento básico de la teoría de la probabilidad para establecer modelos matemáticos que expliquen los fenómenos aleatorios.
  
- Estadística descriptiva
  - Introducción a la estadística
  - Conceptos básicos
  - Clasificación de la estadística
  - Tipos de variables
  - Niveles de medición
  - Recopilación de datos
  
- Presentación de datos de una sola variable
  - Distribución de frecuencias
  - Presentación gráfica de datos
  - Gráfica de barras
  - Gráfica de pastel
  - Histograma
  - Polígono de frecuencias
  - Ojiva
  - Gráficas lineales
  - Gráficas de puntos

## Continuación del apéndice 6.

- Análisis descriptivo de datos de una sola variable
  - Medidas de tendencia central
    - Media aritmética
    - Media ponderada
    - Media geométrica
    - Mediana
    - Moda
  - Medidas de tendencia no central
    - Deciles
    - Cuartiles
    - Percentiles
  - Medidas de dispersión
  - Medidas de distancia
  - Medidas de desviación promedio
  
- Fase de contabilidad
  - Parte conceptual
  - Aspectos legales
  - Balance general
  - Estado de resultados
  - Depreciaciones
  - Ecuación contable
  - Inventario
  - Balance general
  - Diario y mayor

## Continuación del apéndice 6.

- Estado de resultados
- Depreciaciones
  
- Metodología
  - Docencia directa
  - Dinámica de grupo
  - Estudio independiente
  - Lecturas en bibliografía de referencia
  - Investigaciones

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 7. **Programa del curso Gestión mantenimiento**

- Nombre: Gestión de mantenimiento.
  
- Descripción: estudio de las bases fundamentales para la planificación orgánica para el mantenimiento de equipos, clasificación de aceites, organización de personal y cálculos para el montaje y cimentación de máquinas.
  
- Objetivos
  - Proveer al estudiante la información que le permita clasificar y organizar un departamento de mantenimiento industrial.

## Continuación del apéndice 7.

- Proporcionar los principios básicos de cimentación de máquinas y montaje, así como los conocimientos para el diseño e implementación del mantenimiento de un sistema típico aplicado.
  
- Unidades de gestión de mantenimiento
  - Generalidades sobre el mantenimiento
  - Cimentación de máquinas
  - Casos prácticos de mantenimiento
  - Tipos de mantenimiento
  
- Metodología
  - Exposición de los diferentes temas mediante clases magistrales, luego se aplicarán los conocimientos a una investigación de campo y posterior presentación por parte del estudiante, con posibles visitas técnicas a la industria nacional.

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 8. Programa de curso Gestión empresarial

- Nombre: Gestión empresarial.
- Descripción: este curso tiene como base la ciencia administrativa, reconoce e interpreta el desarrollo histórico de la administración como ciencia social, para concebirla como medio de la empresa que persigue satisfacer una función socioeconómica. Hace énfasis en los enfoques administrativos modernos y toma en cuenta los procesos gerenciales como instrumentos de buena dirección. Proporciona al estudiante las bases gerenciales teóricas de las áreas académicas relacionadas con la administración, que son estudiadas en los otros cursos de la carrera.
- Objetivos
  - Obtenga los principios fundamentales y básicos que rigen la ciencia.
  - administrativa.
  - Se familiarice con el proceso lógico de la administración en su vida laboral y personal.
  - Establezca criterios básicos para la resolución de problemas administrativos.
  - Se convierta en administrador eficaz, evaluando cada enfoque administrativo de acuerdo a las circunstancias y seleccione el que logre las metas individuales y organizacionales.

## Continuación del apéndice 8.

- Panorama de la administración
  - Conceptos básicos
  - Funciones y niveles de administración
  - Roles y habilidades administrativas
  - Competencias gerenciales
  
- Enseñanzas de la historia del pensamiento administrativo
  - Enfoque tradicional sobre la administración
  - Enfoque conductual
  - Enfoque de sistemas
  - Enfoque de contingencias
  - Enfoque de la calidad
  
- Ética y responsabilidad social de las empresas
  - Importancia de la ética y la responsabilidad social de las empresas
  - Conformación de una conducta ética
  - Juicios éticos
  - Responsabilidad social con los grupos de interés
  
- Evaluación del entorno
  - El entorno
  - Fuerzas Competitivas en un sector industrial



## Continuación del apéndice 8.

- Administración global (lectura individual y examen corto)
  - La economía global
  - Fuerzas culturales
  - Fuerzas político-jurídicas
  - Acuerdos comerciales internacionales
  - Estrategias para los negocios internacionales
  
- El espíritu emprendedor
  - Significado y alcance
  - Competencias de los emprendedores de éxito
  - Fundamentos de planeación para emprendedores
  - La planeación y los emprendedores
  - Emprendimiento corporativo
  
- Formulación de planes y estrategias
  - Tipos de planeación y su importancia
  - Estrategias de diversificación y planeación
  - Niveles estratégicos y planeación
  - Tareas y proceso de la planeación estratégica de negocios
  - Modelo general de estrategias competitivas

## Continuación del apéndice 8.

- Toma de decisiones
  - Definiciones básicas
  - Condiciones para la toma de decisiones
  - Tipos básicos de decisiones
  - Modelo de toma de decisiones racional
  - Modelos de toma de decisiones de racionalidad limitada y político
  
- Diseño organizacional
  - Fundamentos de organización
  - Diseño vertical
  - Diseño horizontal
  - Integración de la organización
  
- Metodología
  - Con el objeto de lograr una mayor participación del estudiante dentro del desarrollo del curso, y a través del intercambio de experiencias personales y profesionales entre estudiantes y docentes, se ha decidido utilizar diferentes métodos y técnicas que permitan lograr los objetivos del curso, para lo cual se llevará a cabo de la siguiente manera:
    - Exposición magistral de aspectos teórico-prácticos y técnicos conceptuales apoyados con técnicas audiovisuales y de ejercicios prácticos.

Continuación del apéndice 8.

- Exposición de contenido temático por parte de los estudiantes (contando con la tutoría del docente).
- Utilización de la plataforma de SAE-SAP, en donde se podrán obtener las presentaciones magistrales, material de lectura, guía de trabajos a realizar, comunicación directa con el docente para realizar consultas y recibir asesoría personalizada.

Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 9. **Programa del curso Máquinas herramientas especiales**

- Nombre: Maquinas herramientas especiales.
- Descripción: desarrollar procesos de mecanizado con máquinas herramientas de control numérico (CNC), utilizando la programación manual, avanzada o asistida, así como la preparación de máquinas convencionales y otras de complejidad superior, obteniendo el producto en condiciones de calidad y seguridad, según las especificaciones técnicas.
- Objetivos: establecer procesos operativos de programación, preparación y mecanización en máquinas convencionales y especiales, teniendo en cuenta, máquinas, herramientas y medios a emplear según normas de fabricación y sistemas de seguridad establecidos.

## Continuación del apéndice 9.

- Contenidos teóricos
  - Planos y croquis
  - Normas, secciones, modificaciones, vistas, tolerancias, símbolos.
  - Tipos de máquinas herramientas para levantar viruta: sierras, taladradoras, fresadoras, tornos, etc.
  - Tipos de máquinas herramientas para conformar: punzadoras, prensas, dobladoras de tubos, etc.
  - Tipos de máquinas herramientas especiales.
  - Rectificadoras, electroesmeriladoras por macho o hilo, centros de mecanizar, centros de torneear.
  - Materiales básicos: hierros, fundiciones, aceros, aleaciones, aluminios, etc.
  
- Máquinas con CNC
  - Aplicaciones, accionamientos, ejes.
  - Soportes de información: cintas perforadas, magnéticas, disquete, periférico u ordenador.

## Continuación del apéndice 9.

- Trigonometría aplicada: conceptos seno, coseno, tangente, localización y resolución de triángulos.
- Concepto de coordenadas ortogonales, polares y cilíndricas.
- Funciones preparatorias y auxiliares, direcciones, órdenes a herramientas, a cabezales y a elementos auxiliares.
- Programación convencional: de rectas, de curvas, de polares, de redondeos, de subrutinas y saltos, de polares + redondeos, de especialidades, de figuras complejas.
- Programación parametrizada.
- Parámetro, concepto, tipo y aplicación; de sustitución, de subrutinas matemáticas, de subrutinas tecnológicas.
- Comunicación con las máquinas C.N.C.
- Metodología
  - Docencia directa
  - Dinámica de grupo
  - Estudio independiente
  - Lecturas en bibliografía de referencia
  - Investigaciones

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Programa del curso Preparación y evaluación de proyectos 1**

- Nombre: Preparación y evaluación de proyectos 1.
  
- Descripción: este curso está diseñado para que el estudiante conozca algunas técnicas y métodos de análisis para la preparación y evaluación financiera de proyectos productivos de inversión y sus diferencias con los proyectos de carácter económico y social. Profundiza en la interpretación y comprensión de los conceptos que sirven de apoyo a la evaluación de proyectos de inversión, restando atención a la mecánica y a los procedimientos de evaluación, no así a los índices y parámetros empleados con mayor frecuencia, así como al significado de los resultados de su evaluación.
  
- Objetivos
  - Al finalizar el curso, el estudiante debe ser capaz de aplicar los diversos criterios para la formulación y evaluación de proyectos, tomando en cuenta las condiciones particulares de cada proyecto.
  
  - Estimular el interés en la preparación y evaluación de proyectos para determinar rentabilidad y conveniencia de ejecución.
  
  - Aplicar los diferentes métodos para la evaluación de proyectos alternativos.

## Continuación del apéndice 10.

- Comprender la importancia de realizar un estudio de mercadeo completo para poder tomar decisiones sobre la implementación o de un proyecto de inversión.
- Proyecto de inversión
  - Definición, tipos de proyectos
  - Ciclo de proyectos
  - Fase de preinversión
  - Idea o identificación del proyecto
  - Elaboración del perfil
  - Estudio de pre factibilidad
  - Fase de inversión
  - Fase de postinversión (operación o funcionamiento y liquidación)
  - justificación de la realización de estudios
- Formulación de proyectos
  - Estudio de mercado y comercialización
  - Estudio técnico de ingeniería o tecnológico básico
  - Estudio administrativo legal
  - Estudio económico
  - Estudio financiero
  - Estudio de impacto ambiental

## Continuación del apéndice 10.

- Evaluación de proyecto
  - Generalidades la tasa de interés.
  - Concepto de valor de oportunidad.
  - Equivalencia financieras.
  - Ordenamiento de la información financiera criterios de evaluación VPN, VAUE, TIR, B/C.
  
- Ordenamiento de proyectos
  - Aplicación de los criterios de evaluación
  - La verdadera rentabilidad
  - Análisis incremental
  - Análisis de sensibilidad
  
- Aspectos socio económicos
  - Evolución financiera y evaluación económica (diferencias)
  - Precio de cuenta inflación



Continuación del apéndice 10.

- Metodología
  - Docencia directa
  - Dinámica de grupo
  - Estudio independiente
  - Lecturas en biografías de referencia
  - Investigaciones
  - Prácticas de laboratorio

Fuente: elaboración propia.

