

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECANICA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE CORTE Y MATERIALES
REFERENTES A UNA RECTIFICADORA “VAN NORMAN 103” DE
DISCOS Y TAMBORES PARA VEHICULOS LIVIANOS.**

**DIEGO FERNANDO BENAVIDES PROAÑO
ARMANDO JAVIER EGÜEZ ORTEGA**

ING. ANDRÉS CASTILLO

**2012
QUITO, ECUADOR**

CERTIFICACIÓN

Yo, Diego Fernando Benavides Proaño, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del Graduado

Diego Fernando Benavides Proaño

CI: 171546151-1

Yo, Andres Castillo, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor Diego Fernando Benavides Proaño es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Andrés Castillo.

CERTIFICACIÓN

Yo, Armando Javier Egüez Ortega, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del Graduado

Armando Javier Egüez Ortega

CI: 171538183-4

Yo, Andrés Castillo, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor Armando Javier Egüez Ortega es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Andrés Castillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mis padres, hermanos, familia y amigos por confiar en mí y por estar siempre a mi lado guiándome y enseñándome que todo con perseverancia se logra.

A Cristina Espinosa, por su tiempo, apoyo, consejos y enseñanzas dadas durante este tiempo.

A mi compañero de tesis Diego Benavides, por el esfuerzo entregado, y a sus padres por el apoyo que nos han brindado.

Al Ing. Abel Remache por su valiosa orientación y apoyo para la conclusión de este objetivo.

A la Rectificadora Bolaños por su valioso aporte y apoyo.

Finalmente a la Universidad Internacional del Ecuador por abrirme las puertas para aprender, a los profesores y docentes que con sus enseñanzas diarias y consejos me han apoyado durante estos años de estudio.

Armando Egüez

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mis padres y hermano por el apoyo incondicional que me han brindando para culminar esta etapa de mi vida.

A mis abuelos por ser inspiración para los momentos difíciles y por todo el amor que me entregan.

A Ing Abel Remache por su valiosa ayuda como guía durante todo este proceso.

A mi compañero de tesis Armando Eguez, por el esfuerzo entregado, y a sus padres por el apoyo que nos han brindado.

Al Ingeniero Bolaños por su valioso aporte y apoyo.

Diego Benavides

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, seres maravillosos que Dios me ha dado, pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo incondicional y el consejo sabio y oportuno, gracias a ellos soy lo que soy.

A mi padre quien es la persona que más admiro y respeto.

A mi familia y amigos que con su entusiasmo y cariño me dieron el valor y coraje para caminar día a día.

Una dedicatoria especial a mi tío Rafael Egüez “Fico” por sus enseñanzas y consejos, pues desde que yo era muy pequeño hizo que me guste esta carrera, le doy gracias aunque ya no esté con nosotros, y sé que desde el cielo va estar feliz por este logro cumplido, ya que fue él quien me impulsó para iniciar este proyecto de vida.

Armando Egüez

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todas las personas que no se dan por vencidas, que luchan, que trabajan y se esfuerzan por lograr lo que cada uno de ellas y ellos quieren.

A las personas que hacen lo que desean y asumen con responsabilidad las consecuencias de sus actos. A las personas de mentes libres, valientes y rebeldes.

Diego Benavides

ÍNDICE

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A RECTIFICADORAS, DISCOS Y TAMBORES.....	1
1.1. Rectificadora de discos y tambores.....	1
1.1.1. Estructura de la rectificadora de discos y tambores.....	2
1.1.1.1. Elementos Componentes.....	2
1.1.1.2. Cadena Cinemática.....	2
1.1.2. Accesorios.....	3
1.1.2.1. Eje.....	3
1.1.2.2. Porta-cuchillas mandrinador de tambores.....	3
1.1.2.3. Porta-cuchillas mandrinador de discos.....	4
1.1.2.4. Adaptadores.....	5
1.1.2.5. Sujetadores.....	5
1.1.2.6. Soporte de sujeción.....	6
1.1.2.7. Banda anti vibración.....	6
1.1.3. Operaciones de la rectificadora de discos y tambores.....	6
1.1.3.1. Cilindrado.....	7
1.1.3.2. Refrentado.....	9
1.1.4. Factores de trabajo de la rectificadora de discos y tambores.....	11
1.1.4.1. Velocidad de giro.....	11
1.1.4.2. Movimiento de corte.....	11
1.1.4.3. Movimiento de avance.....	12
1.1.4.4. Profundidad de pasada.....	12
1.1.4.5. Tiempo Principal.....	12
1.2. Herramienta de corte.....	13
1.2.1. Ángulos Principales.....	15
1.2.2. Ángulos Secundarios.....	16
1.2.3. Plaquitas Intercambiables.....	17
1.2.4. Materiales de las plaquitas.....	17

1.2.4.1. Metales Duros.....	17
1.2.4.2. Metales Duros Recubiertos.....	19
1.2.4.3. Cerámicas.....	20
1.3. Freno de tambor.....	21
1.3.1. Dimensiones.....	23
1.4. Freno de disco.....	24
1.4.1. Dimensiones.....	26
1.5. Daños en frenos de tambor y discos.....	26
1.5.1. Cristalización.....	27
1.5.2. Rotura.....	27
1.5.3. Alabeado y Ovalamiento.....	27
1.5.4. Rayado.....	28

CAPITULO 2

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	29
2.1. Parámetros para la elección de la máquina.....	29
2.1.1. Utilidad.....	29
2.1.2. Costo.....	29
2.1.3. Mantenimiento.....	30
2.1.4. Dimensiones.....	30
2.1.5. Peso.....	30
2.2. Primera alternativa.....	30
2.2.1. Funcionamiento.....	30
2.2.2. Esquema.....	31
2.2.3. Costo de la máquina.....	32
2.2.4. Ventajas y desventajas.....	32
2.2.4.1. Ventajas.....	32
2.2.4.2. Desventajas.....	33
2.3. Alternativa 2.....	33
2.3.1. Funcionamiento.....	33

2.3.2. Esquema.....	34
2.3.3. Costo de la máquina.....	35
2.3.4. Ventajas y desventajas.....	35
2.3.4.1. Ventajas.....	35
2.3.4.2. Desventajas.....	36
2.4. Alternativa 3.....	36
2.4.1. Funcionamiento.....	36
2.4.1.1. Rectificadora de tambores.....	36
2.4.1.2. Rectificadora de discos.....	36
2.4.2. Esquema.....	37
2.4.3. Costos de la máquina.....	38
2.4.4. Ventajas y desventajas.....	39
2.4.4.1. Ventajas.....	39
2.4.4.2. Desventajas.....	39
2.5. Valoración de las alternativas.....	39
2.6. Conclusiones.....	40

CAPITULO 3

PARÁMETROS TÉCNICOS Y CÁLCULO.....	41
3.1. Parámetros.....	41
3.1.1. Especificaciones.....	41
3.1.1.1. Motor Principal.....	42
3.1.1.2. Motores secundarios.....	42
3.1.1.3. Posibles velocidades de eje.....	42
3.1.1.4. Cabida para discos.....	42
3.1.1.5. Cabida para tambores.....	42
3.1.2. Herramientas auxiliares.....	43
3.1.2.1. Porta-discos.....	43
3.1.2.2. Llaves.....	44
3.1.3. Normas de seguridad.....	45

3.1.3.1. Reglamento de seguridad.....	45
3.1.3.2. Mantenimiento preventivo.....	51
3.1.4. Dimensiones de los discos y tambores de frenos utilizados para el análisis.....	51
3.1.5. Tipos de Avance.....	52
3.1.5.1 Manual.....	52
3.1.5.2 Automático.....	52
3.1.5.2.1 Velocidades de avance del automático.....	52
3.1.5.3 Velocidad del eje.....	52
3.1.6 Proceso de mecanizado.....	53
3.1.6.1 Destroncar.....	53
3.1.6.2 Cepillar.....	53
3.1.7. Rectificación de discos y tambores.....	53
3.1.8. Profundidad de pasada en frenos de tambor y disco.....	54
3.2 Análisis de las superficies de frenado de un tambor y un disco de freno en los procesos de destronado y cepillado.....	55
3.2.1 Análisis de la profundidad de pasada.....	56
3.2.2 Análisis de la superficie de frenado después del procedimiento de destronado en un tambor de freno.....	59
3.2.3 Análisis de la superficie de frenado después del procedimiento de cepillado en un tambor.....	63
3.2.4 Análisis de la superficie de frenado en el procedimiento de rectificado de discos.....	67
3.2.5 Análisis de la superficie de frenado después del procedimiento de destronado en un disco de freno.....	69
3.2.6 Análisis de la superficie de frenado después del procedimiento de cepillado en un disco de freno.....	76
 CAPITULO 4	
PROCESOS DE TRABAJO.....	80
4.1 Rectificación de discos.....	80

4.1.1	Proceso de montaje.....	80
4.1.2	Proceso de montaje de la herramienta de corte.....	83
4.1.3	Proceso de rectificación.....	86
4.2	Rectificación de tambores.....	88
4.2.1	Proceso de montaje del tambor.....	88
4.2.2	Proceso de montaje de la herramienta de corte.....	91
4.2.3	Proceso de rectificación.....	95
	CONCLUSIONES.....	98
	RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFIA.....	100
	LINKOGRAFIA.....	101
	ANEXOS	
	Anexo 1. Ángulos secundarios.....	102
	Anexo 2. Identificación ISO de plaquitas.....	103
	Anexo 3. Ángulos ideales para rectificar cada tipo de material.....	107
	Anexo 4. Propiedades de los materiales usados para las cuchillas.....	108
	Anexo 5. Partes de la rectificadora de discos y tambores Van Norman 103.....	109
	Anexo 6. Medidas de la rectificadora de discos y tambores Van Norman 103.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1.1: Rectificadora de discos y tambores.....	1
Figura 1.2: Eje.....	3
Figura 1.3: Porta-cuchillas mandrinador de tambores.....	4
Figura 1.4: Porta-cuchillas mandrinador de discos.....	4
Figura 1.5: Adaptadores.....	5
Figura 1.6: Sujetadores.....	5
Figura 1.7: Soportes de sujeción.....	6
Figura 1.8: Banda anti vibración.....	6
Figura 1.9: Vista superior de la maquina, identificación de ejes X y Y.....	7
Figura 1.10: Esquema de la operación de cilindrado.....	7
Figura 1.11: Superficie a rectificar de un tambor.....	8
Figura 1.12: Esquema de la operación de cilindrado interno.....	9
Figura 1.13: Esquema de cilindrado común.....	10
Figura 1.14: Superficie a rectificar en los discos de frenos.....	10
Figura 1.15: Esquema de la operación de cilindrado doble.....	10
Figura 1.16: Herramienta de corte.....	13
Figura 1.17: Esquema de una herramienta de corte.....	14
Figura 1.18: Ángulos principales.....	15
Figura 1.19: Gráfico de tambor en corte.....	23
Figura 1.20: Gráfico de disco en corte.....	26

CAPITULO 2

Figura 2.1: Esquema de rectificadora de tambores AMMCO para camiones.....	31
Figura 2.2: Esquema de rectificadora de disco y tambores VAN NORMAN 103.....	34
Figura 2.3: Esquema de conjunto de rectificadoras BEAR para discos y tambores.....	37

CAPITULO 3

Figura 3.1: Rectificadora de discos y tambores VAN NORMAN 103.....	41
Figura 3.2: Porta-discos.....	43
Figura 3.3: Dado de 65 mm con palanca.....	44
Figura 3.4: Laves.....	44
Figura 3.5: Grabado del diámetro máximo de un tambor.....	55
Figura 3.6: Grabado del grosor mínimo de un disco.....	55
Figura 3.7: Profundidad de pasada y profundidad de pasada útil.....	56
Figura 3.8: Longitud de la cuerda de segmento circular.....	57
Figura 3.9: Triángulo rectángulo formado por la profundidad de pasada, profundidad de pasada útil y el ángulo de desprendimiento.....	58
Figura 3.10: Superficie teórica de frenado de tambor después del proceso de destronado.....	61
Figura 3.11: Superficie teórica de frenado de tambor después del proceso de cepillado.....	64
Figura 3.12: Diferentes diámetros que recorre la cuchilla al rectificar un disco...	67
Figura 3.13: Espiral aritmética.....	68
Figura 3.14: Espiral aritmética que traza la punta de plaquita sobre la superficie de frenado del disco.....	74
Figura 3.15: Superficie teórica de frenado de tambor después del proceso de destronado.....	75
Figura 3.16: Superficie teórica de frenado de tambor después del proceso de cepillado.....	78

CAPITULO 4

Figura 4.1: Producto para limpieza de frenos.....	80
Figura 4.2: Grosor mínimo del disco.....	80
Figura 4.3: Superficie de disco dañada.....	81
Figura 4.4: Perímetro interno del disco aceitado.....	81
Figura 4.5: Disco en porta-discos paso 1.....	81
Figura 4.6: Disco en porta disco paso 2.....	82

Figura 4.7: Disco en porta disco paso 3.....	82
Figura 4.8: Disco en porta disco paso 4.....	82
Figura 4.9: Disco en porta disco paso 5.....	82
Figura 4.10: Conjunto completo en eje.....	83
Figura 4.11: Ajuste de perno de sujeción.....	83
Figura 4.12: Porta-cuchillas mandrinador de discos sobre carro móvil.....	84
Figura 4.13: Placa metálica.....	84
Figura 4.14: Arandela de 2".....	84
Figura 4.15: Arandela de acero alto en carbono.....	85
Figura 4.16: Ajuste del conjunto.....	85
Figura 4.17: Regulación de cuchillas.....	85
Figura 4.18: Proceso de maquinar cejas.....	86
Figura 4.19: Operación de destronque.....	86
Figura 4.20: Operación de cepillado.....	87
Figura 4.21: Limpieza del disco con lija.....	87
Figura 4.22: Medición del nuevo espesor.....	88
Figura 4.23: Tambor a rectificar.....	88
Figura 4.24: Diámetro máximo.....	89
Figura 4.25: Superficie de tambor rayada.....	89
Figura 4.26: Adaptadores para tambor en eje.....	89
Figura 4.27: Tambor en eje.....	90
Figura 4.28: Conjunto de sujetador, tambor y adaptadores.....	90
Figura 4.29: Ajuste de Conjunto completo.....	90
Figura 4.30: Ajuste de perno de sujeción.....	91
Figura 4.31: Parte inferior del soporte de sujeción.....	91
Figura 4.32: Arandela de 2".....	92
Figura 4.33: Arandela de acero alto en carbono.....	92
Figura 4.34: Tuerca.....	92
Figura 4.35: Calibración del conjunto.....	93
Figura 4.36: Ajuste de la parte inferior del soporte de sujeción.....	93
Figura 4.37: Parte superior del soporte de sujeción.....	94
Figura 4.38: Arandela de acero alto en carbono.....	94
Figura 4.39: Ajuste del conjunto.....	94

Figura 4.40: Proceso de maquinar cejas.....	95
Figura 4.41: Limpieza del Tambor con lija.....	96
Figura 4.42: Tambor terminado.....	96
Figura 4.43: Medición del nuevo diámetro.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

Tabla 1.1: Propiedades de las fundiciones de hierro con grafito esferoidal utilizadas para la construcción de tambores de freno.....	22
Tabla 1.2: Propiedades de las fundiciones de hierro con grafito laminar (fundición gris).....	22
Tabla 1.3: Propiedades de las fundiciones de hierro con grafito esferoidal utilizadas para la construcción de tambores de freno.....	25
Tabla 1.4: Propiedades de las fundiciones maleables blancas utilizadas para la construcción de tambores de freno.....	25

CAPITULO 2

Tabla 2.1: Resumen de costos.....	32
Tabla 2.2: Resumen de costos.....	35
Tabla 2.3: Resumen de costos.....	38
Tabla 2.4: Cuantificadores.....	39
Tabla 2.5: Ponderación de alternativas.....	40

CAPITULO 3

Tabla 3.1: Comparación de resultados.....	66
Tabla 3.2: Tabla de puntos del proceso de destronado.....	73
Tabla 3.3: Tabla de puntos del proceso de cepillado.....	77
Tabla 3.4: Comparación de resultados.....	79

RESUMEN

La presente investigación se centra principalmente en el análisis de las superficies de frenado de discos y tambores de frenos después del proceso de rectificación, además presenta información general acerca de éstas máquinas, como su composición mecánica, componentes, características técnicas, factores de trabajo, técnicas de trabajo, entre otros.

La rectificadora analizada es un torno que utiliza los mismos principios de funcionamiento que los tornos paralelos convencionales, pero gracias a su diseño y características especiales fueron creadas para realizar exclusivamente trabajos de mecanizado de discos y tambores de frenos de automóviles. Esta máquina se compone de 2 estructuras principales las cuales son elementos componentes y cadena cinemática.

Para realizar la operación de rectificación la máquina necesita de varios accesorios de trabajo. El más importante de estos es la cuchilla que se aloja en la herramienta cortante, ya que, de ésta depende el resultado del proceso de rectificación. Existe un sin número de tipos de cuchillas para realizar procesos de torneado, pero en éste caso, al trabajar únicamente con discos y tambores se reduce el número de opciones, debido a que, tanto discos como tambores, poseen características técnicas similares.

Para beneficio del cálculo y de los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador se realizó un análisis de selección de tres posibles alternativas, es decir, tres posibles máquinas con las cuales se podría trabajar, esto con el fin de determinar cuál de las alternativas satisface de mejor manera las necesidades del proyecto. Los parámetros que se determinó para calificar a la mejor máquina son la utilidad, el costo, mantenimiento, dimensiones y peso. Después de la realización de éste análisis se determina que la mejor opción para el desarrollo de nuestra tesis es la rectificadora de discos y tambores Van Norman 103.

A través del cálculo se buscó establecer las diferencias entre los acabados de las superficies de frenado después de los diferentes procesos de rectificado. Cada proceso de rectificación trabaja con diferentes parámetros, el proceso de destroncado trabaja con una velocidad de avance alta y una profundidad de corte mayor. La profundidad de corte al destroncar es de 3 a 4 micrones (μm) y la

velocidad de avance suele ser 0,4mm/s. Este proceso se lo realiza con el fin de proporcionar una superficie uniforme, pero su acabado es demasiado áspero. El proceso de cepillado o acabado trabaja con una velocidad de avance y una profundidad de corte bajas (0,15 mm /s; 1 μ m). El resultado de este proceso es una superficie de frenado ideal.

Al rectificar un disco o tambor la cuchilla crea una espiral, dependiendo del paso, el ancho del relieve y de la longitud de la cuerda del radio de la punta de la cuchilla, se presentan los diferentes acabados, estas medidas que se mencionan son sumamente pequeñas, poco perceptibles a la vista pero a través del cálculo se pudo determinar y dibujar las diferentes superficies teóricas después de cada proceso de rectificación.

Las técnicas de trabajo se detallan en el último capítulo, aquí se explica paso a paso como se realizan las operaciones de rectificación en discos y tambores como son el montaje de las diferentes herramientas cortantes, así como del disco o tambor además de los procesos de rectificación. Toda la parte práctica referente a la rectificación de discos y tambores es sumamente importante ya que no existe un texto o información que detalle una única manera de trabajo, siempre un óptimo trabajo se determinará por la práctica y la experiencia del operario.

SUMMARY

This research focuses primarily on the analysis of the braking surfaces of brake discs and drums after the rectification process. It also presents general information about this type of machinery, as its mechanical composition, components, technical characteristics, work factors, working techniques, among other.

This type of grinding machine is a lathe that uses the same principles of performance as conventional lathes, but thanks to its design and special features it is best fitted for machining discs and drum brake cars. This type of machine consists of two main structures. The components and power train components.

So that this machine can work properly it needs several accessories. The most important of these accessories is the knife that is housed in the cutting tool, since the outcome of the rectification process depends on this accessory. There are many types of knives but when working with disks and drums the different types are reduced.

For the benefit of calculus and college students at Universidad Internacional del Ecuador, analysis will be conducted between three possible machines in order to determine which alternatives best meet the needs. The parameters that are determined to qualify for the best machine are the utility, cost, maintenance, size and weight. After the completion of this analysis, it is determined that the best option for the development of our thesis is the grinding discs and drums Van Norman103.

When grinding a disc or drum it creates a spiral blade, depending on the step, the width of the relief and the chord length of the radius of the tip of the blade, there are the different finishes, these measures mentioned are extremely small, barely perceptible to the eye.

The detailed technical work in the last chapter explains step by step how operations are performed on disk and drum correction such as the assembly of different cutting tools and the disc or drum, in addition to the rectification process. All the practice relating to the rectification of discs and drums is extremely important because there is no text or information that details one way or another to work. A great job is determined by practice and experience of the operator.

INTRODUCCIÓN

Como estudiantes de la Universidad Internacional se ha podido apreciar que no existe hasta el momento maquinaria necesaria para respaldar toda la teoría aprendida sobre la rectificación de discos y tambores en las aulas. Es por eso que se ha determinado realizar un análisis de los ángulos de corte y materiales referentes a una rectificadora de discos y tambores para vehículos livianos. El análisis se realizó en una rectificadora Van Norman, ésta estará a la disposición de todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

En este análisis se aplican los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Automotriz, utilizando tanto la información teórica como la investigación experimental que se obtuvo durante la realización de este proyecto. La información teórica se adquirió de libros, visitas a talleres e ingenieros relacionados con los temas, Internet e investigaciones de campo. Con esto se espera que cuando los estudiantes realicen prácticas en la rectificadora no haya peligro absoluto y el aprendizaje sea abundante.

La presente investigación se centra principalmente en el análisis de las superficies de frenado de discos y tambores de frenos después del proceso de rectificación, además presenta información general acerca de este tipo de máquinas, como su composición mecánica, componentes, características técnicas, factores de trabajo, técnicas de trabajo, etc.

En el capítulo 1 se detalla la fundamentación teórica, dónde se explica todo lo referente a las rectificadoras de discos y tambores, su composición mecánica, accesorios, operaciones que se pueden realizar. Expone información acerca de los diferentes ángulos y materiales de las cuchillas o plaquitas, herramienta indispensable para realizar este tipo de trabajo y por último se expone información sobre los frenos de discos y tambores. En el capítulo 2 se desarrolló el análisis de alternativas dónde se seleccionó a la rectificadora Van Norman 103 como la máquina más adecuada para nuestro proyecto.

El capítulo 3, es el capítulo de mayor importancia, debido a que comprende el análisis y el cálculo referente a las diferentes pruebas realizadas en la rectificadora, ya que de los resultados de éste se obtendrán las diferentes conclusiones. Por último en el capítulo 4 se describe detalladamente cada proceso necesario para rectificar un disco o un tambor.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A RECTIFICADORAS, DISCOS Y TAMBORES

1.1. RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES.

Este tipo de rectificadora es un torno que utiliza los mismos principios de funcionamiento que los tornos paralelos convencionales, pero gracias a su diseño y características especiales fue creada para realizar exclusivamente trabajos de mecanizado de discos y tambores de frenos. Se diferencia de los tornos paralelos en que posee menos componentes, su funcionamiento es más sencillo y especializado y realiza únicamente operaciones de cilindrado y refrentado. Entre sus principales características está que no posee contrapunto y el tipo de cuchilla doble que se utiliza para el mecanizado de discos de frenos que actúa en ambas paredes del disco a la vez, logrando un trabajo mucho más preciso y rápido que con un torno ordinario.



Figura 1.1: Rectificadora de discos y tambores.

Fuente: www.equiposyherramientas.com

1.1.1. ESTRUCTURA DE LA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES.

La rectificadora de discos y tambores al igual que el torno en paralelo se compone de 2 estructuras principales, éstas son:

Elementos componentes.- Está conformado por dos elementos que son el cabezal y el carro móvil.

Cadena cinemática.- Genera, regula y transmite todos los movimientos de la rectificadora.

1.1.1.1. Elementos Componentes.

Cabezal.- Es la parte donde se introduce y sujeta el eje. Su movimiento es solidario a la caja de velocidad.

Carro móvil.- Este se moviliza en los ejes o rieles de avance, en éste se sujeta cualquiera de sus dos tipos de porta cuchillas.

1.1.1.2. Cadena Cinemática.

Motor.-Eléctrico de corriente alterna. Este produce el movimiento que hace girar la pieza. Su velocidad de giro es constante.

Caja de velocidades.- Es el conjunto de ruedas dentadas o poleas que determinan el sentido de giro y velocidad del cabezal, es decir, la velocidad que va a tener el eje donde está sujeta la pieza a maquinar. Estas multiplican o desmultiplican la velocidad del motor. La caja de velocidad puede ser húmeda o seca, se conoce como húmeda cuando es lubricada por cualquier tipo de aceite, este tipo de cajas utilizan engranajes o cadenas. Mientras que una caja es seca cuando no utiliza ningún tipo de lubricante, este tipo de cajas utilizan poleas y bandas.

Caja de avance.- Es el conjunto de engranajes que determinan la velocidad de los ejes o rieles de avance donde se asientan los carros móviles, estos engranajes se conectan a una rueda dentada fija del cabezal, es decir, su velocidad depende de la velocidad a la que gire el cabezal. Muchos de estos tipos

de tornos, especialmente los de última generación no poseen caja de avance, y aparte de esto, tienen dos motores de velocidad variable que generan el movimiento de los ejes o rieles de avance independiente al movimiento del eje del cabezal.

Ejes de avance.- Son los que transmiten el movimiento de la caja de avance o de los motores de velocidad variable a los carros móviles. Posee 2 ejes conocidos como X y Z.

1.1.2. ACCESORIOS.

La rectificadora de discos y tambores incluye varios accesorios con los cuales se realizan los diferentes trabajos que este tipo de máquina ofrece.

1.1.2.1. Eje.

Es una barra de metal en la cual se introducen las piezas a mecanizar, el un extremo se introduce en el cabezal y el otro posee la forma de rosca en donde se aloja la tuerca de sujeción.



Figura 1.2: Eje

Fuente: www.gwrauto.com

1.1.2.2. Porta-cuchillas mandrinador de tambores.

Es una barra de fundición de hierro de aproximadamente 40 cm de longitud y 6 cm de grosor, en el extremo de esta se coloca la cuchilla o herramienta de corte,

la cual se asegura por medio de una tuerca. Este tipo de porta-cuchillas se utiliza para la rectificación de tambores.



Figura 1.3: Porta-cuchillas mandrinador de tambores.

Fuente: www.gwrauto.com

1.1.2.3. Porta-cuchillas mandrinador de discos.

Este tipo de porta cuchillas se utiliza para el mecanizado de discos, su diseño le permite alojar 2 cuchillas para realizar un doble refrentado, es decir, en ambas caras del disco de freno a la vez. Está compuesto generalmente por:

- Cuerpo del porta-cuchillas, en este se fijan todos sus componentes, posee una ranura donde se conecta y sujeta al carro móvil.
- 2 micrómetros precisos con mangos cilíndricos que juntan o separan cada una de las cuchillas.
- 2 perillas de fijación, que como su nombre lo indica, fijan las cuchillas cuando se encuentran en la posición deseada.



Figura 1.4: Porta-cuchillas mandrinador de discos.

Fuente: www.gwrauto.com

1.1.2.4. Adaptadores.

Se utilizan tanto para discos como para tambores en diferentes combinaciones dependiendo del tipo de pieza, éstos la posicionan correctamente adaptando sus agujeros al eje y sirven de extensión para que la tuerca de fijación ajuste el conjunto. Existe una gran variedad y tamaño de adaptadores dependiendo de cada rectificadora, entre los principales están adaptadores cónicos, planos y dobles.



Figura 1.5: Adaptadores.

Fuente: www.gwrauto.com

1.1.2.5. Sujetadores.

Al igual que en los adaptadores existe una gran variedad de formas y tamaños en lo que se refiere a los sujetadores de discos y tambores. Por lo general suelen tener forma de campana. Su función es sujetar el conjunto. Se los utiliza en tambores o discos.



Figura 1.6: Sujetadores.

Fuente: www.gwrauto.com

1.1.2.6. Soportes de sujeción.

Estos soportes sujetan a las diferentes porta-cuchillas al carro móvil.



Figura 1.7: Soportes de sujeción.

Fuente: www.gwrauto.com

1.1.2.7. Banda anti vibración.

Es una correa generalmente de hule que tiene como función principal disminuir las vibraciones que ocurren al mecanizar los tambores, además reduce el ruido producido. Únicamente se lo utiliza en tambores de freno.



Figura 1.8: Banda anti vibración.

Fuente: www.gwrauto.com

1.1.3. OPERACIONES DE LA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES.

Las rectificadoras de discos y tambores poseen dos ejes de avance, a cada uno de estos se los conoce como X y Y .El eje Y es paralelo al eje donde se introduce la pieza a maquinar. Mientras que el eje X es perpendicular al eje Y, es decir atraviesa en sentido operario-máquina. Dependiendo de en que eje se moviliza el

carro móvil y en que superficie de la pieza a maquirar se desplaza la herramienta cortante se produce cada tipo de maquinado.

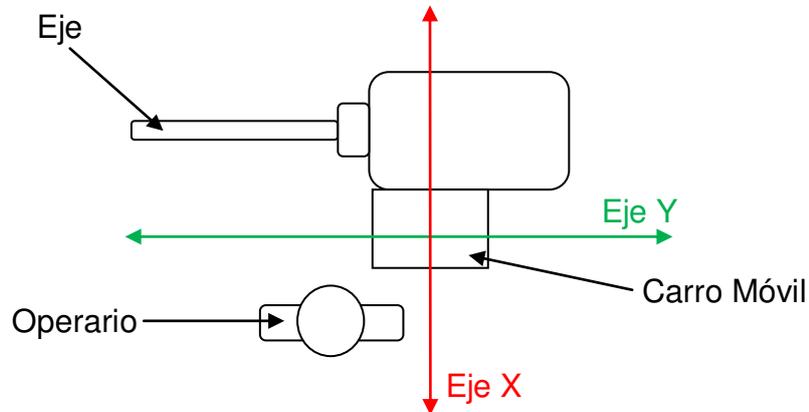


Figura 1.9: Vista superior de la maquina, identificación de ejes X y Y.

Fuente: Grupo Investigador

1.1.3.1. Cilindrado.

El carro móvil (4) se moviliza en el eje Y a lo largo del cilindro desbastando con la cuchilla (5) la medida previamente regulada, de esta manera se crea un nuevo diámetro al cilindro. Este procedimiento se lo conoce como cilindrado.

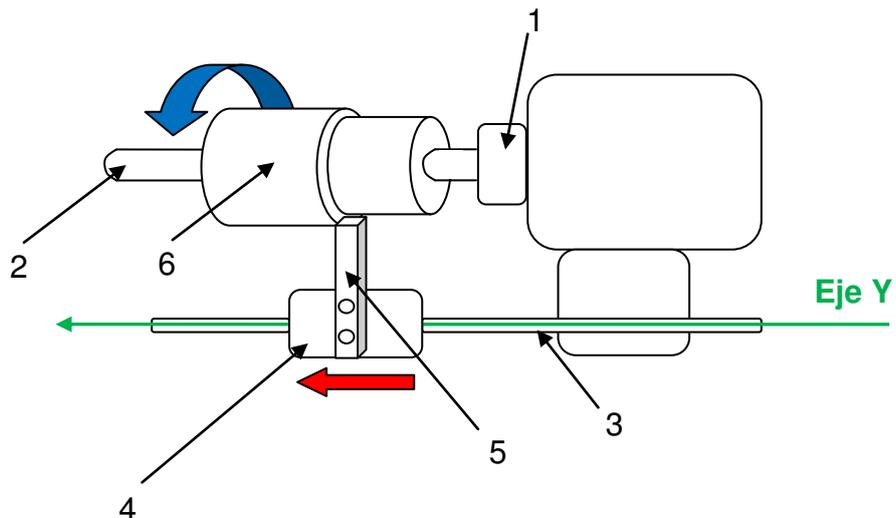


Figura 1.10: Esquema de la operación de cilindrado.

Fuente: Grupo Investigador.

Partes.-

- 1.- Cabezal.
- 2.- Eje.
- 3.-Eje de avance.
- 4.-Carro porta cuchillas.
- 5.-Herramienta Cortante.
- 6.- Cilindro.

Los tambores son cilindros huecos, poseen un diámetro interno y uno externo, el cilindrado en el caso de los tambores ocurre en la superficie interna del tambor, es decir, donde las zapatas tienen contacto con el tambor. Después del cilindrado interno en un tambor, el diámetro interno va aumentar su medida a diferencia de un cilindrado común, el cual disminuye la medida del diámetro externo. El procedimiento es básicamente el mismo que un cilindrado común pero con la diferencia de que la posición de la herramienta cortante cambia.

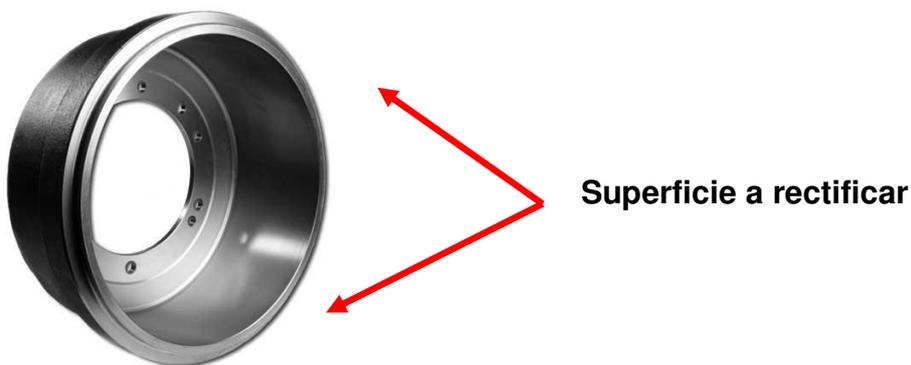


Figura 1.11:Superficie a rectificar de un tambor.

Fuente: Grupo Investigador.

En la rectificación de tambores la herramienta cortante (5) se coloca en la parte interna del tambor (7), el carro móvil (4) se desplaza igualmente en el eje Y. Mientras el tambor gira a un cierto número de revoluciones la cuchilla (6) va rectificando la cara interna del tambor y aumentando su diámetro interno.

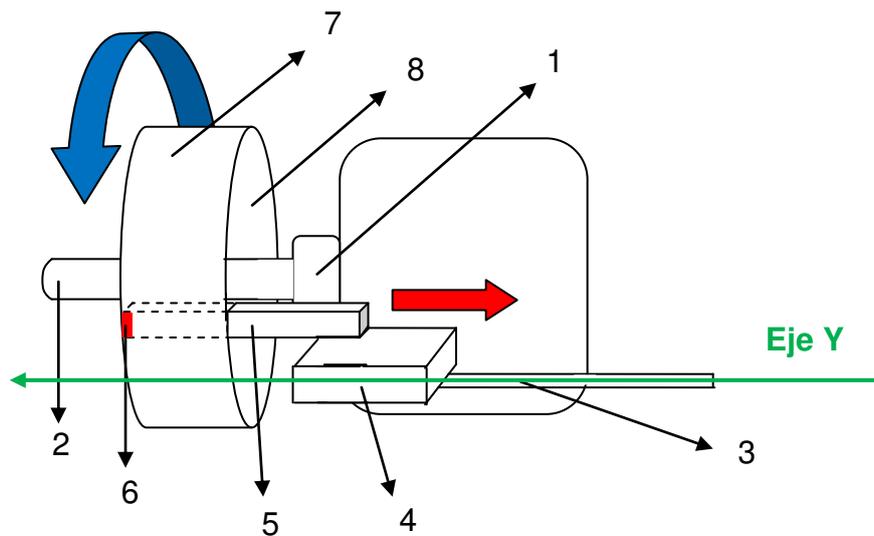


Figura 1.12: Esquema de la operación de cilindrado interno.

Fuente: Grupo Investigador.

Partes.-

- 1.- Cabezal.
- 2.-Eje.
- 3.-Eje de avance.
- 4.-Carro móvil.
- 5.-Herramienta Cortante.
- 6.-Cabeza de la herramienta cortante.
- 7.- Superficie externa del tambor.
- 8.- Superficie interna del tambor.

1.1.3.2. Refrentado.

Refrentado se conoce al proceso de rectificación del extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro. La cuchilla avanza desde el centro hacia afuera, por el eje X. Los discos de frenos son cilindros de poco grosor y el refrentado ocurre en sus dos extremos. Gracias al porta-cuchillas mandrinador de discos que posee la rectificadora de discos y tamboros se pueden maquinar las dos superficies del disco a la vez.

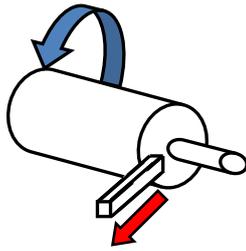


Figura 1.13: Esquema de cilindrado común.

Fuente: Grupo Investigador.

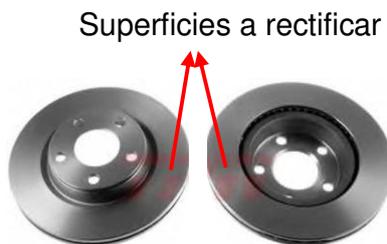


Figura 1.14: Superficie a rectificar en los discos de frenos.

Fuente: Grupo Investigador.

El porta-cuchillas mandrinador de discos (5) se sujeta al carro móvil (4) y se desplaza por el eje de avance (3). Gracias a su porta-cuchillas doble puede realizar un doble refrentado, es decir, rectifica los dos extremos del disco a la vez.

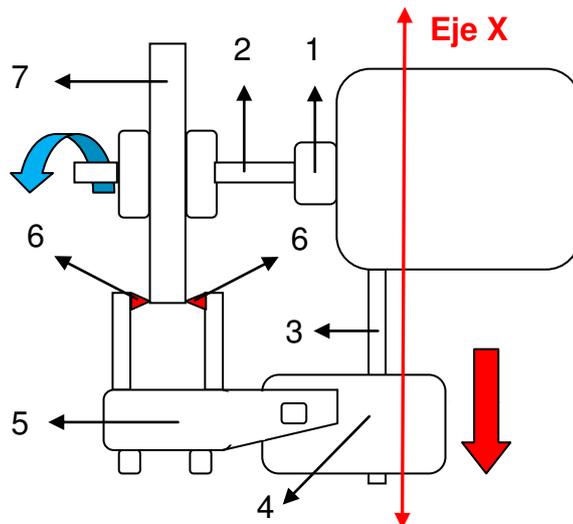


Figura 1.15: Esquema de la operación de cilindrado doble.

Fuente: Grupo Investigador.

Partes.-

- 1.- Cabezal.
- 2.-Eje.
- 3.-Eje de avance.
- 4.-Carro móvil.
- 5.-Porta-cuchillas mandrinador de discos.
- 6.-Cuchillas.
- 7.-Disco.

1.1.4. FACTORES DE TRABAJO DE LA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES.

1.1.4.1. Velocidad de giro.

Es la velocidad con la que gira el eje de la rectificadora, generalmente se expresa en revoluciones por minuto (R.P.M) y se la conoce como n, dependiendo de la rectificadora, éstas pueden tener una o varias velocidades de giro.

1.1.4.2. Movimiento de corte.

Este movimiento determina un desplazamiento relativo de la cuchilla sobre la pieza maquinada. La velocidad lineal del punto donde están en contacto la herramienta de corte con la pieza a maquinar se conoce como velocidad de corte, ésta se expresa en m/minuto y se determina por la siguiente fórmula:

$$V_c = \frac{n \times \pi \times d}{1000} \qquad \text{Ecuación 1.1}$$

Donde:

Vc: velocidad de corte

n: velocidad de giro

d: diámetro de la pieza

1.1.4.3. Movimiento de avance.

Es el movimiento que traza la herramienta de corte a lo largo de la superficie a ser rectificada. La mayoría de rectificadoras de discos y frenos tienen una gama fija de velocidades de avance. Suele expresarse en milímetros por minuto, conocido como avance por minuto (f), también se puede expresar en milímetros por revolución, conocido como avance por revolución (f_n).

El avance por minuto se determina por la siguiente fórmula:

$$f = f_n \times n \quad \text{Ecuación 1.2}$$

1.1.4.4. Profundidad de pasada.

Determina la cantidad de material que es desprendido por cada pasada al mecanizar la pieza. Se la conoce como P y se expresa en mm.

1.1.4.5. Tiempo Principal.

Es el tiempo total que demora el procedimiento de torneado. Se determina por la siguiente fórmula:

$$t_p = \frac{\pi \cdot d \cdot gr \cdot i}{1000 \cdot vc \cdot v} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Donde:

t_p = Tiempo principal en min.

d = Diámetro antes de torneado en mm.

gr = Longitud de torneado en mm.

i = Número de pasadas.

vc = Velocidad de corte.

v = Velocidad de avance en mm/vuelta.

1.2. HERRAMIENTA DE CORTE.

Es el elemento que hace contacto con la superficie del disco o tambor, su función es desbastar la superficie de estos. La dureza de este elemento debe ser mayor a la de la pieza a rectificar para poder realizar su trabajo. Existen un sin número de formas y materiales de herramientas de corte para incontables funciones. Dependiendo de cómo esté constituida existen 4 tipos de herramientas de corte.

Entera.- Cuando toda la herramienta es de un solo material.

Soldada.- Cuando posee dos materiales soldados, uno para la parte de sujeción o trasera y otro para la parte delantera.

De plaquita soldada.- La plaquita que realiza el corte es soldada al cuerpo de la herramienta.

De plaquita intercambiable.- La plaquita que realiza el corte se sujeta al cuerpo de la herramienta mecánicamente.

Los dos primeros tipos de herramientas de corte no suelen ser utilizados en las rectificadoras de discos y tambores. La herramienta de corte con plaquita soldada también ha ido disminuyendo su uso ya que es mucho más rentable y sencillo cambiar una plaquita desgastada que volverla a afilar.

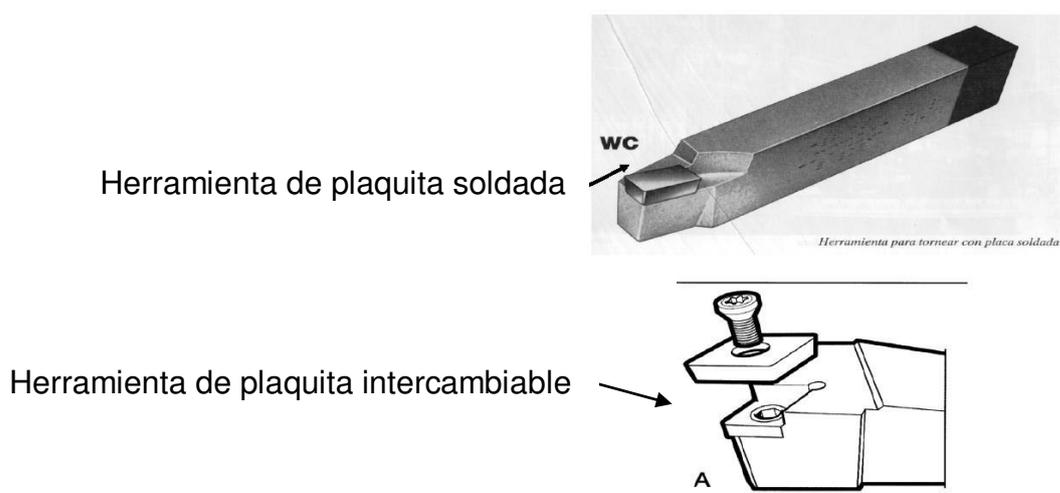


Figura 1.16: Herramientas de corte.

Fuente:<http://es.scribd.com/doc/7233506/Herramientas-de-Corte>

En el caso de las rectificadoras de discos y tambores las herramientas de corte deben cumplir las siguientes características:

- Rigidez, es decir soportar fuerzas de corte sin deformarse.
- Buena disipación de temperatura.
- Dureza y resistencia al desgaste.
- Ser rentables.
- Facilitar un cambio de herramienta rápido y eficaz.
- Evacuar fácilmente la viruta de la zona.

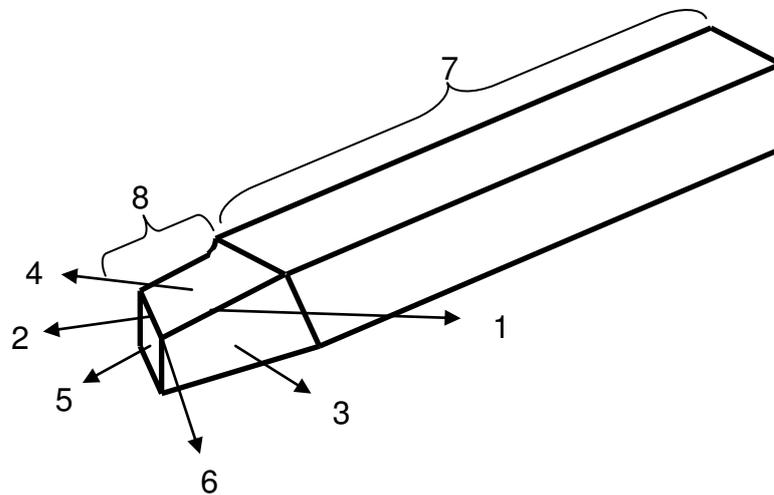


Figura 1.17: Esquema de una herramienta de corte.

Fuente: Grupo investigador.

Partes.

- 1.-Filo principal.
- 2.-Filo secundario.
- 3.-Superficie de incidencia.
- 4.-Superficie de ataque.
- 5.-Superficie de incidencia secundaria.
- 6.-Punta.
- 7.-Vástago.
- 8.-Cabeza.

Las partes de mayor importancia en la herramienta de corte son:

Superficie de ataque.- Es por la cual fluye la viruta.

Superficie de incidencia.- Es la superficie de la herramienta frente a la cual pasa la superficie generada en la pieza.

Filo principal.- Es la parte del filo que ataca la superficie transitoria en la pieza.

Punta.- Es la intersección de los fillos principal y secundario, puede ser redondeada.

1.2.1. ÁNGULOS PRINCIPALES.

- Ángulo de incidencia (α).
- Ángulo de filo (β).
- Ángulo de desprendimiento (γ).
- Ángulo de inclinación (λ).

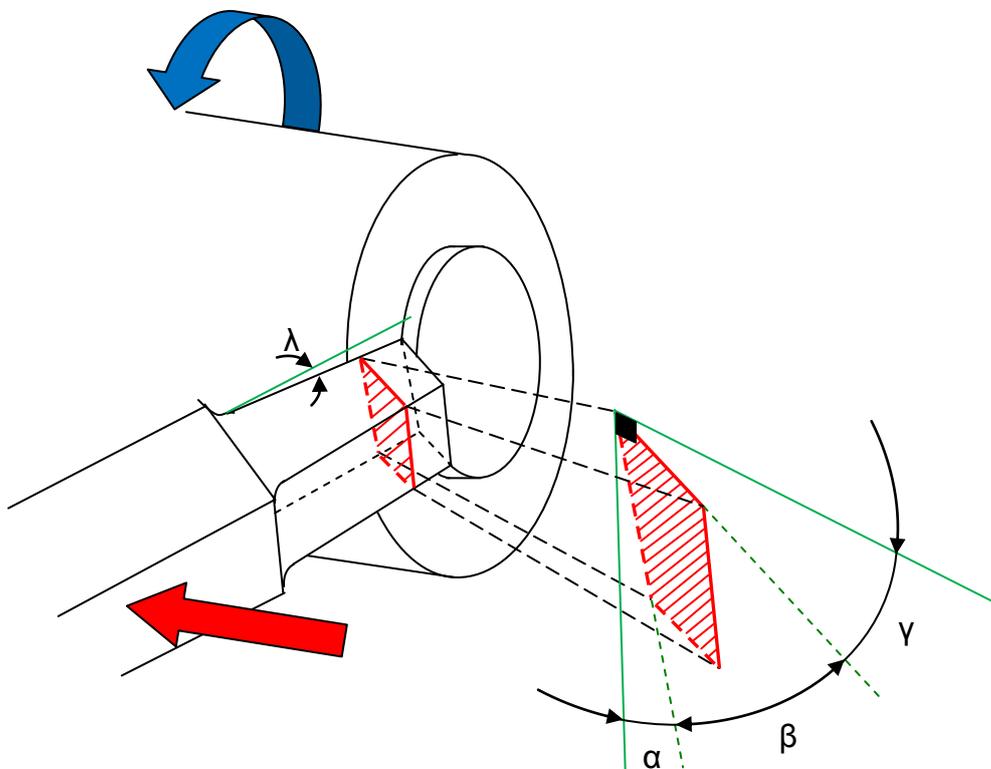


Figura 1.18: Ángulos principales.

Fuente: Grupo investigador.

La suma de los ángulos de incidencia, filo y desprendimiento son igual a 90°.

$$\alpha + \beta + \gamma = 90$$

Ecuación 1.4

Ángulo de incidencia α .- Está formado por la superficie de incidencia y la superficie mecanizada de la pieza. Su función es evitar el rozamiento entre éstas dos superficies.

Ángulo de filo β .- Está formado por la superficie de ataque y la superficie de incidencia. Influye en la robustez de la herramienta. Mientras menor es este ángulo penetra mejor en la pieza pero mayor es el riesgo a quebrarse.

Ángulo de desprendimiento γ .- Este ángulo influye en la potencia y los esfuerzos de corte así como en tipo de viruta, su valor es la diferencia de 90 con la suma de los ángulos de incidencia y filo. Se forma desde la superficie de ataque. En algunos casos este ángulo puede ser negativo, se lo conoce como negativo cuando la suma de los ángulos de incidencia y filo son igual a 90 y el ángulo de desprendimiento no es igual a 0.

Ángulo de inclinación λ .- Es un ángulo de inclinación que se forma con la línea que atraviesa el filo principal de la herramienta con la arista que se le antepone de mayor longitud del vástago. Este ángulo orienta la salida de viruta, puede ser positivo negativo o igual a cero.

1.2.2. ÁNGULOS SECUNDARIOS.

- Ángulo de posición principal (κ)
- Ángulo de posición secundario (κ')
- Ángulo de punta (ϵ)

La suma de estos tres ángulos es igual a 180°.

$$\epsilon + \kappa + \kappa' = 180$$

Ecuación 1.5

Ángulo de posición principal κ .- Está formado por el filo principal de la herramienta y el plano tangencial de la pieza trabajada. Influye en las dimensiones de la viruta y hace que la entrada y salida de la herramienta sea de forma gradual.

Ángulo de posición secundario κ' .- Está formado por el filo secundario de la herramienta y el plano tangencial de la pieza trabajada. Controla el acabado superficial y evita el rozamiento de la superficie de incidencia secundaria con la superficie trabajada de la pieza.

Ángulo de punta ϵ .-Está formado por el filo principal y el filo secundario. Influyen en su tenacidad y la accesibilidad de la herramienta.

1.2.3. PLAQUITAS INTERCAMBIABLES

Son las más utilizadas en la actualidad en todo tipo de tornos por su facilidad de uso ya que, cuando se desgastan, se las puede cambiar rápidamente. En el caso de la rectificadora de discos y tambores es usada tanto en el porta-cuchillas mandrinador de discos como en la herramienta de corte. Sus ángulos son los mismos que se detallan en la herramienta de corte. La Norma ISO/ANSI identifica a cada tipo de plaquita, esta se detalla en el anexo 2.

1.2.4. MATERIALES DE LAS PLAQUITAS.

Los materiales más utilizados en las herramientas de corte para rectificadoras de discos y tambores son:

- Metales duros o carburos.
- Metales duros recubiertos o carburos recubiertos.
- Cerámicas.

1.2.4.1. Metales Duros.

Se obtienen por la sinterización de polvos de carburos con diferentes elementos más uno o varios aglomerantes. Generalmente se fabrican en forma de plaquita intercambiable.

Sinterización.- f.METAL. Procedimiento de elaboración de piezas a partir de polvo del material que compone dicha pieza. Incluye tres operaciones: compresión, sinterización propiamente dicha y calibrado. La segunda consiste en calentar el comprimido a una temperatura inferior a la de fusión de todos los componentes a fin de facilitar la ligadura entre las partículas del polvo. Luego la pieza se deja enfriar para ser posteriormente calentada a una temperatura superior, con el fin de conferirle una dureza permanente. ¹

Los metales duros se clasifican por su composición química en monocarburos, bicarburos, tricarburos.

Monocarburos.- Son polvos de carburos sinterizados con un elemento, este puede ser titanio (Ti), tungsteno (W) y tántalo (Ta), como aglomerante se utiliza el cobalto (Co) o el Níquel (Ni). Formando así el carburo de titanio (TiC), carburo de tungsteno más conocido como widia(WC) y carburo de tántalo (TaC).

Bicarburos.- Están compuestos por dos monocarburos. El Co es el aglomerante básico. *Ejemplo:* WC + TiC con liga de Co.

Los bicarburos poseen menor coeficiente de fricción que los monocarburos y además son más frágiles.

Tricarburos.- Están compuestos por los tres monocarburos. El Co, o el Ni son los aglomerantes.

Ejemplo: WC +TiC + TaC; con liga de Ni.

Algunas de las características de los diferentes metales duros son las siguientes:

- Elevada dureza y por lo tanto mayor fragilidad.
- Elevada dureza en caliente.
- Generalmente pierden su dureza a partir de los 1200 °C.
- Poseen una gran resistencia al desgaste, 10 veces mayor que la del acero.

¹ Eduardo Cárdenas, *Diccionario Comprensivo de la Lengua Española*, EdinalLtda, p. 438.

- El TiC aumenta su resistencia térmica y su resistencia al desgaste pero también aumenta su fragilidad.
- El cobalto, aumenta la ductilidad pero disminuye la dureza y la resistencia al desgaste.
- El control de la temperatura al mecanizar con metales duros es sumamente importante, ya que en el mecanizado de aceros corrientes la viruta se adhiere a los monocarburos a temperatura de 625-750 °C y en los bicarburos a una temperatura de 775-875 °C.

1.2.4.2. Metales Duros Recubiertos.

A través de procesos químicos llamados deposición química de vapor o deposición física de vapor se depositan delgadas capas de materiales sobre la superficie de metales duros (sustratos) con el fin de mejorar sus propiedades. Los materiales que se usan generalmente para recubrir estos tipos de sustratos son:

- Carburo de titanio (TiC)
- Nitruro de Titanio (TiN)
- Carbo – Nitruro de Titanio (TiCN)
- Oxido de aluminio (Al₂O₃)

Sus características son:

- Presentan mejoras en relación al los metales duros sin recubrimiento.
- Mayores velocidades de corte.
- Mayor resistencia a altas temperaturas.
- Mayor resistencia al desgaste por abrasión.
- Resistencia a la craterización.
- Mayor vida útil.
- Mejores propiedades de fricción.

El Óxido de aluminio es uno de los más utilizados ya que sus beneficios son mayores que los demás recubrimientos, aunque es sumamente quebradizo. Los

carburos recubiertos con diamante mejoran la vida de la herramienta 10 veces más sobre otros carburos recubiertos, este tipo de carburo recubierto es muy efectivo en el maquinado de materiales abrasivos, tales como las aleaciones de aluminio conteniendo silicio, fibra reforzada y grafito.

1.2.4.3. Cerámicas

Son tipos de materiales no metálicos compuestos por óxido de aluminio (Al_2O_3) o nitruro de silicio (Si_3N_4). Poseen muy buenas prestaciones para los trabajos de mecanizado por su capacidad de trabajar a altas velocidades, su desventaja y mayor característica es su extrema fragilidad comparados con los aceros rápidos y los carburos.

Características principales:

- La resistencia a la compresión es mucho más alta que los Aceros rápidos y carburos.
- Alta resistencia para ligeros cortes sobre materiales muy duros.
- Extremadamente alta resistencia al desgaste abrasivo y craterización.
- Extremadamente alta dureza en caliente.
- Baja conductividad térmica.

Las cerámicas de óxido de aluminio son las más utilizadas, se dividen en dos tipos básicos de fabricación: los cerámicos presionados en caliente y los presionados en frío. Ambos son creados bajo presiones sumamente altas y poseen una dureza similar.

Cerámicos presionados en caliente.-Usualmente son de color gris, sus granos son presionados bajo muy altas temperaturas. Poseen mayor resistencia.

Presionados en frío.- Usualmente de color blanco, sus granos son presionados a baja temperatura. Para lograr la unión necesaria los billetes son sinterizados. Este procedimiento es similar a la manufactura del carburo, excepto que el material

ligante que se usa no es metálico. Podemos encontrar herramientas de óxido de aluminio puras o mixtas.

Puras.- Compuestas únicamente por óxido de aluminio o algunas veces con pequeñas adiciones de óxido de circonio, tienen relativamente baja resistencia, tenacidad y conductividad térmica, con lo cual las aristas de corte son frágiles. El óxido de circonio aumenta la tenacidad, la dureza, la densidad y la uniformidad en el tamaño del grano. La cerámica pura puede ser blanca o gris dependiendo de su fabricación.

Mixtas o Cermets.- Son básicamente una combinación de cerámicos y metal.

1.3. FRENO DE DISCO.

El sistema de frenos de discos utiliza un componente móvil que es el disco y uno estático que son las pastillas. Estos dos componentes al momento de accionarse friccionan entre sí, generando el frenado del vehículo. Como la superficie de fricción en los discos de freno es menor que la del sistema de freno con tambor, las pastillas tienen que producir una mayor fuerza de sujeción, generando mayor fricción y por lo tanto mayor temperatura. Los discos deben ser capaces de evacuar la temperatura rápidamente, esto se logra por su mayor superficie libre expuesta al entorno y a sus diferentes diseños de ventilación. Los materiales más utilizados en la fabricación de discos de freno son fundición de hierro con grafito esferoidal y fundición gris ya que garantiza una estabilidad de las prestaciones durante el período de vida de los discos.

Entre las propiedades que deben presentar están:

- Buena resistencia al desgaste por abrasión.
- Resistencia al desgaste por calor elevado.
- Resistencia a la deformación.
- Buena conductividad térmica.

Tabla 1.1: Propiedades de las fundiciones de hierro con grafito esferoidal utilizadas para la construcción de discos de freno.

Designación	GGG 50	GGG 60	GGG 70
Resistencia a la tracción N/mm ²	500	600	700
Densidad Kg/dm ³	7,2	7,2	7,3
Punto de fusión °C	1400	1400	1400
Alargamiento %	7	2	5
Carbono %	3,8	3,5	3,5
Materiales de aleación %	----	----	----

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

Tabla 1.2: Propiedades de las fundiciones de hierro con grafito laminar (fundición gris).

Designación	GG 20	GG 25	GG 30	GG 40
Resistencia a la tracción N/mm ²	200	250	300	400
Densidad Kg/dm ³	7,25	7,25	7,25	7,25
Punto de fusión °C	1200	1200	1230	1250
Alargamiento %	----	----	----	----
Carbono %	3,2...3,4	2,8...3,2	2,6...3,0	2,6...3,0
Materiales de aleación %	1,6...2 Si	1,8 Si	1,2...1,6 Si	1,2...1,6 Si

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

Las pastillas están formadas por un forro pegado con adhesivo a un soporte de acero. Suelen utilizarse forros con aglomerante orgánico y en casos especiales forros sinterizados. En los forros con aglomerante orgánico se utilizan materiales de fricción metálicos, cerámicos u orgánicos aglomerados con una materia

orgánica como caucho o resinas sintéticas. Se pueden calentar hasta unos 750°C e incluso 950 °C por poco tiempo, su coeficiente de rozamiento es de 0,25 a 0,5.

En el Ecuador tenemos una gran variedad de marcas de PASTILLAS, algunas de estas son Coreanos ACdelco, Japoneses Kashima, Americanos Raybesto, Brasileños Fremax Varga. Los últimos mencionados son los más usados en la ciudad de Quito Ecuador ya que poseen buenas prestaciones, el precio es accesible y tiene una duración aproximada de 120.000 km realizando las respectivas rectificaciones.

1.3.1. DIMENSIONES.

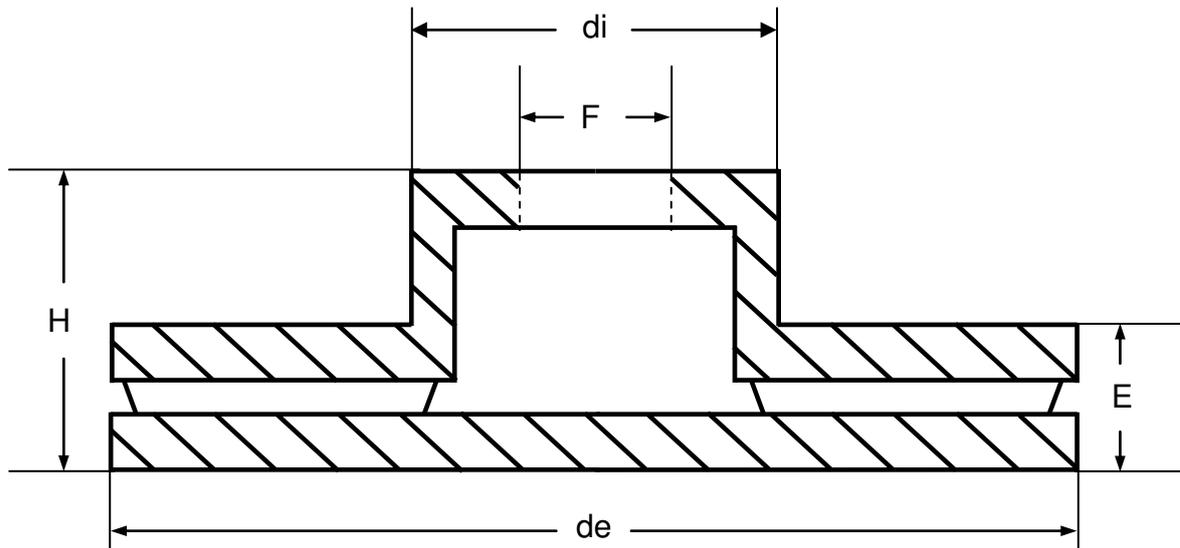


Figura 1.19: Gráfico de disco en corte.

Fuente: Grupo investigador.

E.- Espesor de la pista.

H.- Altura total.

F.- Diámetro agujero central.

de.- Diámetro externo.

di.- Diámetro interno.

1.4. FRENO DE TAMBOR.

El freno de tambor es un freno de rozamiento giratorio, está compuesto por el tambor, el portafrenos, las zapatas y los mecanismos de accionamiento. El tambor está firmemente sujeto a las ruedas del vehículo y gira con ellas, el portafrenos es la estructura que sostiene a los mecanismos de accionamiento y las zapatas, este permanece inmóvil y fijo al chasis, los mecanismos de accionamiento como su nombre lo menciona son aquellas partes que provocan el movimiento de las zapatas. Las zapatas son los componentes que friccionan contra la parte interna del tambor para ocasionar la fuerza de frenado sobre el vehículo.

Los frenos de tambor tienen como ventajas una mejor protección contra la suciedad ya que su propio diseño mantiene aislado del medio ambiente sus componentes, y una mayor fuerza de frenado ya que el área de superficie que entra en contacto al frenar es mayor. Como su desventaja principal esta la mala disipación de calor, la cual puede causar el cese del efecto de frenado.

Los tambores son una parte sumamente importante para la seguridad, estos deben soportar grandes exigencias ya que en su parte interior es donde se provoca la fricción que ocasiona el frenado.

Las propiedades que debe poseer el tambor son:

- Buena resistencia al desgaste por abrasión.
- Resistencia al desgaste por calor elevado.
- Resistencia a bloquearse.
- Resistencia a la deformación.
- Buena conductividad térmica.

Por su elevada resistencia al desgaste y menor costo de fabricación los materiales más utilizados en la elaboración de tambores son fundiciones de hierro resistentes al calor como fundición con grafito esferoidal y fundición maleable blanca.

Tabla 1.3: Propiedades de las fundiciones de hierro con grafito esferoidal utilizadas para la construcción de tambores de freno.

Designación	GG 50	GGG 60	GGG 70
Resistencia a la tracción N/mm ²	500	600	700
Densidad Kg/dm ³	7,2	7,2	7,3
Punto de fusión °C	1400	1400	1400
Alargamiento %	7	2	5
Carbono %	3,8	3,5	3,5
Materiales de aleación %	----	----	----

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

Tabla 1.4: Propiedades de las fundiciones maleables blancas utilizadas para la construcción de tambores de freno.

Designación	GTW 35	GTW 40	GTW 65
Resistencia a la tracción N/mm ²	350	400	650
Densidad Kg/dm ³	7,4	7,4	7,4
Temperatura de recocido °C	900	950	1050
Alargamiento %	4	5	3
Carbono %	----	----	----
Materiales de aleación %	----	----	----

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

Las zapatas generalmente están hechas de fundición de aluminio o chapa de acero, poseen un forro el cual es el que entra en contacto con el tambor. Este forro está compuesto por tejidos de amianto o tejidos metálicos como Zn o aleaciones de CuZn. Estos se prensan y endurecen con materiales aditivos como amianto, grafito molido, polvos metálicos y aglomerantes de resinas sintéticas. Cuando la sollicitación es muy grande se utilizan materiales de fricción sinterizados, estos contienen hierro sinterizado aglomerados con resina sintética. Los forros pueden ir remachados o pegados. Como propiedades presentan:

- Gran resistencia y conductibilidad térmica.
- Pequeña sensibilidad al agua y al aceite.
- Alto coeficiente de rozamiento.
- Gran resistencia a la abrasión.

En el Ecuador encontramos tambores de nacionalidad y marcas muy variadas, entre las más populares tenemos Coreanos ACdelco, Japoneses Kashima, Americanos Raybesto y Brasileños Fremax Varga. Los últimos mencionados son los más usados en Quito ya que poseen buenas prestaciones, el precio no es muy elevado y tiene una duración aproximada de 160.000 km.

1.4.1. DIMENSIONES.

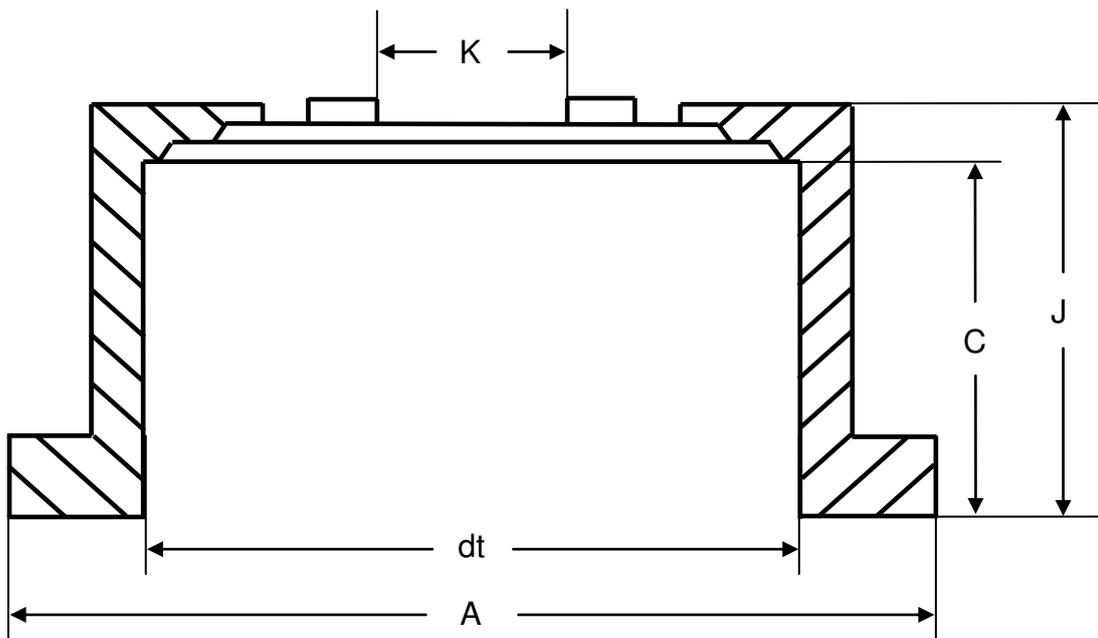


Figura 1.20: Gráfico de tambor en corte.

Fuente: Grupo investigador.

A.- Diámetro externo.

dt.- Diámetro interno.

C.- Ancho de la pista.

J.- Altura total.

K.- Diámetro agujero central.

1.5. DAÑOS EN FRENOS DE TAMBOR Y DISCO.

Tanto tambores como discos están expuestos a sufrir diversos daños, los más comunes se mencionan a continuación.

1.5.1. CRISTALIZACION.

Se genera por el uso excesivo del freno, esto causa un aumento de temperatura tal, que logra cambiar la estructura superficial del material del disco o tambor, únicamente se puede rectificar si el daño es leve, sino se debe cambiar por uno nuevo. Se reconoce a un disco o tambor cristalizado porque su superficie de frenado presenta una gama de colores azules. En algunos casos la excesiva temperatura puede cambiar de estado a la resina de las pastillas o zapatas de sólido a líquido, esta resina se endurece en la superficie de fricción, dañando así las pastillas o zapatas y el disco o tambor respectivamente. Para poder componer este tipo de daño se recomienda cambiar las pastillas o zapatas y rectificar el disco o tambor.

1.5.2. ROTURA

Se llama rotura al surgimiento de grietas en la superficie de frenado. Esto suele suceder por cambios de temperatura bruscos, mal montaje o calibración del freno o por utilizar un tambor o disco que hayan excedido sus medidas límites. En este caso se debe cambiar el disco o tambor obligatoriamente.

1.5.3. ALABEADO Y OVALAMIENTO.

Se genera cuando se utiliza de una manera muy agresiva el freno, esto produce un exceso de temperatura, que sumada a la fuerza que generan las pastillas o zapatas sobre el disco o tambor, provocan que su estructura se deforme. Ocasionando vibración al frenar y menor fricción de frenado. En el caso de los discos de freno ocurre el alabeado, mientras que en los frenos de tambor el ovalamiento.

La forma más común con la que se identifica este problema es a través de una prueba de funcionamiento del freno del vehículo en marcha, el ovalamiento en el tambor produce que el pedal tienda a saltar levemente y genera un sonido entrecortado, mientras que en el freno de disco produce una vibración tanto en el volante como en el pedal al momento de aplicar el freno.

La forma más segura de determinar este problema en el tambor es medir el diámetro en el eje X y en eje Y con la ayuda de un compás y comparar las dos medidas, si existe diferencia quiere decir que el tambor está ovalado. Para saber si es posible rectificar el tambor ovalado, hay que verificar que la medida del eje de mayor tamaño no sobrepase el límite máximo establecido por el fabricante, caso contrario se debe reemplazar por uno nuevo.

En el caso del disco se utiliza un reloj palpador para determinar el alabeado, para esto se coloca el disco en el eje de la rectificadora y se hace contacto entre la varilla del reloj palpador con la superficie de frenado del disco, si el reloj palpador marca un valor al hacer girar el disco, significa que éste está ovalado. Para determinar si es posible rectificar un disco alabeado, se tiene que verificar que las medidas de ambos lados que marca el palpador no sobrepasen la medida mínima establecida por el fabricante.

1.5.4. RAYADO

Este tipo de daño se da por la mala instalación y/o baja calidad de las pastillas o zapatas, pastillas o zapatas de un material más duro que el disco o tambor, interposición de materiales externos como pequeñas piedras o cuando el forro de las pastillas o zapatas se ha desgastado y ha hecho contacto metal con metal. Dependiendo de la intensidad del rayado se puede solucionar este problema rectificando los discos.

CAPITULO 2

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

A través de un análisis dentro de este capítulo se determinará cuál de las tres opciones que se presentan, reúne las mejores características para nuestros propósitos.

2.1. PARÁMETROS PARA LA ELECCIÓN DE LA MÁQUINA.

A continuación se detallan los parámetros que se han considerado de mayor importancia para determinar qué rectificadora se adapta de mejor manera a las necesidades tanto de la investigación como de los autores.

2.1.1. UTILIDAD.

Para este parámetro se tomará en cuenta las diferentes funciones y aplicaciones que cumpla cada máquina, así como también la variedad de tipos y medidas de discos y tambores que es capaz de rectificar. Mientras más posibilidades de trabajo posee una máquina, se la considerará de mayor utilidad, teniendo en cuenta siempre que estas posibilidades satisfagan la mayoría de las necesidades, tanto de la investigación como de los alumnos de la Universidad Internacional del Ecuador. También se tomará en cuenta en este parámetro la calidad y la clase de tecnología que posee cada máquina.

2.1.2. COSTO.

El costo es siempre un factor muy importante, mientras menor sea este, será más asequible. Teniendo en cuenta que este tipo de máquinas tienen un valor elevado, este factor sería muy relevante. En los costos que se mencionan se toma en cuenta una restauración mecánica, electrónica y compra de accesorios faltantes.

2.1.3. MANTENIMIENTO.

Como toda máquina, esta necesita un mantenimiento periódico, tenemos que tener en cuenta que este no sea muy costoso ni complejo.

2.1.4. DIMENSIONES.

Es un parámetro importante ya que el espacio disponible dentro de la facultad de mecánica automotriz es limitado debido a la gran variedad de máquinas y herramientas que posee. Es decir, en este factor la máquina más apropiada, será la más compacta.

2.1.5. PESO.

Se ha considerado el peso especialmente para su traslado, sea de donde ésta se encuentre hacia la Universidad, como dentro de ella.

2.2. ALTERNATIVA 1. RECTIFICADORA DE TAMBORES AMMCO PARA CAMIONES.

Esta rectificadora realiza únicamente cilindrados. Es un torno para rectificar tambores de camión, autobús tracto-camión y equivalentes posee un adaptador para tambores pequeños, trabaja con un voltaje de alimentación de 220. Posee dos velocidades de avance, rápida y lenta.

2.2.1. FUNCIONAMIENTO.

Tiene un motor eléctrico de gran potencia, este transmite a la caja de velocidades donde se escogen dos posibles engranajes, uno de mayor y otro de menor velocidad. Posee una caja de velocidades húmeda, dependiendo qué engranaje se seleccione se determina qué velocidad tendrá el eje. Posee dos velocidades de avance, una rápida y una lenta.

El movimiento del carro móvil se desplaza a lo largo del eje Z, es decir, solo realiza trabajos de cilindrada. El gran volumen del eje puede soportar tambores de gran tamaño y peso, como de buses camiones o tractores.

2.2.2. ESQUEMA.

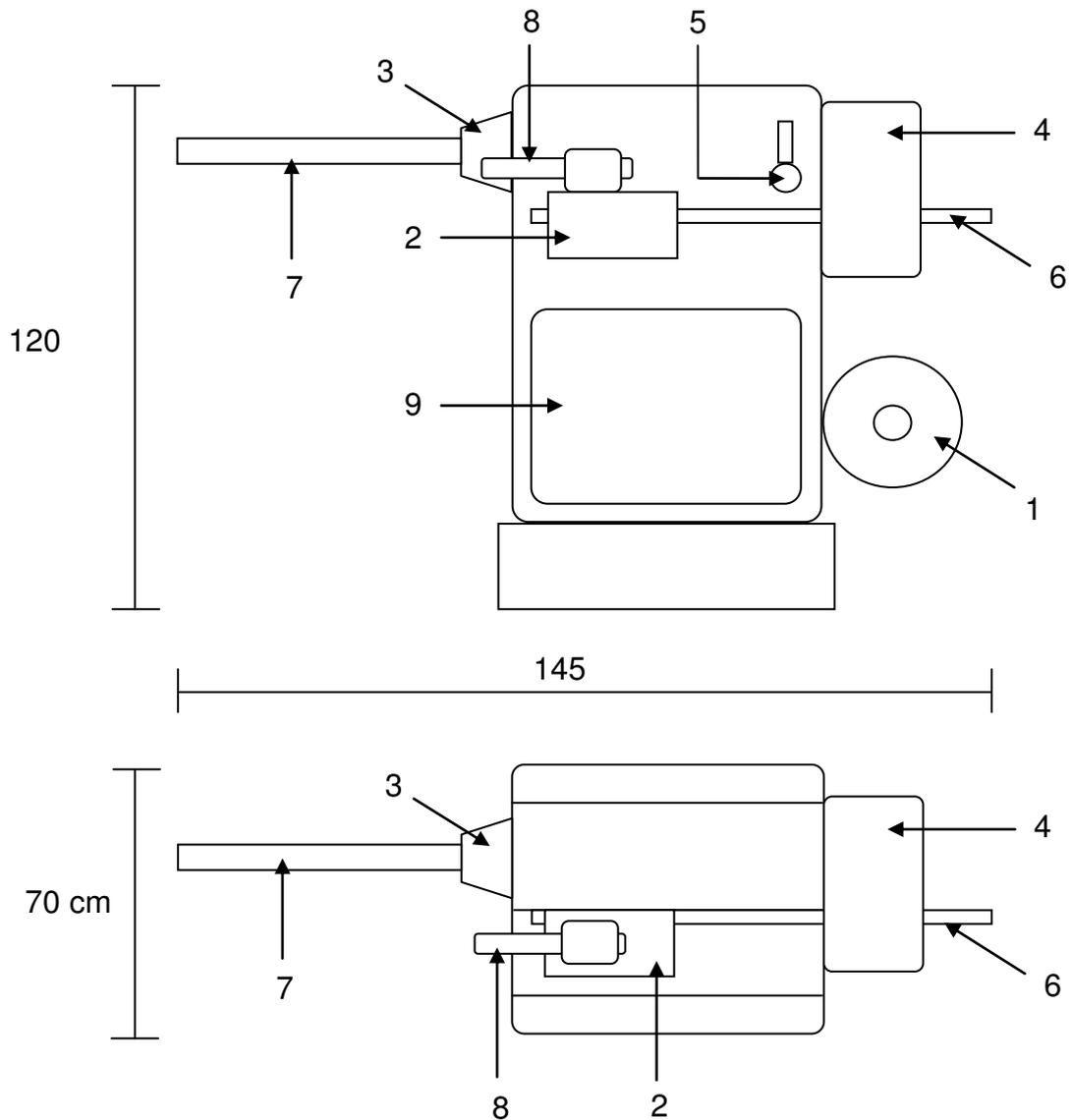


Figura 2.1: Esquema de rectificadora de tambores AMMCO para camiones.

Fuente: Grupo Investigador.

Partes.-

1. Motor eléctrico.
2. Carro móvil.
3. Cabezal.
4. Caja de avance.
5. Selector de velocidad de avance.
6. Eje de avance.
7. Eje.
8. Herramienta de corte.
9. Caja de velocidades.

2.2.3. COSTO DE LA MÁQUINA.

Tabla 2.1: Resumen de costos.

Costo de máquina en su estado actual.	1700 \$
Costo de restauración de máquina.	1000 \$
Costo total.	2700 \$

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

2.2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

2.2.4.1. Ventajas.

- Tiene un costo de \$1.700.
- Rectifica tambores de vehículos pesados y livianos.
- Su restauración es relativamente económica.
- Marca Americana reconocida por su calidad.
- Fácil obtención de repuestos.
- Su mantenimiento es sencillo y económico debido a que todo su funcionamiento es mecánico.

2.2.4.2. Desventajas.

- Solo rectifica tambores.
- Únicamente posee dos velocidades de avance.
- Únicamente posee dos velocidades de giro.
- Posee caja de velocidad húmeda.
- Es de grandes dimensiones.
- Gran peso.
- Su acabado es de menor precisión debido a que es una máquina con tecnología de los años 80s.

2.3. ALTERNATIVA 2. RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN 103.

Es la rectificadora más moderna de las tres opciones. Ésta rectificadora realiza trabajos de refrentado, doble refrentados y cilindrado. Mecaniza discos y tambores de vehículos livianos, es una máquina compacta de funcionamiento sencillo, trabaja con un voltaje de alimentación de 110 voltios, posee dos tipos de herramientas de corte, un porta cuchillas mandrinador de discos y una herramienta de corte de plaquita intercambiable.

2.3.1. FUNCIONAMIENTO.

El motor eléctrico genera el movimiento, su velocidad de giro es constante. Con la ayuda de la caja de velocidades se puede multiplicar o desmultiplicar la velocidad del motor y determinar el sentido de giro del eje. Esta caja permite tres velocidades y funciona sin necesidad de lubricantes es decir que es una caja de velocidades seca. Como caja de avance posee dos motores de velocidad variable de corriente continua que generan el movimiento del carro móvil en el eje X y Z dependiendo de la operación a realizar. La velocidad de los motores de velocidad variable se determina con un potenciómetro que se encuentra en el tablero de operaciones.

2.3.2. ESQUEMA.

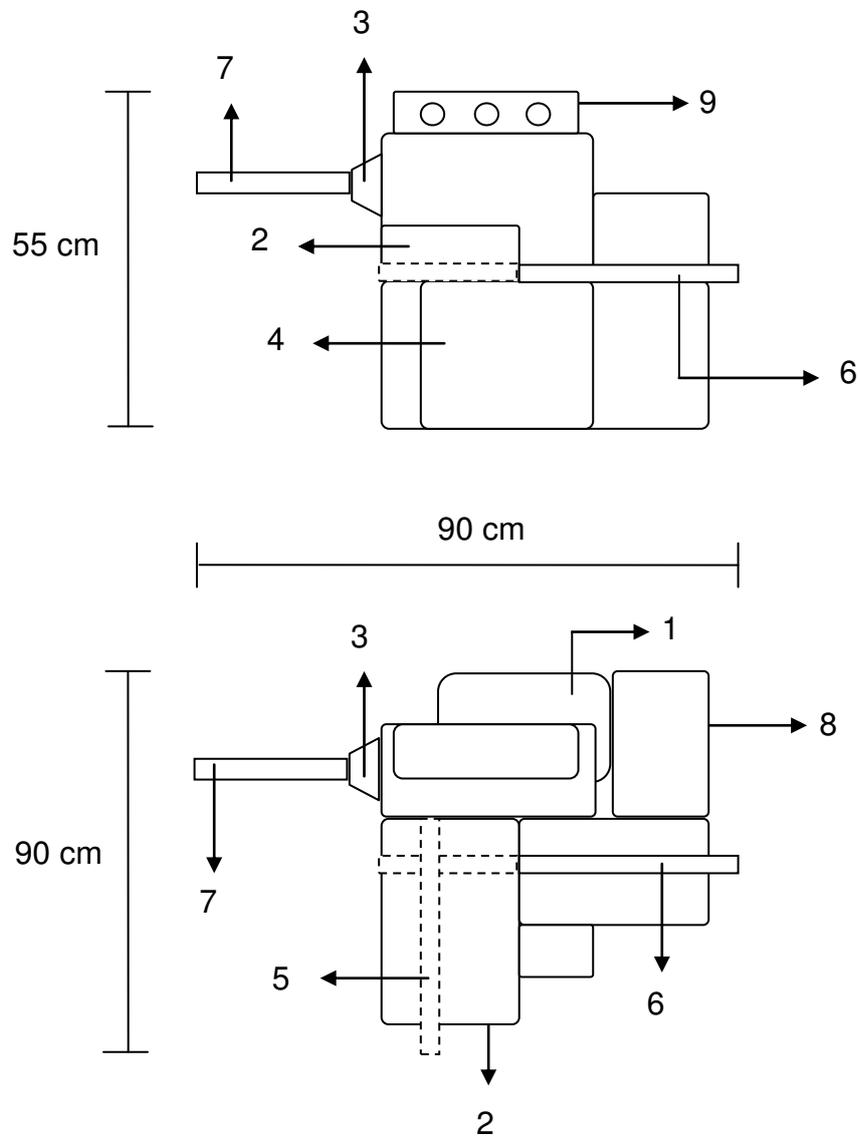


Figura 2.2: Esquema de rectificadora de disco y tambores VAN NORMAN 103.

Fuente: Grupo Investigador.

Partes.-

1. Motor eléctrico.
2. Carro Móvil.
3. Cabezal.
4. Motores de velocidad variable.

5. Eje de avance X.
6. Eje de avance Z.
7. Eje.
8. Caja de velocidades.
9. Tablero de operación.

2.3.3. COSTO DE LA MÁQUINA.

Tabla 2.2: Resumen de costos.

Costo de máquina en su estado actual.	1000 \$
Costo de restauración de máquina.	2500 \$
Costo total.	3500 \$

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

2.3.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

2.3.4.1. Ventajas.

- Es compacta.
- Realiza operaciones de cilindrado y refrentado.
- Realiza trabajos de mejor acabado y precisión.
- Posee tres velocidades de giro.
- Se puede cambiar el sentido de giro del eje.
- Posee una gran cantidad de velocidades de avance.
- Tiene caja de velocidades seca.
- Opera con 110 voltios.
- Opera con sistemas electrónicos.
- Es más moderna.
- Marca Americana reconocida por su calidad.
- Su mantenimiento es sencillo.

2.3.4.2. Desventajas.

- Costo total.
- La regulación de la profundidad de pasada en el porta cuchillas mandrinador de discos todavía es mecánica.
- La reparación de algunos de sus componentes puede ser costoso. Por ejemplo los motores de velocidad variable.

2.4. ALTERNATIVA 3. CONJUNTO DE RECTIFICADORAS BEAR PARA DISCOS Y TAMBORES.

Son dos rectificadoras independientes en una sola máquina, cada una posee un motor y una función propia, al estar dispuesta de esta manera es una rectificadora de grandes dimensiones. Una rectificadora realiza el mecanizado de discos y la otra el mecanizado de tambores. Su voltaje de alimentación es de 110 voltios. Es la máquina de menor prestaciones técnicas de las tres alternativas.

2.4.1. FUNCIONAMIENTO.

2.4.1.1. Rectificadora de tambores.

Su funcionamiento es prácticamente igual a la rectificadora de tambores Ammco (primera alternativa). La diferencia es que posee un motor de menor potencia y un eje de menor tamaño, ya que ésta sólo rectifica tambores de vehículos livianos. Únicamente realiza mecanizados de tambores, es decir, su carro móvil solamente se desplaza a lo largo del eje Z. Posee una caja de velocidades húmeda con dos posibles velocidades de giro y dos velocidades de avance.

2.4.1.2. Rectificadora de discos.

Al igual que la rectificadora de tambores posee un motor que genera el movimiento, una caja de velocidades y una caja de avance. Se diferencia en que

el carro móvil se desplaza a través del eje X para realizar operaciones únicamente de refrentado.

2.4.2. ESQUEMA.

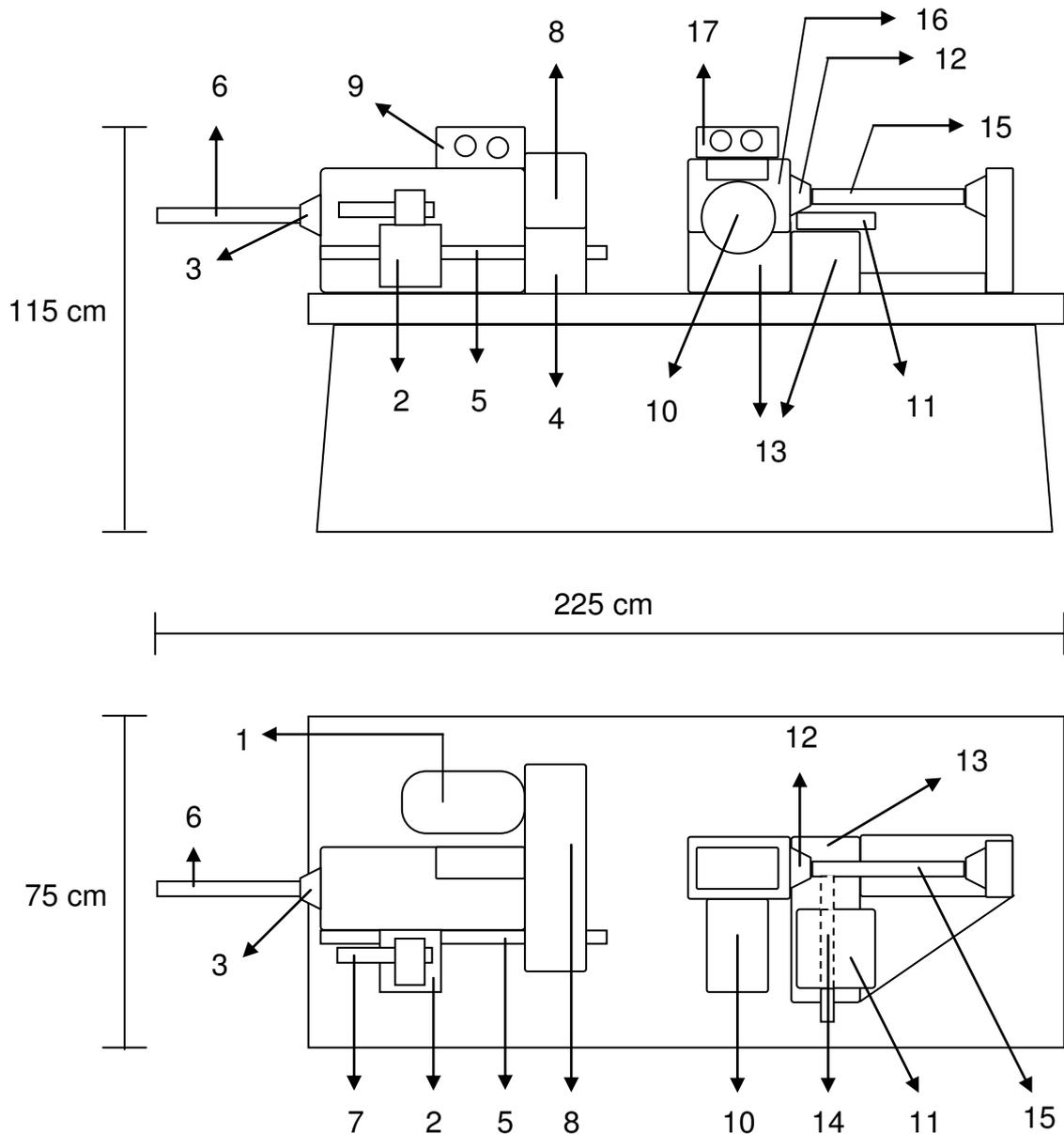


Figura 2.3: Esquema de conjunto de rectificadoras BEAR para discos y tambores.

Fuente: Grupo Investigador.

Se divide en dos estructuras principales las cuales son rectificadora de discos y rectificadora de tambores.

Rectificadora de tambores.

1. Motor eléctrico.
2. Carro Móvil.
3. Cabezal.
4. Caja de avance.
5. Eje de avance Z.
6. Eje.
7. Herramienta de corte.
8. Caja de velocidades.
9. Tablero de operación.

Rectificadora de discos.

10. Motor eléctrico.
11. Carro Móvil.
12. Cabezal.
13. Caja de avance.
14. Eje de avance X.
15. Eje.
16. Caja de velocidades.
17. Tablero de operación.

2.4.3. COSTO DE LA MÁQUINA.

Tabla 2.3: Resumen de costos.

Costo de máquina en su estado actual	2300 \$
Costo de restauración de máquina	1900 \$
Costo total	4200 \$

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

2.4.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

2.4.4.1. Ventajas.

- Rectifica discos y tambores.
- Pueden trabajar dos operarios al mismo tiempo.
- Costo de restauración.
- Costo de mantenimiento.
- Opera con 110 voltios.

2.4.4.2. Desventajas.

- Grandes dimensiones.
- Peso.
- Caja de velocidad húmeda.
- Limitadas velocidades de avance.
- Limitadas velocidades de giro.
- Posee mayor rango de error porque es una máquina de tecnología antigua.
- Costo total.
- Menores prestaciones técnicas.
- Marca colombiana no muy conocida.

2.5. VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS.

La valoración se lo realizará empleando los siguientes cuantificadores:

Tabla 2.4: Cuantificadores.

VALORACIÓN	PUNTAJE
MALO	8
BUENO	9
MUY BUENO	10

Fuente: G. Hamm: G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

A continuación se presenta una tabla donde se detalla la calificación de las alternativas con la cual se determinará cual opción es la más viable. El valor de los factores de ponderación se califica de acuerdo a los parámetros más relevantes e importantes de cada uno de los parámetros.

Tabla 2.5: Ponderación de alternativas.

		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Parámetros	Factores de Ponderación	Calific.	Valor	Calific.	Valor	Calific.	Valor
Utilidad	0,4	8	3,2	10	4	9	3,6
Costo	0,3	9	2,7	8	2,4	8	2,4
Dimensión	0,2	9	1,8	10	2	8	1,6
Mantenimiento	0,05	10	0,5	9	0,45	10	0,5
Peso	0,05	8	0,4	10	0,5	8	0,4
Total:	1,0	44	8.6	47	9.35	43	8.5

Fuente: G. Hamm; G. Burk, Tablas de la Técnica del Automóvil.

2.6. CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS.

El análisis realizado ha determinado que la mejor opción para el desarrollo de esta tesis es la rectificadora de discos y tambores Van Norman 103 con un resultado de 9.3 puntos, convirtiéndola en la alternativa seleccionada.

CAPITULO 3

PARÁMETROS TÉCNICOS Y CÁLCULO.

3.1. PARÁMETROS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA.



Figura 3.1: Rectificadora de discos y tambores VAN NORMAN 103.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

La máquina con la que se realizó las pruebas, tanto para cálculo como prácticas es una rectificadora de discos y tambores Van Norman modelo 103 de velocidad variable.

3.1.1. ESPECIFICACIONES.

Marco: Van norman

Modelo: 103 MultiSpeed

Peso neto de la máquina: 188Kg

3.1.1.1. Motor Principal.

Motor: Baldor

Modelo: 35Q993R456

Potencia: $\frac{3}{4}$ - 1HP

Voltaje: 110V AC

Amps: 13 A

R.P.M: 1450

3.1.1.2. Motores Secundarios.

Motor: DAYTON

Modelo: 4A536A

Potencia: 1/30 HP

Voltaje: 12V DC

Amps: 0,35 A

R.P.M: 21

3.1.1.3. Posibles Velocidades de eje.

R.P.M. del eje 1: 60

R.P.M. del eje 2: 120

R.P.M. del eje 3: 170

3.1.1.4. Cabida para discos.

Diámetro máximo: 609 mm

Grosor máximo: 63 mm

3.1.1.5. Cabida para tambores.

Diámetro mínimo: 152 mm

Diámetro máximo: 711 mm

Profundidad máximo: 229mm

3.1.2. HERRAMIENTAS AUXILIARES.

Además de los accesorios que toda rectificadora de discos y tabores posee, existen herramientas de uso exclusivo para la rectificadora van norman, las cuales se detalla a continuación.

3.1.2.1. Porta-discos.

Muchas rectificadoras de discos y tambores no poseen esta herramienta, debido a que poseen una gran variedad de adaptadores con los cuales adaptan los discos al eje, sin embargo existen algunas herramientas exclusivamente diseñadas para sujetar el disco dentro del eje de la rectificadora. Por ejemplo la que se detalla a continuación. Esta herramienta está constituida de cuatro partes.

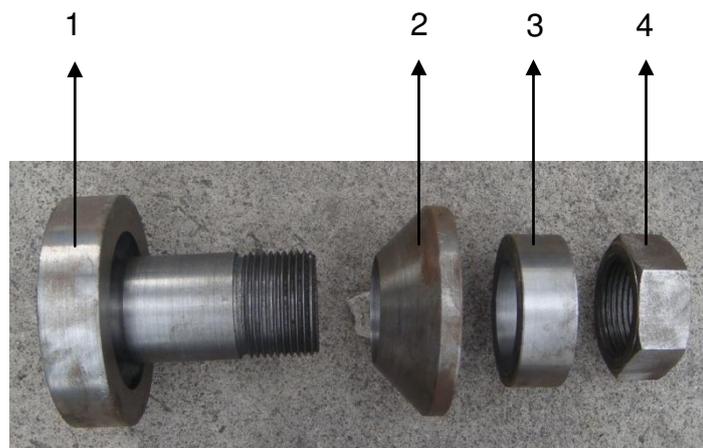


Figura 3.2:Porta-discos.

Fuente: Grupo Investigador.

Partes.-

1. Base y eje que forman un solo cuerpo.
2. Cono.
3. Adaptador.
4. Tuerca.

Se inserta el disco en el eje del porta-discos, luego se coloca el cono, el cual centra el disco en el eje, se coloca el adaptador y por último se asegura todo con la tuerca. Todo el conjunto se dispone en el eje de la rectificadora y se ajusta normalmente.

Para el ajuste de la tuerca del porta-discos se utiliza un dado de 65mm con su respectiva palanca.



Figura 3.3:Dado de 65mm con palanca.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

3.1.2.2. Llaves.

Se utilizan tres llaves para realizar ajustes de los diferentes pernos y tuercas que posee la máquina. Estos son ajuste del perno de sujeción, tuercas de ajuste de los porta chuchillas, ajuste de la cuchilla en el porta-cuchillas y perno del eje principal. Las tres medidas que se utilizan son de 8mm, 19mm y 1 1/2 in.



Figura 3.4:Llaves.

Fuente: www.gwrauto.com.

3.1.3. NORMAS DE SEGURIDAD.

Las normas de seguridad siempre son un factor sumamente importante al realizar cualquier actividad donde exista un factor de riesgo, en el caso de rectificación de discos y tambores existen normas de seguridad tanto para el operario como para el buen funcionamiento de la máquina. Al utilizar este tipo de maquinaria así como en toda actividad mecánica, se deben cumplir estas normas de seguridad para disminuir al máximo cualquier peligro.

3.1.3.1. Reglamento de seguridad.

En el siguiente texto se relata las normas consideradas de mayor importancia del “REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO PARA TALLERES MECANICOS; DECRETO EJECUTIVO 2393, 21 de enero 2011”. Enfocadas al presente tema de investigación.

INSTALACIONES DE MÁQUINAS FIJAS

Artículo 73.- Ubicación: En la instalación de máquinas fijas se observarán las siguientes normas:

1. Las máquinas estarán situadas en áreas de amplitud suficiente que permita su correcto montaje y una ejecución segura de las operaciones.
2. Se ubicarán sobre suelos o pisos de resistencia suficiente para soportar las cargas estáticas y dinámicas previsibles.
Su anclaje será tal que asegure la estabilidad de la máquina y que las vibraciones que puedan producirse no afecten a la estructura del edificio ni importen riesgos para los trabajadores.
3. Las máquinas que, por la naturaleza de las operaciones que realizan, sean fuente de riesgo para la salud, se protegerán debidamente para evitarlos o reducirlos. Si ello no es posible, se instalarán en lugares aislantes o apartados del resto del proceso productivo.

Artículo 74.- Separación de las máquinas:

1. La separación de las máquinas serán la suficiente para que los operarios realicen su trabajo holgadamente y sin riesgo, y estarán en función:
 - a. De la amplitud de movimientos de los operarios y de los propios elementos de la máquina necesarios para la ejecución del trabajo.
 - b. De la forma y volumen del material de alimentación de los productos elaborados y del material de desecho.
 - c. De las necesidades de mantenimiento en cualquier caso la distancia mínima entre las partes fijas o móviles mas salientes de máquinas independientes nunca será inferior a 800 milímetros.
2. Cuando el operario deba situarse para trabajar entre una pared del local y la máquina, la distancia entre las partes más salientes fijas o móviles de ésta y dicha pared no podrá ser inferior a 800 milímetros.
3. Se establecerá una zona de seguridad entre el pasillo y el entorno del puesto de trabajo o en su caso la parte más saliente de la máquina que en ningún caso será inferior a 400 milímetros. Dicha zona se señalará en forma clara y visible para los trabajadores.

Artículo 75.- Colocación de materiales y útiles:

1. Se establecerán en las proximidades de las máquinas, zonas de almacenamiento de material de alimentación y de productos elaborados, de modo que éstos no constituyan un obstáculo para los operarios, ni para la manipulación o separación de la propia máquina.
2. Los útiles de las máquinas que se deban guardar junto a esta, estarán debidamente colocadas y ordenadas en armarios mesas o estantes adecuados.
3. Se prohibió almacenar en las proximidades de las máquinas, herramientas y materiales ajenos a su funcionamiento.

UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS FIJAS

Artículo 91.- Utilización:

1. Las máquinas se utilizarán únicamente en las funciones para las que han sido diseñadas.
2. Todo operario que utilice una máquina deberá haber sido instruido y entrenado adecuadamente en su manejo y en los riesgos inherentes a la misma. Así mismo, recibirán instrucciones completas sobre las prendas y elementos de protección personal que estén obligados a utilizar.
3. No se utilizará una máquina si no está en perfecto estado de funcionamiento con sus protectores y dispositivos de seguridad.
4. Para las operaciones de alimentación extracción y cambio de útiles que por el peso, tamaño, forma o contenido de las piezas extrañen riesgos, se dispondrá los mecanismos necesarios para evitarlos.

Artículo 92.-Mantenimiento:

1. El mantenimiento de máquinas deberá ser de tipo preventivo y programado.
2. Las máquinas, sus resguardos y dispositivos de seguridad serán revisados, engrasados y sometidos a todas las operaciones de mantenimiento establecidas por el fabricante, o que aconseje el buen funcionamiento de las mismas.
3. Las operaciones de engrase y limpieza se realizarán siempre con las máquinas paradas, preferiblemente con un sistema de bloqueo, siempre desconectadas de la fuerza motriz y con un cartel bien visible indicando la situación de la máquina y prohibiendo la puesta en marcha.
En aquellos casos en que técnicamente las operaciones descritas no pudieran efectuarse con la máquina parada, serán realizadas con personal especializado y bajo dirección técnica competente.
4. La eliminación de los residuos de las máquinas se efectuará con la frecuencia necesaria para asegurar un perfecto orden y limpieza del puesto de trabajo.

Artículo 93.-Reparación y puesta a punto:

Se adaptarán las medidas necesarias con docentes a detectar de modo inmediato los defectos de las máquinas, resguardos y dispositivos de seguridad así como las propias para subsanarlos, y en cualquier caso se adoptarán las medidas preventivas indicadas en el artículo anterior.

Artículo 178.- Protección de cara y ojos:

1. Será obligatorio el uso de equipos de protección personal de cara y ojos en todos aquellos lugares de trabajo en que existan riesgos que puedan ocasionar lesiones en ellos.
 - a. Impacto con partículas y cuerpos sólidos.
 - b. Acción de polvos y humos.
2. Estos medios de protección deberán poseer, al menos, las siguientes características.
 - a. Ser ligeros de peso y diseño adecuado al riesgo contra el que protejan, pero que reduzcan el campo visual en la menor proporción posible.
 - b. Tener buen acabado, no existiendo bordes o aristas cortantes, que puedan dañar al que lo use.
 - c. Los elementos a través de los cuales se realice la visión, deberán ser ópticamente neutros, no existiendo en ellos defectos superficiales o estructurales que alteren la visión normal del que los use.
3. La protección de los ojos se realizará mediante el uso de gafas o pantallas de protección de diferentes tipos de montura y cristales, cuya elección dependerá del riesgo que requiere evitarse y de la necesidad de gafas correctoras por parte del usuario.
4. Periódicamente deben someterse a limpieza o desinfección, según el proceso pertinente para no afectar sus características técnicas y funciónes.
5. La utilización de los equipos de cara y ojos será estrictamente personal.

Artículo 179.- Protección auditiva:

1. Los protectores auditivos serán de materiales tales que no produzcan situaciones, disturbios o enfermedades en las personas que los utilicen. No producirán además molestias innecesarias, y en caso de ir sujetas por medio de un arnés a la cabeza, la presión que ejerzan será la suficiente para fijarlos debidamente.
2. Los equipos de protección auditiva podrán ir colocados sobre el pabellón auditivo (protectores externos) o introducidos en el conducto auditivo (protectores insertos).
3. Los protectores auditivos serán de uso personal e intransferible. Periódicamente se someterán a un proceso de desinfección que no afecte a sus características técnicas o funcionales.
4. Para una buena conservación los equipos se guardaran, cuando no se usen, limpios y secos en sus correspondientes estuches.

Artículo 180.- Protección de las vías respiratorias:

1. En todos aquellos lugares de trabajo que exista un ambiente contaminado será obligatorio el uso de protección personal de vías respiratorias que cumplan con las características siguientes:
 - a. Se adapten adecuadamente a la cara del usuario.
 - b. Tengan la hermeticidad requerida.
 - c. No originen excesiva fatiga a la inhalación y exhalación.
 - d. Tengan adecuado poder de retención en el caso de ser equipos dependientes.
 - e. Posean las características necesarias de forma que el usuario disponga del aire que necesita para su respiración en caso de ser equipos independientes.
2. Para hacer un correcto uso de los equipos de protección personal de las vías respiratorias, el trabajador está obligado en todo caso, a realizar la siguiente operación:

- a. Realizar una evaluación médica enfocada a la capacidad respiratoria.
 - b. Revisar el equipo antes de su uso, y en general en períodos no superiores a un mes.
 - c. Almacenar adecuadamente el equipo protector.
 - d. Mantener el equipo en perfecto estado higiénico.
3. Periódicamente y siempre que cambie el usuario se someterán los equipos a un proceso de desinfección adecuada, que no afecte a sus características y eficiencia.
 4. Los equipos de protección de vías respiratorias deben almacenarse en lugares preservados del sol, calor o frío excesivos, humedad y agresivos químicos. Para una correcta conservación se guardan, cuando no se utilicen, limpios y secos en sus correspondientes estuches.

Artículo 181.- Protección de las articulaciones superiores.

1. La protección de las extremidades superiores se realizará, principalmente, dediles y guantes para los trabajos que impliquen entre otros los siguientes riesgos:
 - a. Cortes pinchazos o quemaduras.
 - b. Exposición a altas o bajas temperaturas.
2. Los equipos de protección de las extremidades superiores reunirán las características generales siguientes:
 - a. Serán flexible, permitiendo en lo posible en movimiento normal de la zona protegida.
 - b. En el caso de que hayan costuras no deberán causar molestias.
3. Después de su uso se limpiarán de forma adecuada, almacenándose en lugares lejos del sol, calor excesivo, humedad, agresivos, químicos y agentes mecánicos.

3.1.3.2. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo de la rectificadora Van Norman 103 es relativamente sencillo debido a que su funcionamiento es simple. Se recomienda hacerlo cada 1200 horas de trabajo de la máquina, este mantenimiento consiste en:

- Cambio de bandas de transmisión.
- Lubricación de piñones de la bancada.
- Revisión de contactos eléctricos.
- Cambio de carbones del motor principal.

3.1.4. DIMENSIONES DE LOS DISCOS Y TAMBORES DE FRENOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS.

Tanto para la práctica del proceso de rectificación como para el análisis y cálculo se utilizaron varios discos y tambores de frenos. En lo que se refiere a discos se trabajó tanto con discos ventilados como sólidos. A continuación se detallará las medidas del tambor y los discos en los cuales se realizó el análisis y cálculo.

Disco sólido

Diámetro Externo: 288 mm

Diámetro Interno: 117,8 mm

Grosor: 8,44 mm

Disco Ventilado

Diámetro Externo: 254 mm

Diámetro Interno: 113,8 mm

Grosor: 18,84 mm

Tambor

Diámetro: 181 mm

Grosor: 35 mm

3.1.5. TIPOS DE AVANCE.

La rectificadora de discos y tambores Van Norman modelo 103 posee dos tipos de avance: manual y automático, además de una velocidad de eje.

3.1.5.1. Manual.

Cuando se trabaja de forma manual el avance del carro móvil es controlado por el operario desde el volante, ya sea del tambor o disco. El avance manual se utiliza para destroncar las cejas que se forman tanto en los bordes de los discos como en el de los tambores, también se utiliza el avance manual para el mecanizado específico de daños severos en el disco o tambor.

3.1.5.2. Automático.

Cuando se activa el automático el carril móvil avanzará a una velocidad constante que el operario determinará previamente. Este tipo de avance se utiliza en operaciones de destronque y cepillado de toda la superficie del disco o tambor.

3.1.5.2.1 Velocidades de avance del automático.

La velocidad de avance es generada por dos motores eléctricos de voltaje continuo, uno para cada tipo de maquinado. Posee un rango de velocidades controlado por un potenciómetro que varía la velocidad de avance desde 0.15 mm/s hasta 0.4 mm/s.

3.1.5.3. Velocidad del eje.

Posee tres posibles velocidades finales, ésta se determina dependiendo de cómo se configure la caja de velocidades. Existen tres poleas de diferentes diámetros que giran solidariamente con el motor, frente a cada polea del motor existe una polea fija al eje, dependiendo que par de poleas conecte la banda, se generará cada velocidad. Estas velocidades son 60, 120, 170 r.p.m.

3.1.6. PROCESO DE MECANIZADO.

En la rectificación de discos y tambores se utilizan dos tipos de mecanizado, conocidos como destroncar y cepillar.

3.1.6.1. Destroncar.

Se conoce como destroncar al proceso de maquinado en el cual la velocidad de avance es alta y la profundidad de corte es mayor. La profundidad de corte al destroncar es de 3 a 4 micrones (μm) y la velocidad de avance suele ser aproximadamente 0,4mm/s. Este proceso se lo realiza con el fin de proporcionar una superficie uniforme, pero su acabado es demasiado áspero. Este proceso se acostumbra hacer de forma automática, aunque también se lo puedo realizar de forma manual.

3.1.6.2. Cepillar.

Al proceso de acabado se lo conoce como cepillar. Este trabaja con una velocidad de avance y una profundidad de corte bajas (0,15 mm /s; $1\mu\text{m}$). El resultado de este proceso es una superficie de frenado ideal.

3.1.7. RECTIFICACIÓN DE DISCOS Y TAMBORES.

La rectificación se realiza por tres causas.

Mantenimiento.- Se realiza aproximadamente cada 15000 kilómetros, en este proceso solo se suele realizar el cepillado o en algunos casos un pequeño destroncado y posteriormente un cepillado, para eliminar pequeños daños que surgen por el uso cotidiano.

Mantenimiento por cejas.- Se lo realiza cuando el disco o tambor presenta cejas en los filos internos y externos causados por las zapatas o pastillas respectivamente, estas cejas pueden trabar los mecanismos y además pueden generar chillidos. Para este tipo de rectificado se destroncan manualmente las

cejas y posteriormente se realiza el procedimiento automático de destroncado y cepillado de toda la superficie de frenado.

Rectificado por daños.-Esto se realiza cuando en la superficie de frenado existen daños más severos. Primeramente se eliminan las cejas si existieran, luego se procede a destronar manualmente la superficie donde presenta el daño o daños y por último se realiza el proceso automático de destroncamiento y cepillado de toda la superficie de frenado. En algunos casos se realizan varias maquinadas automáticas de baja profundidad de corte hasta conseguir eliminar el daño. Mientras más dañada esté la superficie de frenado es más difícil lograr un óptimo acabado. Es así que para rectificar discos o tambores que presenten este tipo de daños se necesita de vasta experiencia y conocimiento.

3.1.8. PROFUNDIDAD DE PASADA EN FRENOS DE TAMBOR Y DISCO.

En la rectificación de discos y tambores se busca maquinar la menor medida posible con el fin de alterar al mínimo su diámetro interno en el caso de tambores o grosor en el caso de discos, ya que de esta medida dependen sus prestaciones. Generalmente se rectifica desde una micronsima hasta cuatro micronsimas en una sola pasada, si se trabaja con una profundidad de corte mayor se corre el riesgo de romper la punta de la cuchilla. Dependiendo de cada marca y modelo, todos los tambores y discos poseen detallado el diámetro máximo y grosor mínimo que puede llegar a tener. Es indispensable revisar estos valores ya que si no se respetan, éstas podrían llegar a sufrir algún tipo de desperfecto. En varios discos y tambores solo con el desgaste normal del frenado llegan a este límite, estos no pueden ser rectificadas sino reemplazados por unos nuevos.

En el caso de que no se detalle en el tambor o disco el diámetro máximo o grosor mínimo posible. No existe una norma establecida que determine cuanto es la cantidad máxima a rectificar, ya que este valor depende de varios factores, como son los materiales con los que están constituidos, el peso del vehículo, el tipo de vehículo, tamaño de disco o tambor, etc. Se podría decir que en general el porcentaje de desbaste promedio tanto en un disco como en tambor es de un 10% de la medida original. Si no se conoce las medidas límites, se debe rectificar

un máximo de 2 mm con respecto las medidas originales, es decir, en el caso del tambor el diámetro máximo que podría llegar a tener de forma segura, sería 2 mm más que la medida del fabricante, mientras que en el disco el grosor no podrá ser menor a 2 mm de la medida del fabricante.



Figura 3.5: Grabado del diámetro máximo de un tambor.

Fuente: [Grupo Investigador](#).



Figura 3.6: Grabado del grosor mínimo de un disco.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

3.2. ANÁLISIS DE LAS SUPERFICIES DE FRENADO DE UN TAMBOR Y UN DISCO DE FRENO EN LOS PROCESOS DE DESTRONCADO Y CEPILLADO.

A través de las especificaciones de un tambor, un disco de freno y los valores determinados para cada proceso de rectificación, se compararán los distintos rayados de las superficies de frenado que se obtienen.

3.2.1. ANÁLISIS DE LA PROFUNDIDAD DE PASADA.

Tanto en la rectificación de tambores como en la de discos, la profundidad de pasada, ocurre en sentido horizontal. La cuchilla muy pocas veces posee un ángulo de desprendimiento de 0° , debido a esto debemos encontrar la profundidad de pasada útil, considerando el ángulo de desprendimiento. En el gráfico podemos observar que la profundidad de pasada que se establece es "P", pero debido al ángulo de desprendimiento " γ ", la superficie superior de la cuchilla que se introducirá será mayor, a esta profundidad de pasada se la conoce como útil. Aunque la diferencia es mínima, se consideró para obtener resultados más exactos.

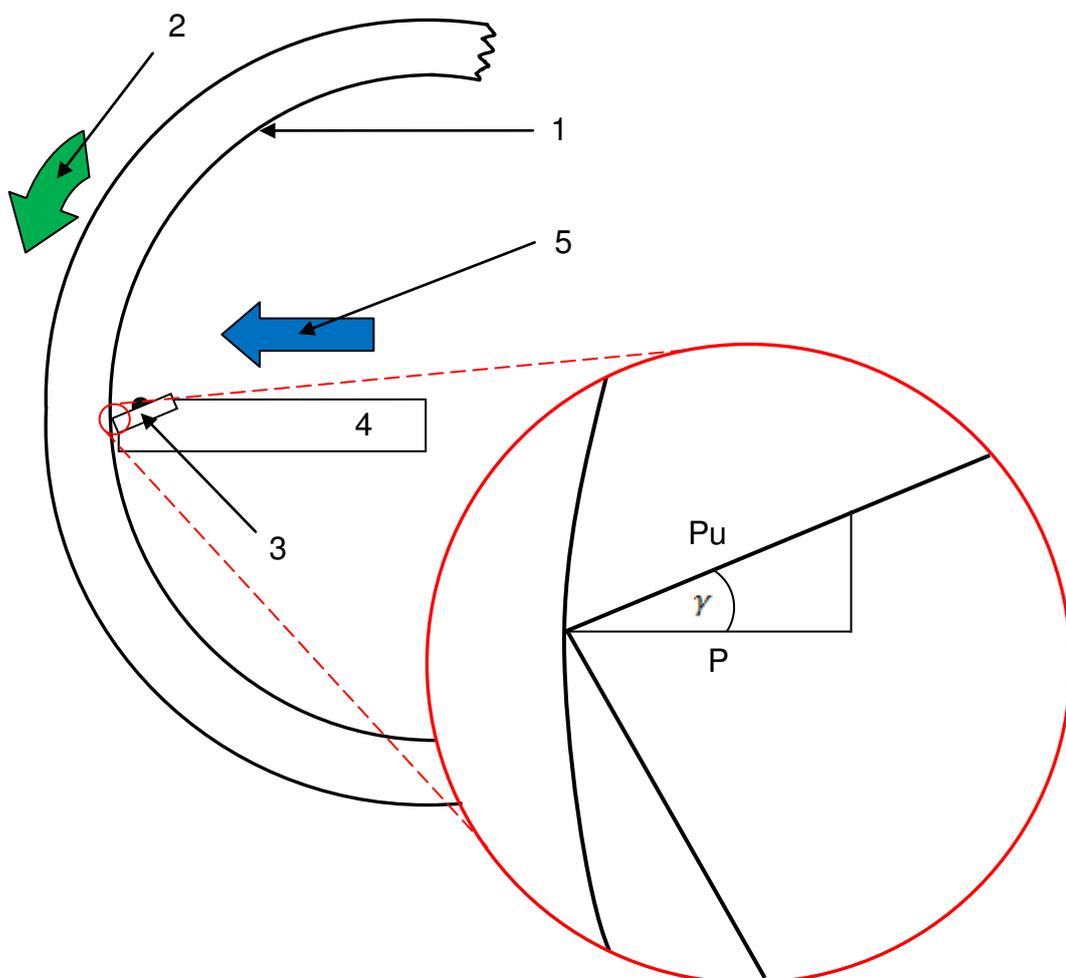


Figura 3.7: Profundidad de pasada y profundidad de pasada útil.

Fuente: Grupo Investigador.

1. Superficie de freno del tambor.
2. Sentido de giro.
3. Plaquita.
4. Herramienta de plaquita intercambiable.
5. Sentido de la profundidad de pasada.

P: Profundidad de pasada.

P_u : Profundidad de pasada útil.

γ : Ángulo de desprendimiento.

La profundidad de pasada útil es necesaria para calcular la longitud de la cuerda del segmento circular del filo de la cuchilla. La longitud de la cuerda del segmento circular del filo de la cuchilla (L) determina el ancho de la huella que deja la cuchilla sobre la superficie a rectificar. Dependiendo de la profundidad de pasada, la velocidad de giro y de la velocidad de avance podemos determinar el acabado de la superficie de frenado ya sea de un disco o un tambor de freno.

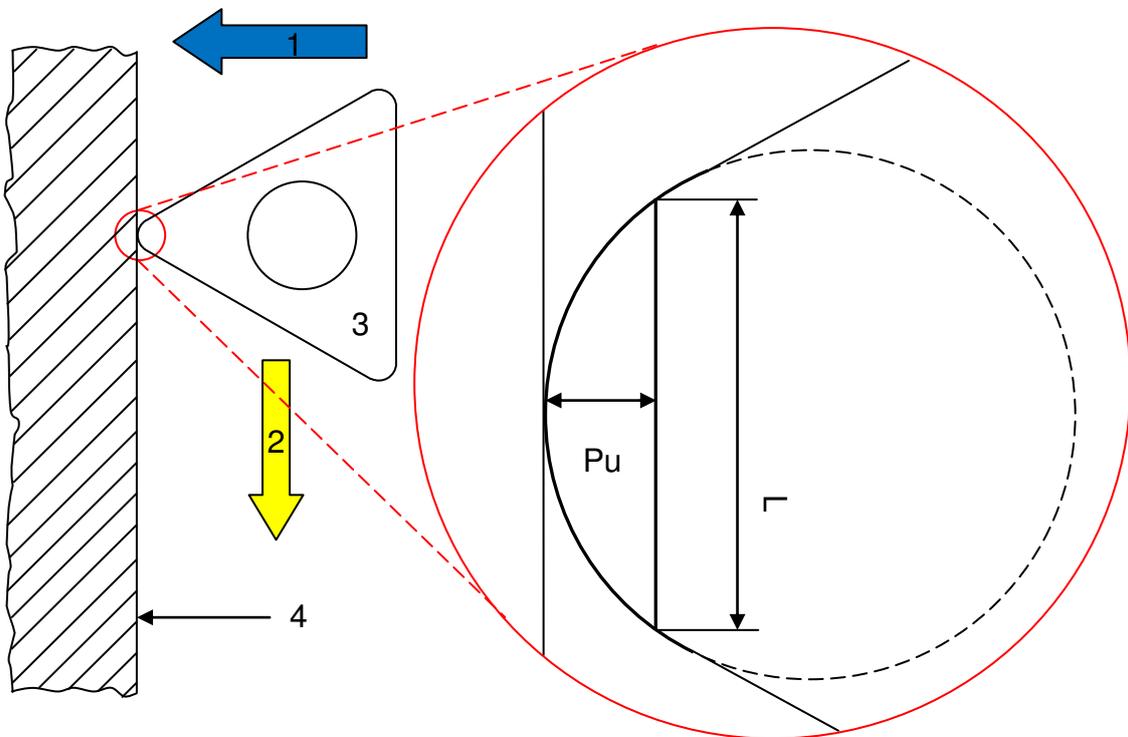


Figura 3.8: Longitud de la cuerda de segmento circular.

Fuente: Grupo Investigador.

1. Sentido de profundidad de pasada.
2. Sentido del movimiento de avance.
3. Plaquita.
4. Superficie de freno del tambor.

L: Longitud de la cuerda de segmento circular.

Hay que considerar que en el gráfico 3.8 no se aprecia el ángulo de desprendimiento.

La profundidad de pasada y la profundidad de pasada útil forman un triángulo rectángulo con el ángulo de desprendimiento. Aplicando funciones trigonométricas podemos determinar pu.

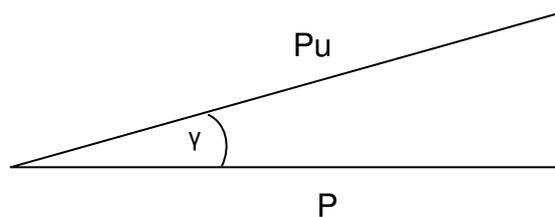


Figura 3.9: Triángulo rectángulo formado por la profundidad de pasada, profundidad de pasada útil y el ángulo de desprendimiento.

Fuente: Grupo investigador.

Terminología:

P: Profundidad de pasada.

Pu: Profundidad de pasada útil.

γ : Ángulo de desprendimiento

L: Longitud de la cuerda de segmento circular.

dt: Diámetro antes de torneear del tambor de freno.

C: Grosor de la superficie de frenado del tambor.

di: Diámetro interno del disco de freno.

de: Diámetro externo del disco de freno.

n: Velocidad de giro.

B: Paso

v: Velocidad de avance.

vc: Velocidad de corte.

h: Longitud lineal que la cuchilla recorre en la rectificación de un disco en una pasada, es decir, la diferencia entre el diámetro exterior y el interior dividido para dos.

r: Radio de la circunferencia de la punta de la plaquita.

Re: Ancho del relieve.

N: Revoluciones necesarias para el rectificado total del tambor o disco.

i: Número de pasadas.

tp: Tiempo principal.

3.2.2. ANÁLISIS DE LA SUPERFICIE DE FRENADO DESPUES DEL PROCEDIMIENTO DE DESTRONCADO EN UN TAMBOR DE FRENO.

Datos:

Plaquita: TNAL160208EN

$$dt = 181 \text{ mm}$$

$$C = 35,3 \text{ mm}$$

$$P = 4 \mu\text{m}$$

$$v = 0,4 \text{ mm/s}$$

$$n = 60 \text{ r. p. m}$$

$$\gamma = 12^\circ$$

$$r = 0,8 \text{ mm}$$

Primeramente se calcula la profundidad de pasada útil.

$$\cos 12 = \frac{P}{Pu}$$

$$Pu = \frac{0,004}{\cos 12}$$

$$Pu = 0,00408936 \text{ mm}$$

Con la profundidad de pasada útil podemos calcular la longitud de la cuerda del segmento circular de la punta cuchilla. Este valor es el grosor del rayado que realiza la cuchilla sobre la superficie de frenado. Se lo puede determinar con la siguiente formula.

$$L = 2\sqrt{2.r.Pu - Pu^2}$$

$$L = 2\sqrt{2.0,8.0,00408936 - 0,00408936^2}$$

$$L = 2\sqrt{0,00654297 - 0,00001672}$$

$$L = 2\sqrt{0,00652625}$$

$$L = 2.0,08078520$$

$$L = 0,161570 \text{ mm}$$

Para determinar el acabado de la superficie de frenado se debe determinar el paso. El paso es la distancia lineal que avanza la cuchilla en el tiempo que tarda en dar una vuelta la pieza a rectificar. En este caso la velocidad de avance es de 0,4 mm/s y el tambor gira a una velocidad de 60 r.p.m. es decir 1 r/s. El tiempo que demora en dar una vuelta el tambor es el mismo tiempo que demora en avanzar 0,4 mm la cuchilla, es decir, el paso es igual a 0,4mm.

$$B = 0,4 \text{ mm}$$

A continuación se calcula el ancho del relieve que deja el proceso de destronado en la superficie de frenado del tambor. El relieve es la parte de la superficie del tambor o del disco que no es removida por la cuchilla. Para entender mejor este concepto podemos poner de ejemplo un tornillo, un tornillo posee una rosca que se establece por el valor de la velocidad de giro, la velocidad de avance y la profundidad de pasada con la que fue creada, este proceso crea una espiral con un paso y una altura del diente determinada. En la rectificación de tambores y discos ocurre lo mismo, pero el espiral o la rosca que se crea es mucho más pequeña, tan pequeña que es difícil apreciarla, esta textura que se forma en la superficie de frenado es sumamente importante porque de ella depende la óptima función del freno, si esta textura es muy áspera las pastillas o zapatas de freno se

gastarán rápidamente, mientras que si es muy lisa no se creará la fricción necesaria para conseguir un óptimo frenado. Es así que el ancho del relieve se determina como la diferencia del paso y la longitud de la cuerda de segmento circular de la punta de la cuchilla, es decir, el grosor del rayado de la cuchilla.

$$Re = B - L$$

$$Re = 0,4 - 0,161570$$

$$Re = 0,238429 \text{ mm}$$

Con esto podemos representar gráficamente la superficie teórica de frenado después del proceso de destroncado.

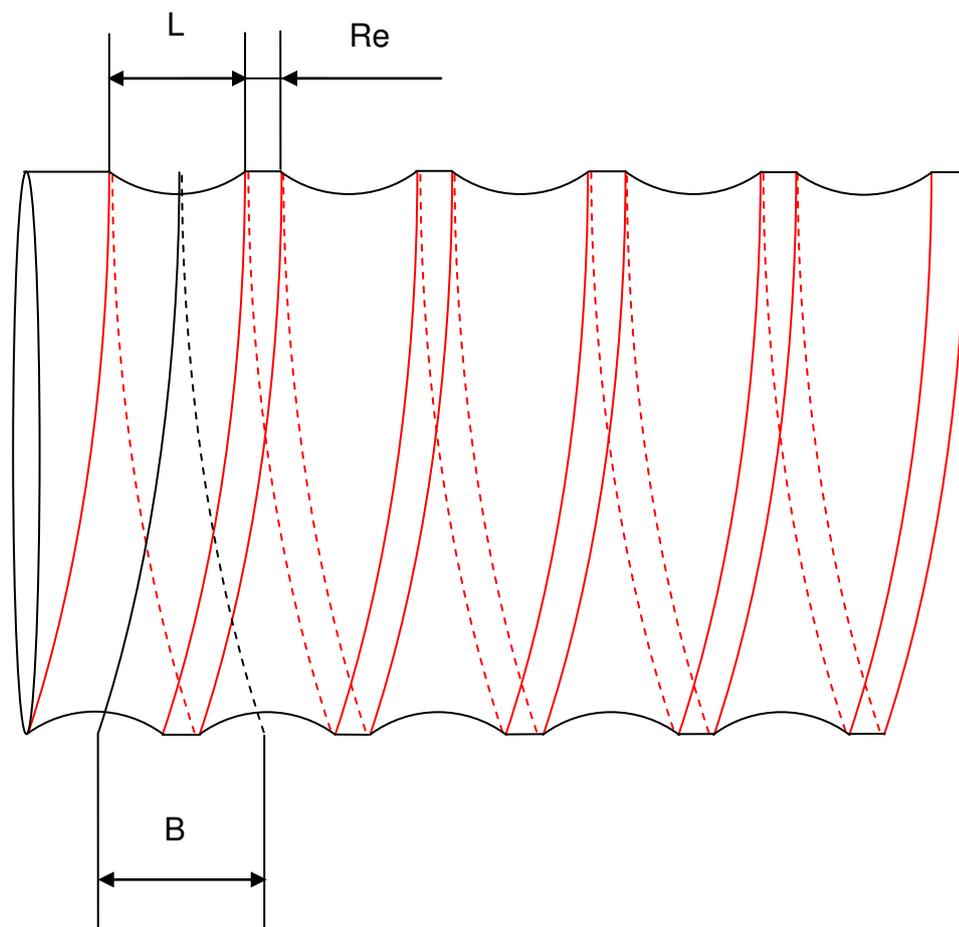


Figura 3.10: Superficie teórica de frenado de tambor después del proceso de destroncado.

Fuente: Grupo Investigador.

El gráfico representa la superficie de un cilindro después del proceso de destroncado, se conoce que la superficie que se cilindra en un tambor es interna, de todas formas se ha dispuesto de esta manera para una mayor facilidad de comprensión. El acabado de la superficie está exagerado por la misma razón. A continuación se calcularán algunos factores con el fin de aportar mayor información para conclusiones.

Número de revoluciones que gira el tambor durante el proceso de destroncado.

$$N = \frac{C}{B}$$

$$N = \frac{35,3}{0,4}$$

$$N = 88,25 \text{ rev.}$$

Se calcula la velocidad de corte ya que es necesaria para encontrar el tiempo principal.

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_t \cdot n}{1000}$$

$$v_c = \frac{\pi \cdot 181,1}{1000}$$

$$v_c = 0,5686 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Tiempo que demora en rectificar el tambor o tiempo principal.

$$t_p = \frac{\pi \cdot d_t \cdot C \cdot i}{1000 \cdot v_c \cdot v}$$

$$t_p = \frac{\pi \cdot 181,1 \cdot 35,3 \cdot 1}{1000 \cdot 0,5686 \cdot 0,4}$$

$$t_p = 88,25 \text{ s}$$

En este caso el tiempo es corto, debido a que el tambor es pequeño, más adelante lo compararemos con el tiempo obtenido en el proceso de cepillado.

3.2.3. ANÁLISIS DE LA SUPERFICIE DE FRENADO DESPUÉS DEL PROCEDIMIENTO DE CEPILLADO EN UN TAMBOR.

Datos:

Plaquita: TNAL160208EN

$$dt = 181 \text{ mm}$$

$$C = 35,3 \text{ mm}$$

$$P = 1 \mu\text{m}$$

$$v = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$vc = 60 \text{ r.p.m}$$

$$\gamma = 12^\circ$$

$$r = 0,8 \text{ mm}$$

Para el proceso de cepillado se sigue el mismo procedimiento que en el proceso de destroncado.

Se calcula Pu .

$$\cos 12 = \frac{P}{pu}$$

$$Pu = \frac{0,001}{\cos 12}$$

$$Pu = 0,00102234 \text{ mm}$$

Se calcula L .

$$L = 2\sqrt{2 \cdot r \cdot Pu - Pu^2}$$

$$L = 2\sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 0,00102234 - 0,00102234^2}$$

$$L = 2\sqrt{0,00163574 - 1,045 \times 10^{-6}}$$

$$L = 2\sqrt{0,00163469}$$

$$L = 2 \cdot 0,04043129$$

$$L = 0,080862 \text{ mm}$$

Se calcula el ancho del relieve.

$$Re = B - L$$

$$Re = 0,15 - 0,080862 \text{ mm}$$

$$Re = 0,069138 \text{ mm}$$

A continuación se gráfica la superficie teórica del tambor de freno después del proceso de acabado de acuerdo a los valores obtenidos a través de los cálculos realizados.

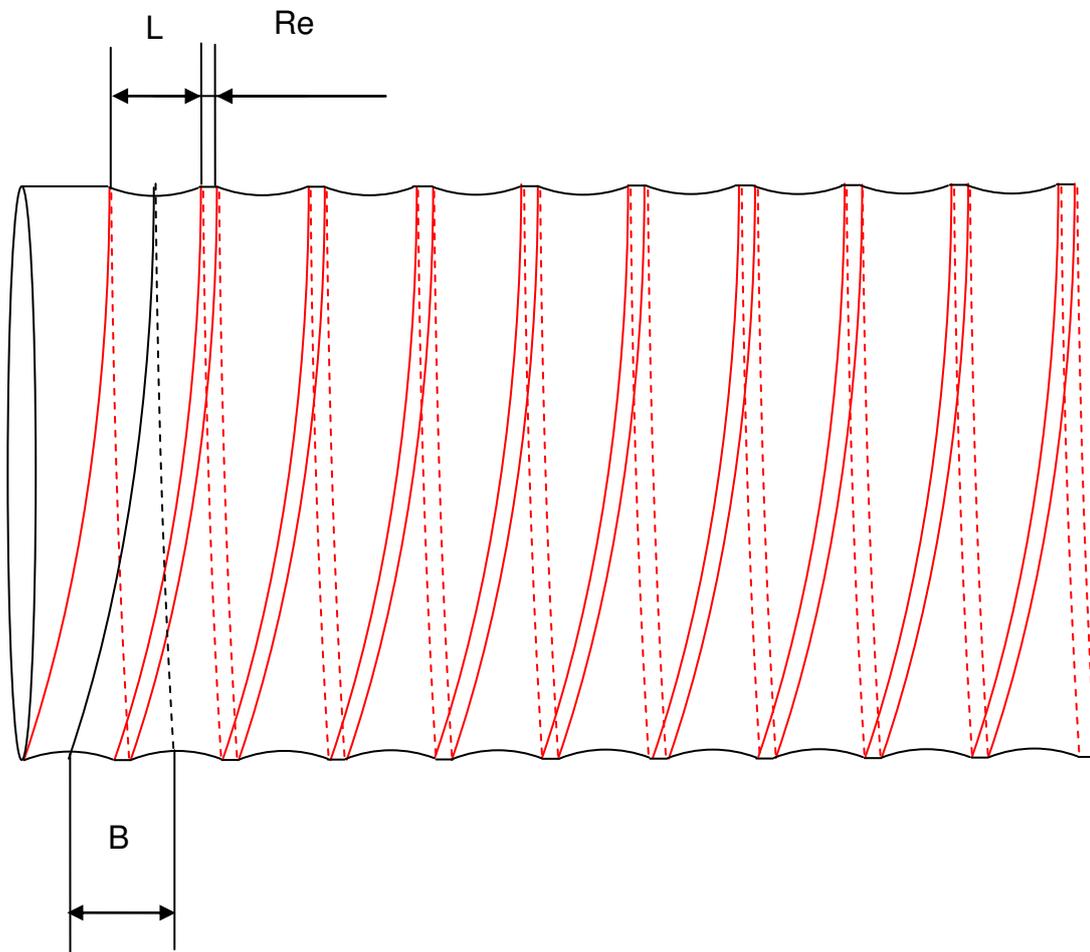


Figura 3.11: Superficie teórica de frenado de tambor después del proceso de cepillado.

Fuente: Grupo Investigador.

Como podemos apreciar tanto L, Re y B son menores que en el proceso de destroncado, esto da como resultado una superficie menos áspera.

A continuación se calculan los datos restantes.

Se calcula N

$$N = \frac{C}{B}$$

$$N = \frac{35,3}{0,15}$$

$$N = 235,33 \text{ rev.}$$

Se calcula vc

$$vc = \frac{\pi \cdot dt \cdot n}{1000}$$

$$vc = \frac{\pi \cdot 181,1}{1000}$$

$$vc = 0,5686 \frac{mm}{s}$$

Y por ultimo se calcula tp

$$tp = \frac{\pi \cdot dt \cdot C \cdot i}{1000 \cdot vc \cdot v}$$

$$tp = \frac{\pi \cdot 181,35,3,1}{1000 \cdot 0,5686 \cdot 0,15}$$

$$tp = 235,3450 \text{ s}$$

A continuación se detalla una tabla de comparación de resultados de los diferentes análisis de las superficies de frenado de un tambor, después de los procedimientos de destroncado y cepillado. También se detallan los datos con los que cada proceso trabajó.

Tabla 3.1: Comparación de resultados.

Procedimiento de destroncado	Procedimiento de Cepillado
Datos	Datos:
$d = 181 \text{ mm}$	$d = 181 \text{ mm}$
$C = 35,3 \text{ mm}$	$C = 35,3 \text{ mm}$
$P = 4\mu\text{m}$	$P = 1\mu\text{m}$
$v = 0,4 \text{ mm/s}$	$v = 0,15 \text{ mm/s}$
$n = 60 \text{ r.p.m}$	$n = 60 \text{ r.p.m}$
$\gamma = 12^\circ$	$\gamma = 12^\circ$
$r = 0,8 \text{ mm}$	$r = 0,8 \text{ mm}$
Resultados	Resultados
$Pu = 0,00408936\text{mm}$	$Pu = 0,00102234\text{mm}$
$L = 0,161570 \text{ mm}$	$L = 0,080862 \text{ mm}$
$B = 0,4 \text{ mm}$	$B = 0,15 \text{ mm}$
$Re = 0,238429 \text{ mm}$	$Re = 0,069138 \text{ mm}$
$N = 88,25 \text{ vueltas}$	$N = 235,33 \text{ vueltas}$
$tp = 88,25 \text{ s}$	$tp = 235.3450 \text{ s}$
$vc = 0,5686 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$	$vc = 0,5686 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$

Fuente: Grupo Investigador.

3.2.4. ANÁLISIS DE LA SUPERFICIE DE FRENADO EN EL PROCEDIMIENTO DE RECTIFICADO DE DISCOS.

Ya que el diámetro de la superficie por donde pasa la cuchilla va aumentando conforme transcurre el proceso de refrentado, la velocidad de corte igualmente va en aumento. Es decir, existe un número n de diámetros y de velocidades de corte.

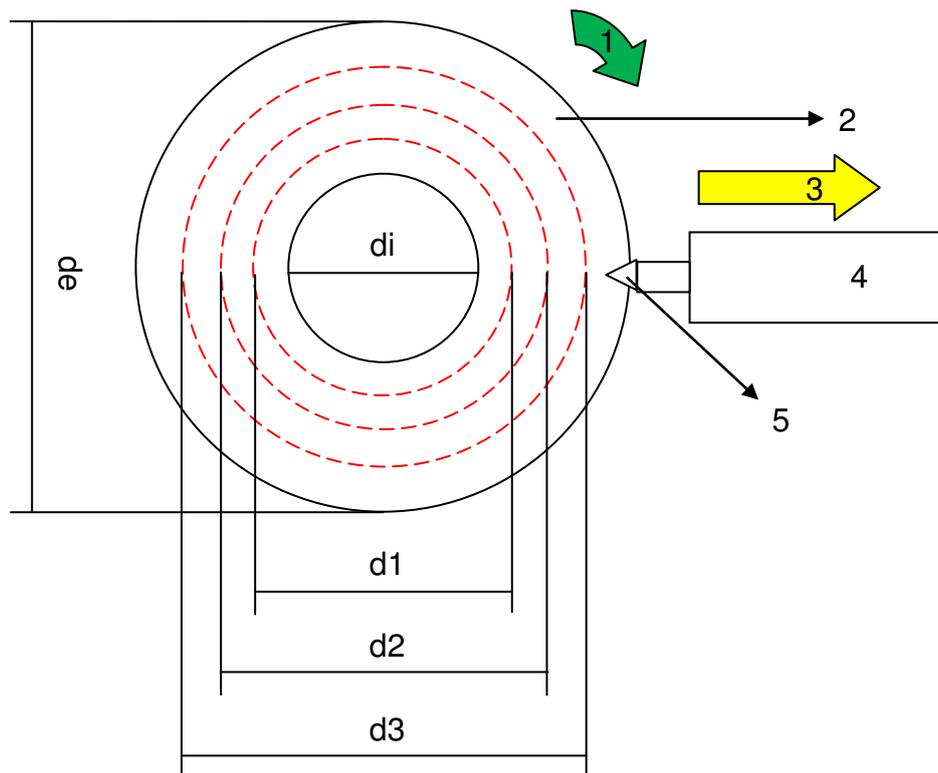


Figura 3.12: Diferentes diámetros que recorre la cuchilla al rectificar un disco.

Fuente: Grupo Investigador.

1. Sentido de giro del disco.
 2. Disco.
 3. Movimiento de avance.
 4. Porta cuchillas.
 5. Plaquita.
- d_1 : Diámetro interno.
 d_2 : Diámetro Externo.
 $d_1, d_2, d_3 \dots d_n$: Diferentes diámetros del disco.

Éste n números de velocidades de corte no influye en el acabado de la superficie torneada ya que al rectificar un disco, el filo de la cuchilla genera una espiral en la superficie del disco conocida como espiral aritmética o de Arquímedes gracias al matemático que la estudió. Esta espiral “Se define como el lugar geométrico de un punto moviéndose a velocidad constante sobre una recta que gira sobre un punto de origen fijo a velocidad angular constante”¹Esta definición es exactamente lo que sucede en el procedimiento de rectificación de un disco. Las revoluciones del eje es la velocidad angular de la superficie por donde recorrerá el filo de la cuchilla a una velocidad lineal, conocida como avance, ambas constantes. Las fórmulas que rigen la espiral aritmética son:

$$v = \frac{d}{t} \qquad n = \frac{\theta}{t}$$

Ejemplo:

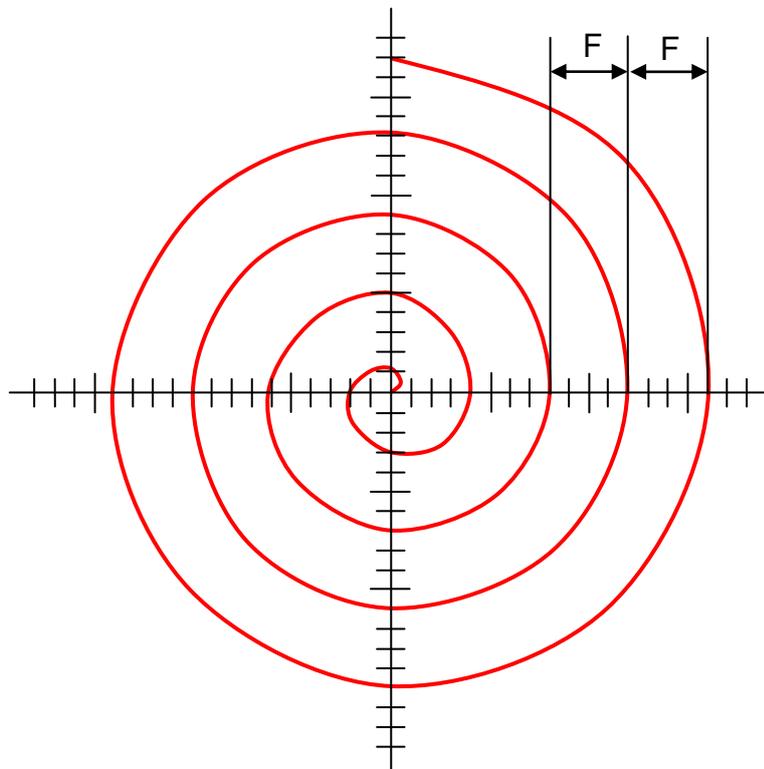


Figura 3.13:Espiral aritmética.

Fuente: Grupo Investigador.

¹[http://es.wikipedia.org/wiki/Espiral_de_Arqu%C3%ADmedes.](http://es.wikipedia.org/wiki/Espiral_de_Arqu%C3%ADmedes)

Esta espiral se caracteriza en que las vueltas sucesivas de la misma tienen distancias de separación constantes, es decir, que el hecho de que la velocidad de corte sea diferente debido a los diferentes diámetros que va recorriendo la cuchilla, es irrelevante.

3.2.5. ANÁLISIS DE LA SUPERFICIE DE FRENADO DESPUÉS DEL PROCEDIMIENTO DE DESTRONCADO EN UN DISCO DE FRENO.

Datos:

Plaquita: TNAL160208EN

$$d_i = 117,8 \text{ mm}$$

$$d_e = 288 \text{ mm}$$

$$P = 4 \mu\text{m}$$

$$v = 0,4 \text{ mm/s}$$

$$n = 60 \text{ r.p.m}$$

$$\gamma = 12^\circ$$

$$r = 0,8 \text{ mm}$$

Se calcula P_u .

$$\cos 12 = \frac{P}{P_u}$$

$$P_u = \frac{0,004}{\cos 12}$$

$$P_u = 0,00408936 \text{ mm}$$

Se calcula L .

$$L = 2\sqrt{2 \cdot r \cdot P_u - P_u^2}$$

$$L = 2\sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 0,00408936 - 0,00408936^2}$$

$$L = 2\sqrt{0,00652625}$$

$$L = 2 \cdot 0,08078522$$

$$L = 0,16 \text{ mm}$$

Se calcula el ancho del relieve.

$$Re = B - L$$

$$Re = 0,4 - 0,16$$

$$Re = 0,24 \text{ mm}$$

La longitud lineal que la cuchilla recorre en una pasada (h) se utiliza para determinar el número de revoluciones totales que realiza el disco durante el proceso de rectificación (N) y para calcular el tiempo principal. Utilizamos la siguiente formula.

$$h = \frac{de - di}{2}$$

$$h = \frac{288 - 117,8}{2}$$

$$h = 85,1 \text{ mm}$$

Se calcula N . El paso es el mismo valor que el utilizado en el proceso de destroncado del tambor ya que la velocidad de avance y la velocidad de giro son las mismas.

$$N = \frac{h}{B}$$

$$N = \frac{85,1}{0,4}$$

$$N = 212,75 \text{ rev.}$$

Para calcular el tiempo principal se calcula primero la velocidad de corte.

$$vc = \frac{\pi \cdot de \cdot n}{1000}$$

$$vc = \frac{\pi \cdot 170,1}{1000}$$

$$vc = 0,534 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Tiempo principal

$$tp = \frac{\pi \cdot de \cdot h \cdot i}{1000 \cdot vc \cdot v}$$

$$tp = \frac{\pi \cdot 170.85}{1000 \cdot 0,534 \cdot 0,4}$$

$$tp = 212,52815 \text{ s}$$

Con la velocidad de avance y la velocidad de giro es posible dibujar la espiral que se forma en la superficie de frenado en el proceso de destroncado, para esto se debe encontrar varios puntos que ayuden a dibujar dicha espiral. Estos puntos o valores establecen la distancia y el ángulo de cada punto en diferentes tiempos con respecto al punto donde empieza el proceso de rectificación, para ello se trabaja con las fórmulas que rigen la espiral aritmética.

$$d = v \cdot t \qquad \theta = n \cdot t$$

Donde:

d: distancia lineal comprendida desde el punto de inicio de la espiral hasta un punto específico de la misma. Si el proceso de rectificación no empieza en el centro del disco, esta medida deberá tomarse desde un punto específico del diámetro que forma el punto de inicio de la espiral.

v = velocidad de avance.

t = tiempo.

° θ = ángulo comprendido desde el punto de inicio de la espiral hasta un punto específico de la misma.

n = velocidad de giro.

Para encontrar estos puntos se trabajó con tiempos que aumentan constantemente en el orden de 0.125 s para ambas formulas. La ubicación de cada punto de la espiral en el plano cartesiano está dada por una distancia d y un ángulo θ . Para una velocidad de avance igual a 0,4 mm/s y una velocidad de giro igual a 60 r.p.m se obtienen las siguientes valores.

Datos para encontrar la distancia d :

$$v = 0,4 \frac{mm}{s}$$

$$t_1 = 0,125s$$

$$t_2 = t_1 + 0,125s$$

$$t_3 = t_2 + 0,125s$$

$$t_4 = t_3 + 0,125s$$

Calculamos d

$$d = v \cdot t$$

$$d_1 = 0,4 \cdot 0,125$$

$$d_2 = v \cdot 0,25$$

$$d_3 = v \cdot 0,375$$

$$d_4 = v \cdot 0,5$$

$$d_1 = 0,05 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0,1 \text{ mm}$$

$$d_3 = 0,15 \text{ mm}$$

$$d_4 = 0,20 \text{ mm}$$

Datos para encontrar θ :

$$n = 60 \text{ r.p.m} = 2\pi \frac{rad}{s}$$

$$t_1 = 0,125s$$

$$t_2 = t_1 + 0,125s$$

$$t_3 = t_2 + 0,125s$$

$$t_4 = t_3 + 0,125s$$

Calculamos θ :

$$\theta = n \cdot t$$

$$\theta_1 = 2\pi \cdot 0,125$$

$$\theta_2 = 2\pi \cdot 0,25$$

$$\theta_3 = 2\pi \cdot 0,375$$

$$\theta_4 = 2\pi \cdot 0,5$$

$$\theta_1 = 45^\circ$$

$$\theta_2 = 90^\circ$$

$$\theta_3 = 135^\circ$$

$$\theta_4 = 180^\circ$$

Así se se obtienen los siguientes puntos:

$$p1 = 0,05mm; 45^\circ$$

$$p2 = 0,1mm; 90^\circ$$

$$p3 = 0,15mm; 135^\circ$$

$$p4 = 0,20mm; 180^\circ$$

Estas ecuaciones se repiten el número necesario de veces para obtener suficientes puntos para poder dibujar la espiral que se forma en el disco después del proceso de destroncado. En la siguiente tabla se encuentran los diferentes resultados para cada tiempo.

Tabla 3.2:Tabla de puntos del proceso de destroncado.

Punto	t (S)	θ °	d (mm)	Punto	t (S)	θ °	d (mm)
1	0	0	0	18	2,125	765	0,85
2	0,125	45	0,05	19	2,25	810	0,9
3	0,25	90	0,1	20	2,375	855	0,95
4	0,375	135	0,15	21	2,5	900	1
5	0,5	180	0,20	22	2,625	945	1,05
6	0,625	225	0,25	23	2,75	990	1,1
7	0,75	270	0,3	24	2,875	1035	1,15
8	0,875	315	0,35	25	3	1080	1,2
9	1	360	0,4	26	3,125	1125	1,25
10	1,125	405	0,45	27	3,25	1170	1,3
11	1,25	450	0,5	28	3,375	1215	1,35
12	1,375	495	0,55	29	3,5	1260	1,4
13	1,5	540	0,6	30	3,625	1305	1,45
14	1,625	585	0,65	31	3,75	1350	1,5
15	1,75	630	0,7	32	3,875	1395	1,56
16	1,875	675	0,75	33	4	1440	1,6
17	2	720	0,8				

Fuente: Grupo Investigador.

Para dibujar la espiral que se obtiene con los valores determinados anteriormente, se disponen todos los puntos encontrados en un plano cartesiano. Al unir cada punto se forma una espiral. Esta espiral representa el trazado de la punta de la plaquita por la superficie de frenado del disco. Todos los puntos calculados están dispuestos con color rojo en el siguiente gráfico.

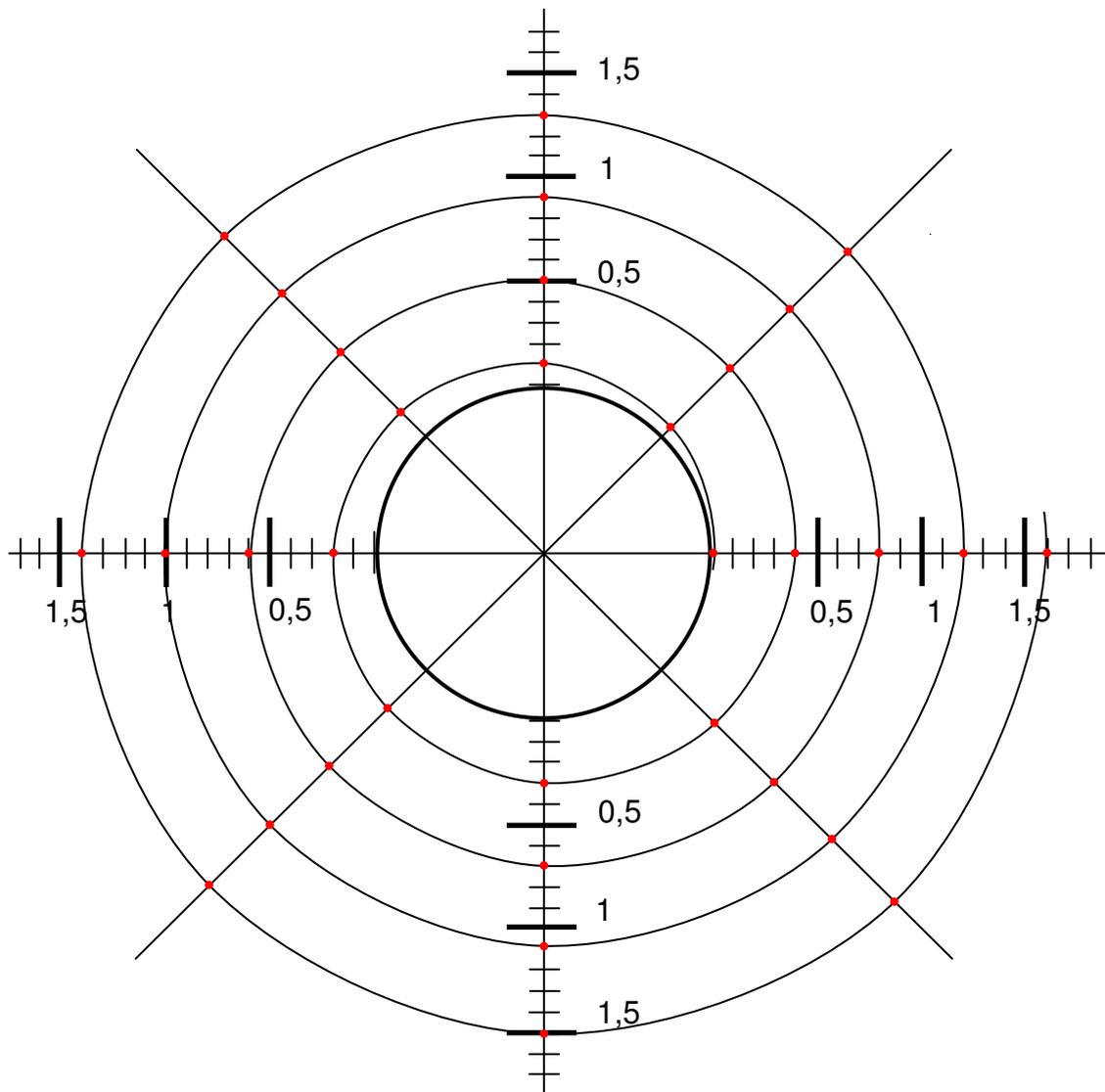


Figura 3.14: Espiral aritmética que traza la punta de plaquita sobre la superficie de frenado del disco.

Fuente: Grupo Investigador.

Para lograr un gráfico más detallado de cómo luce la superficie del disco de freno después del proceso de destroncado debemos incorporar el paso (B), la longitud de la cuerda de segmento circular o espesor de la huella que deja la cuchilla (L) y el ancho del relieve (Re). A continuación, se representa el gráfico teórico del proceso de destroncado de la superficie de un disco de freno.

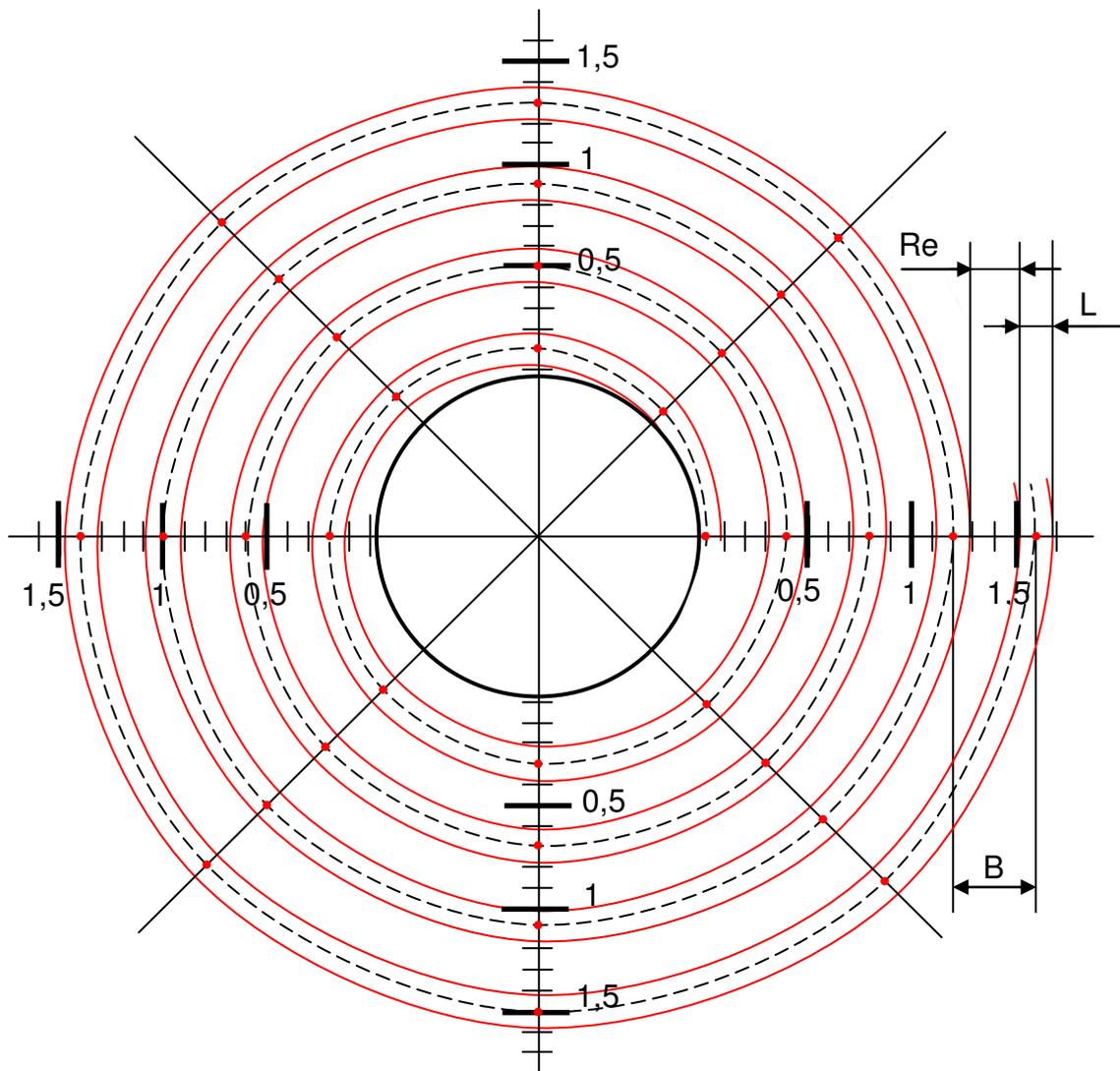


Figura 3.15: Superficie teórica de frenado del disco después del proceso de destroncado.

Fuente: Grupo Investigador.

3.2.6. ANÁLISIS DE LA SUPERFICIE DE FRENADO DESPUÉS DEL PROCEDIMIENTO DE CEPILLADO EN UN DISCO DE FRENO.

Datos:

Plaquita: TNAL160208EN

$$d_i = 117,8 \text{ mm}$$

$$d_e = 288 \text{ mm}$$

$$P = 1 \mu\text{m}$$

$$v = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$n = 60 \text{ r.p.m}$$

$$\gamma = 12^\circ$$

$$r = 0,8 \text{ mm}$$

Se calcula P_u , L , Re , N y t_p .

$$P_u = 0,00102234 \text{ mm}$$

$$L = 0,08 \text{ mm}$$

$$B = 0,15 \text{ mm}$$

$$Re = 0,07 \text{ mm}$$

$$N = 567,33 \text{ rev}$$

$$v_c = 0,534 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$h = \frac{d_e - d_i}{2}$$

$$h = \frac{288 - 117,8}{2}$$

$$h = 85,1 \text{ mm}$$

$$t_p = \frac{\pi \cdot d_e \cdot h \cdot i}{1000 \cdot v_c \cdot v}$$

$$t_p = \frac{\pi \cdot 170,85}{1000 \cdot 0,534 \cdot 0,15}$$

$$t_p = 566,74174 \text{ s}$$

Al igual que con el proceso de destroncado encontramos los puntos necesarios para poder dibujar la espiral que se forma en la superficie de frenado en el proceso de cepillado, para esto utilizamos la velocidad de avance y la velocidad de giro y las diferentes ecuaciones que rigen la espiral aritmética.

$$v = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$n = 60 \text{ r.p.m}$$

$$t_1 = 0,125s$$

$$t_2 = t_1 + 0,125s$$

$$t_3 = t_2 + 0,125s$$

$$t_4 = t_3 + 0,125s$$

Tabla 3.3:Tabla de puntos del proceso de cepillado.

Punto	t (S)	θ °	d (mm)	Punto	t (S)	θ °	d (mm)
1	0	0	0	18	2,125	765	0,3613
2	0,125	45	0,0213	19	2,25	810	0,3825
3	0,25	90	0,0425	20	2,375	855	0,4038
4	0,375	135	0,0638	21	2,5	900	0,425
5	0,5	180	0,085	22	2,625	945	0,4463
6	0,625	225	0,1063	23	2,75	990	0,4675
7	0,75	270	0,1275	24	2,875	1035	0,4888
8	0,875	315	0,1488	25	3	1080	0,51
9	1	360	0,17	26	3,125	1125	0,5313
10	1,125	405	0,1913	27	3,25	1170	0,5525
11	1,25	450	0,2125	28	3,375	1215	0,5738
12	1,375	495	0,2338	29	3,5	1260	0,595
13	1,5	540	0,255	30	3,625	1305	0,6163
14	1,625	585	0,2763	31	3,75	1350	0,6375
15	1,75	630	0,2975	32	3,875	1395	0,6588
16	1,875	675	0,3188	33	4	1440	0,68
17	2	720	0,34				

Fuente: Grupo Investigador.

Disponiendo y uniendo los puntos obtenemos el siguiente gráfico.

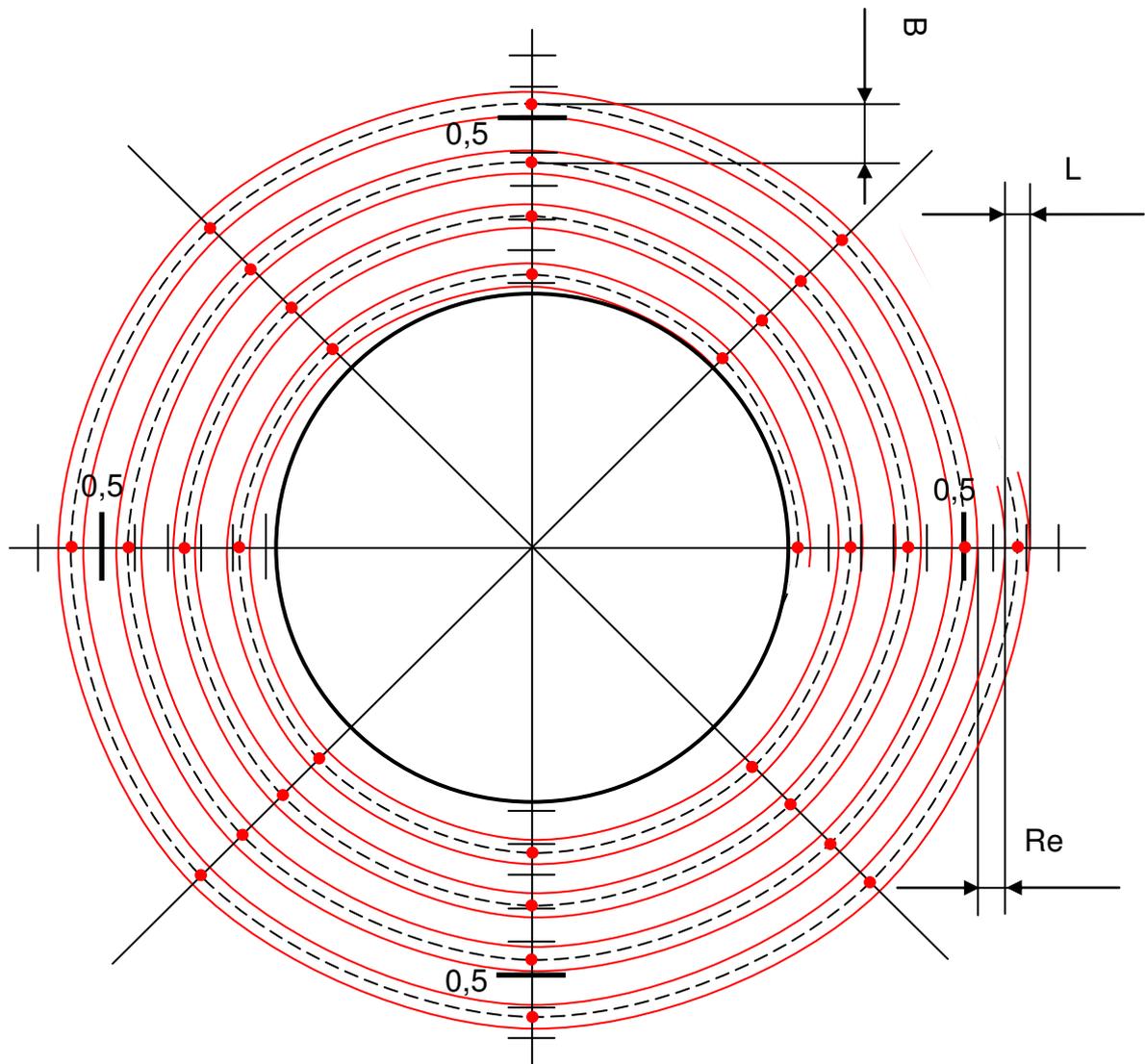


Figura 3.16: Superficie teórica de frenado del disco después del proceso de cepillado.

Fuente: Grupo Investigador.

Como se puede observar existe una gran diferencia entre los dos resultados de los procesos de rectificación. En el caso del proceso de cepillado se obtiene una superficie mas lisa al igual que en el caso de tambor al realizar el mismo proceso. A continuación se detalla una tabla de comparación de resultados de los análisis de las superficies de frenado después de los procedimientos de destroncado y cepillado en un disco de freno.

Tabla 3.4: Comparación de resultados.

Procedimiento de destroncado	Procedimiento de Acabado
Datos	Datos:
$di = 117,8mm$	$di = 117,8mm$
$de = 288mm$	$de = 288mm$
$P = 4\mu m$	$P = 1\mu m$
$v = 0,4 \text{ mm/s}$	$v = 0,15 \text{ mm/s}$
$n = 60 \text{ r.p.m}$	$n = 60 \text{ r.p.m}$
$\gamma = 12^\circ$	$\gamma = 12^\circ$
$r = 0,8 \text{ mm}$	$r = 0,8 \text{ mm}$
Resultados	Resultados
$Pu = 0,00408936mm$	$Pu = 0,00102234mm$
$L = 0,16 \text{ mm}$	$L = 0.08 \text{ mm}$
$B = 0,4 \text{ mm}$	$B = 0,15 \text{ mm}$
$Re = 0,24 \text{ mm}$	$Re = 0,09 \text{ mm}$
$N = 212,75 \text{ revoluciones}$	$N = 500,59 \text{ revoluciones}$
$tp = 212,52815 \text{ s}$	$tp = 566,74174 \text{ s}$
$vc = 0,534 \frac{mm}{s}$	$vc = 0,534 \frac{mm}{s}$

Fuente: Grupo Investigador.

Con respecto al acabado de la superficie de frenado del disco de freno ocurre lo mismo que en los procesos de rectificado del tambor de freno. Los valores de pu , L , Re y B se repiten en el proceso de destroncado como en el proceso de acabado, la única diferencia es la superficie en donde actúan. Es decir, en el proceso de destroncado la superficie posee un acabado tosco mientras que en el proceso de acabado la superficie presenta un acabado menos áspero.

CAPITULO 4

PROCESOS DE TRABAJO

4.1. RECTIFICACION DE DISCOS.

4.1.1. PROCESO DE MONTAJE.

1. Limpiar el disco con el producto apropiado.



Figura 4.1: Producto para limpieza de frenos.

Fuente: Grupo Investigador.

2. Verificar que el espesor del disco esté dentro de los límites establecidos por el fabricante.

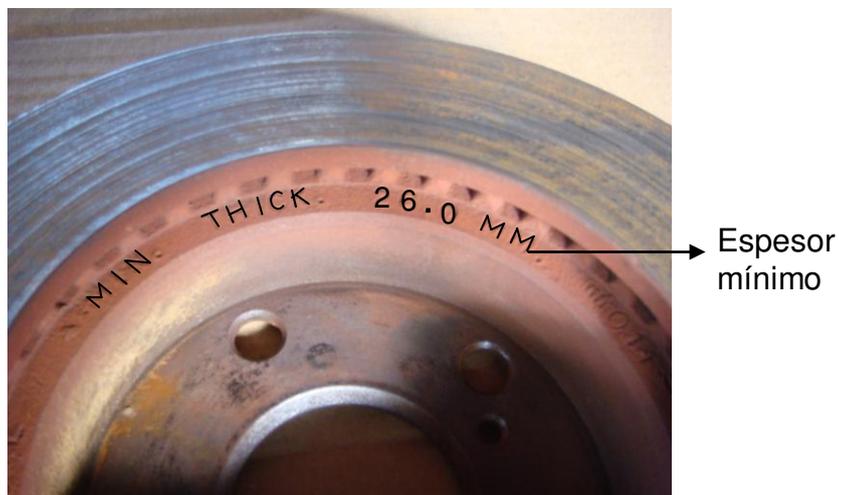


Figura 4.2: Grosor mínimo del disco.

Fuente: Grupo Investigador.

3. Observar daños en el disco y determinar si es posible rectificarlos.



Figura 4.3: Superficie de disco dañada.

Fuente: Grupo Investigador.

4. Aceitar ligeramente el perímetro interno del disco.



Figura 4.4: Perímetro interno del disco aceitado.

Fuente: Grupo Investigador.

5. Colocar el disco en el eje del porta-discos.

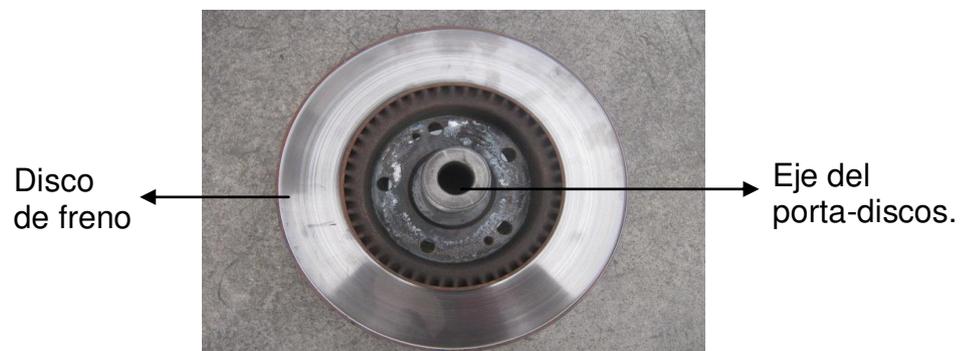


Figura 4.5: Disco en porta-discos paso 1.

Fuente: Grupo Investigador.

6. Colocar el cono del porta-discos.

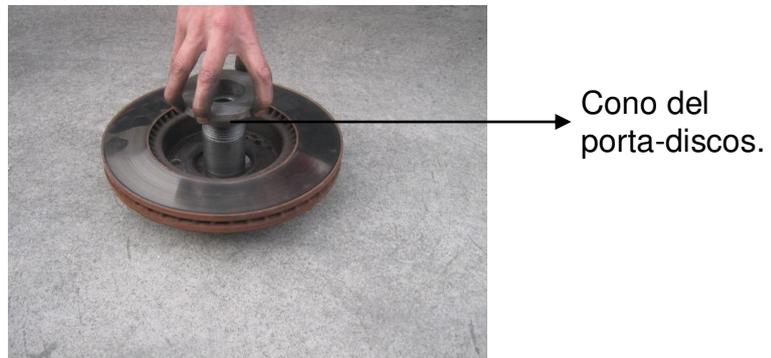


Figura 4.6: Disco en porta disco paso 2.

Fuente: Grupo Investigador.

7. Colocar el adaptador.

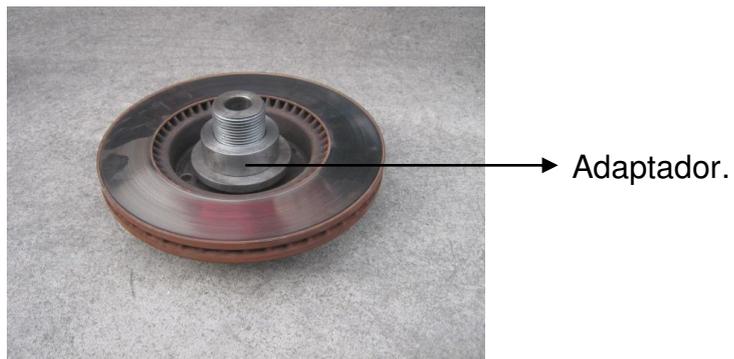


Figura 4.7: Disco en porta disco paso 3.

Fuente: Grupo Investigador.

8. Colocar la tuerca.

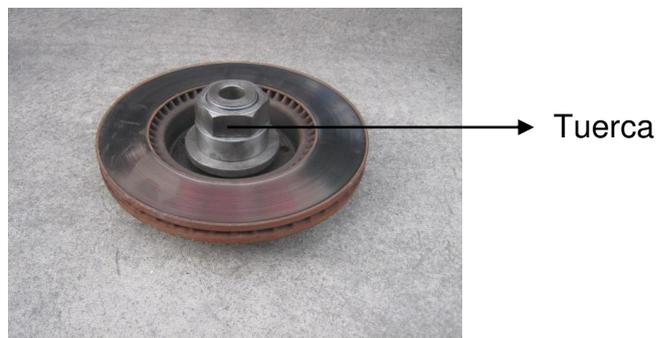


Figura 4.8: Disco en porta disco paso 4.

Fuente: Grupo Investigador.

9. Ajustar el conjunto.

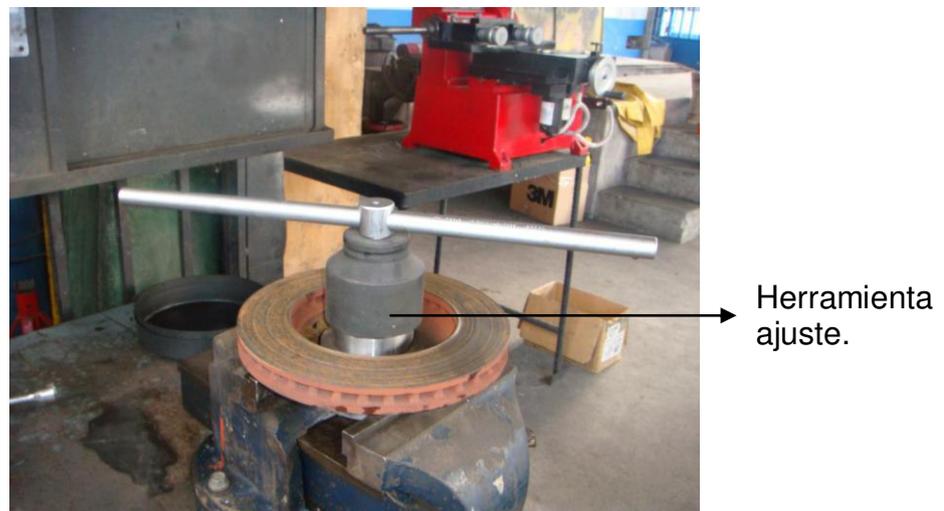


Figura 4.9: Disco en porta disco paso 5.

Fuente: Grupo Investigador.

10. Montar el conjunto en el eje de la rectificadora colocar el adaptador necesario, la tuerca de sujeción y ajustarlo.

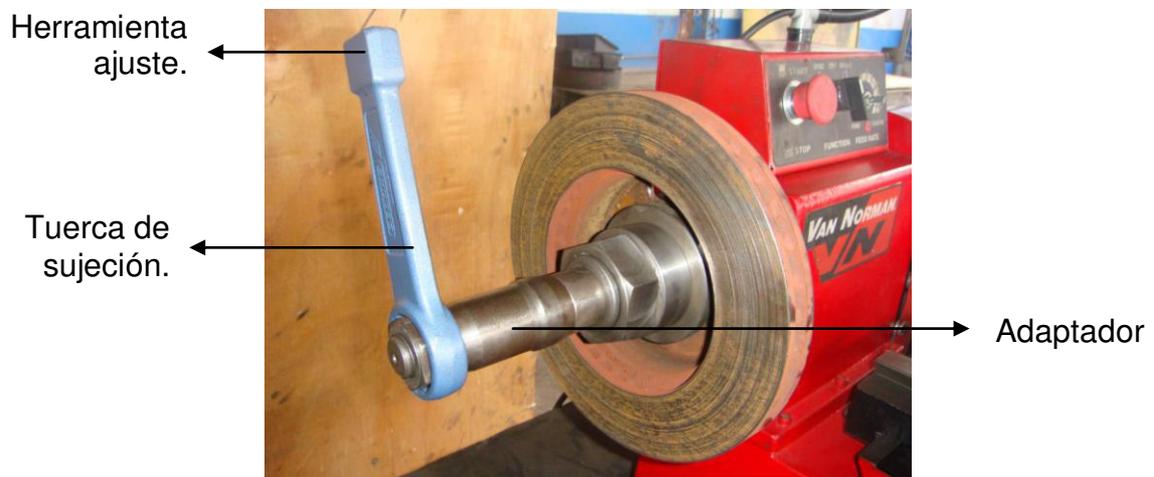


Figura 4.10: Conjunto completo en eje.

Fuente: Grupo Investigador.

4.1.2. PROCESO DE MONTAJE DE LA HERRAMIENTA DE CORTE.

1. Colocar el perno de sujeción en uno de los orificios del carro móvil.



Figura 4.11: Ajuste de perno de sujeción.

Fuente: Grupo Investigador.

2. Colocar el porta-cuchillas mandrinador de discos.

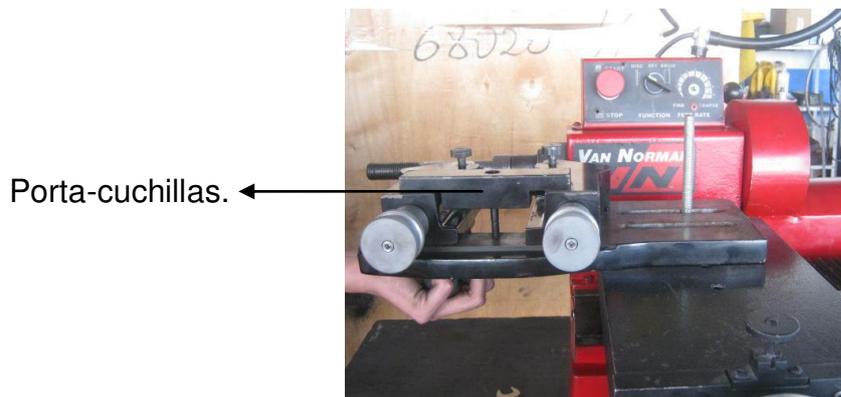


Figura 4.12: Porta-cuchillas mandrinador de discos sobre carro móvil.

Fuente: Grupo Investigador.

3. Colocar la placa metálica.

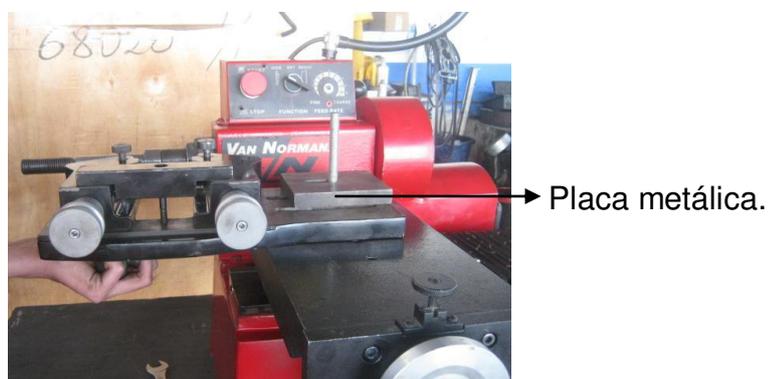


Figura 4.13: Placa metálica.

Fuente: Grupo Investigador.

4. Colocar la arandela de 2”.

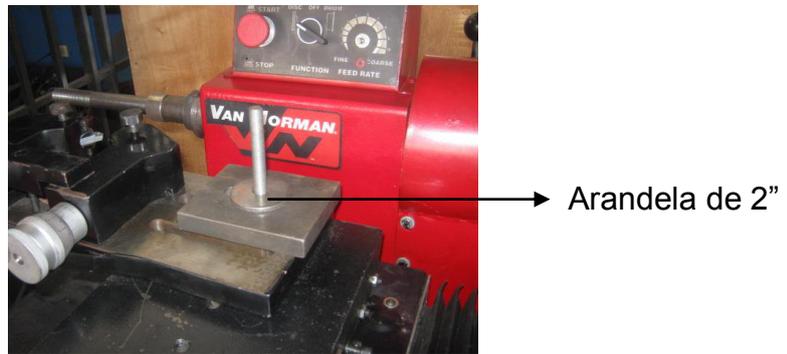


Figura 4.14: Arandela de 2”.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

5. Colocar la arandela de acero alto en carbono.



Figura 4.15: Arandela de acero alto en carbono.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

6. Colocar la tuerca sobre el conjunto y ajustar.

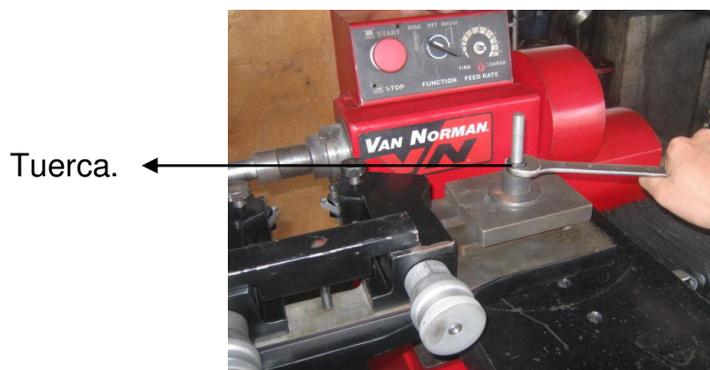


Figura 4.16: Ajuste del conjunto.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

7. Regular y ajustar las cuchillas en el porta-cuchillas mandrinador de discos.

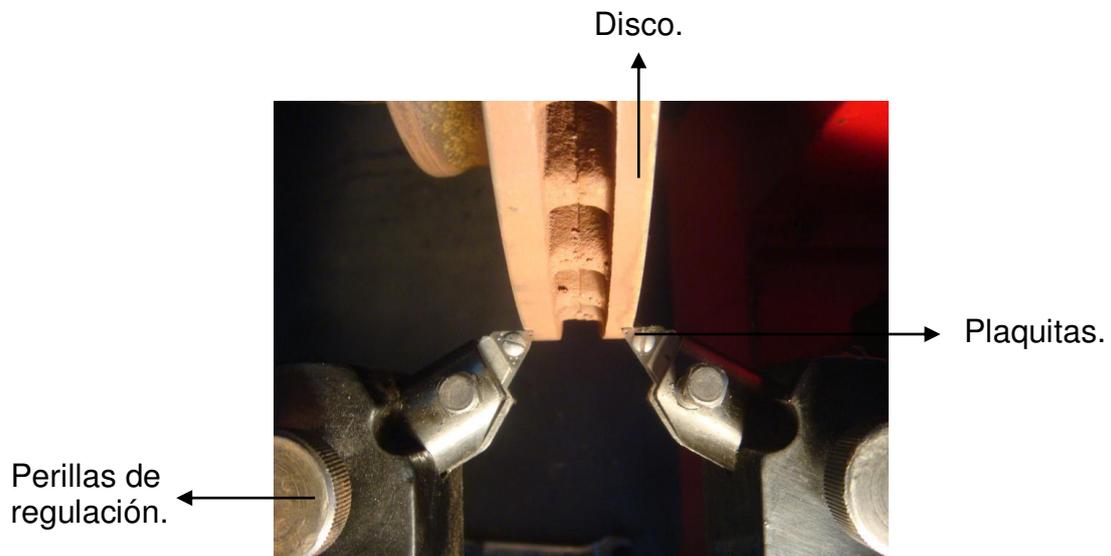


Figura 4.17: Regulación de cuchillas.

Fuente: Grupo Investigador.

4.1.3. PROCESO DE RECTIFICACIÓN.

1. Maquinar las cejas que se forman en las superficies interna y externa de frenado del disco que aparecen por el desgaste normal de la acción de las pastillas.

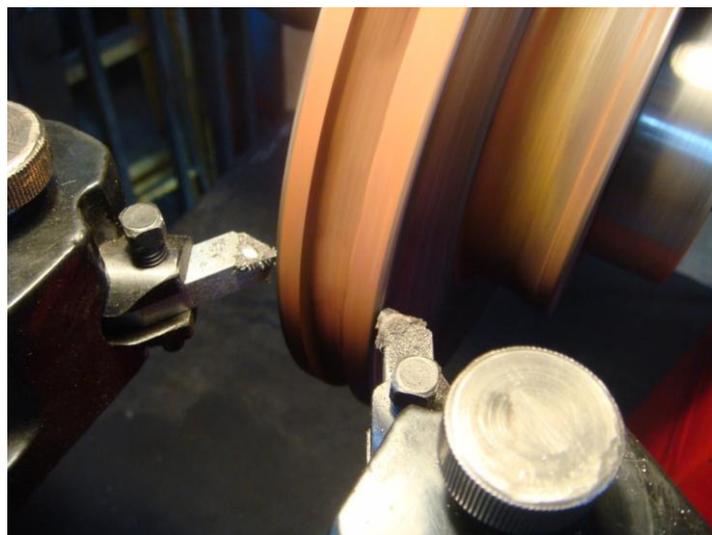


Figura 4.18: Proceso de maquinar cejas.

Fuente: Grupo Investigador.

2. Realizar la operación de destronque en toda la superficie de frenado del disco, iniciando siempre desde la parte interna de éste.



Figura 4.19: Operación de destronque.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

3. Realizar el cepillado.



Figura 4.20: Operación de cepillado.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

4. Limpiar el disco, se recomienda lijar levemente la superficie de frenado con lija número 180 para retirar cualquier residuo.

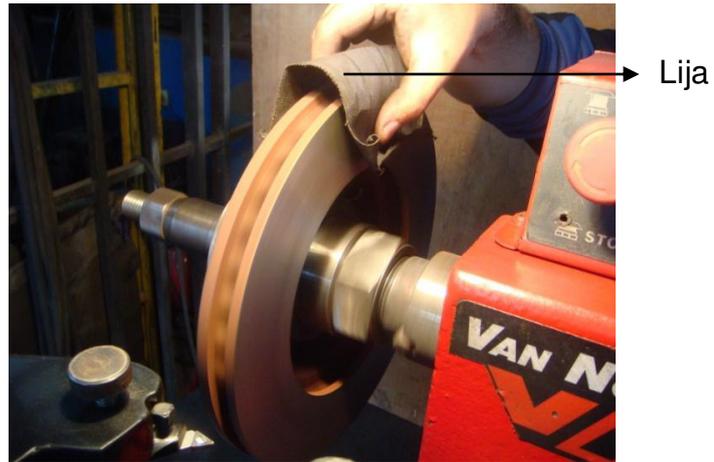


Figura 4.21: Limpieza del disco con lija.

Fuente: [Grupo Investigador](#).

5. Verificar que el nuevo espesor del disco esté dentro de los límites establecidos por el fabricante.



Figura 4.22: Medición del nuevo espesor.

Fuente: [Actualidadmotor.com](#)

4.2. RECTIFICACIÓN DE TAMBORES.

4.2.1. PROCESO DE MONTAJE DEL TAMBOR.

1. Limpiar el tambor con el producto apropiado.



Figura 4.23: Tambor a rectificar.

Fuente: Grupo Investigador.

2. Verificar que el diámetro interno no sobrepase la medida mínima establecida por el fabricante.



Figura 4.24: Diámetro máximo.

Fuente: Grupo Investigador.

3. Observar daños en la superficie de frenado del tambor y determinar si es posible rectificarlo o no.



Figura 4.25: Superficie de tambor rayada.

Fuente: Grupo Investigador.

4. Montar los adaptadores necesarios para el tambor en el eje.

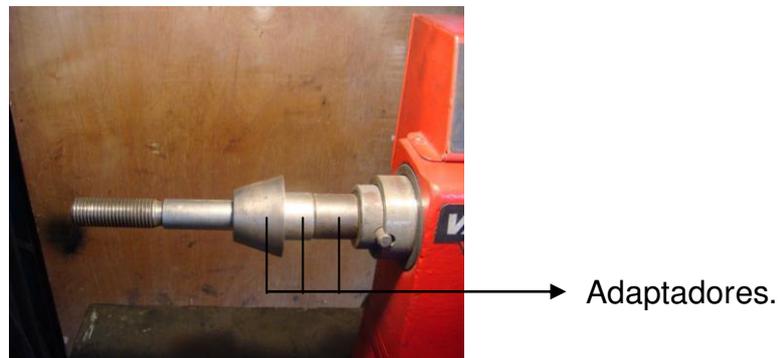


Figura 4.26: Adaptadores para tambor en eje.

Fuente: Grupo Investigador.

5. Montar el tambor.



Figura 4.27: Tambor en eje.

Fuente: Grupo Investigador.

6. Colocar el sujetador.

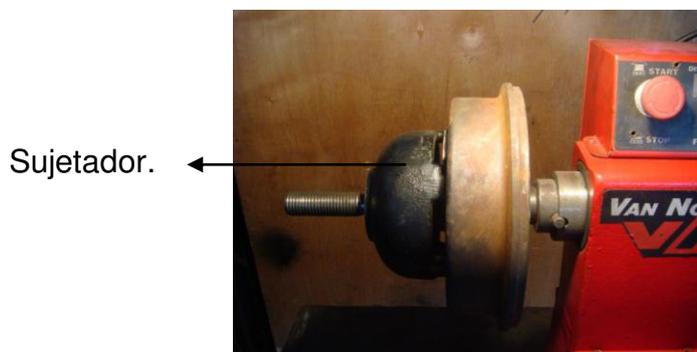


Figura 4.28: Conjunto de sujetador, tambor y adaptadores.

Fuente: Grupo Investigador.

7. Colocar el adaptador necesario, la tuerca de sujeción y ajustar el conjunto.

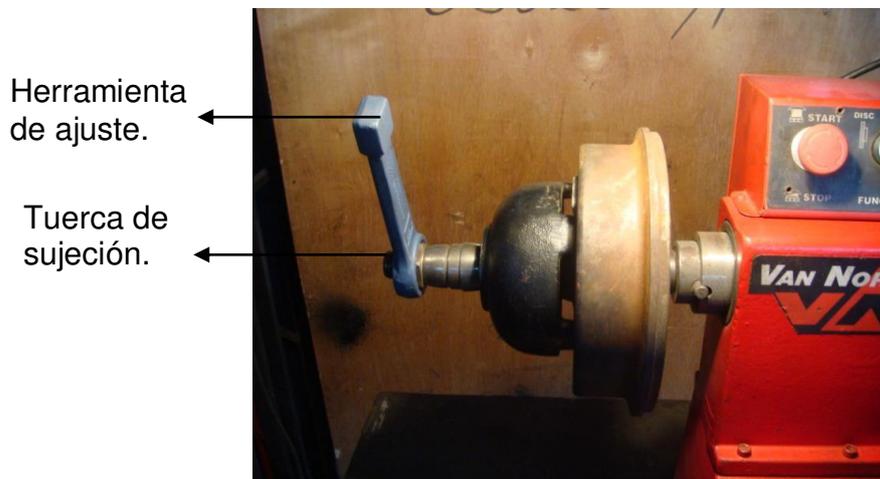


Figura 4.29: Ajuste de Conjunto completo.

Fuente: Grupo Investigador.

4.2.2. PROCESO DE MONTAJE DE LA HERRAMIENTA DE CORTE.

1. Colocar el perno de sujeción en el orificio que permita de mejor manera el trabajo de rectificación del tambor.



Figura 4.30: Ajuste de perno de sujeción.

Fuente: Grupo Investigador.

2. Colocar la parte inferior del soporte de sujeción para la herramienta cortante.

Soporte de sujeción.



Figura 4.31: Parte inferior del soporte de sujeción.

Fuente: Grupo Investigador.

3. Colocar la arandela de 2”.

Arandela de 2”.



Figura 4.32: Arandela de 2”.

Fuente: Grupo Investigador.

4. Colocar la arandela de acero alto carbono de 2 cm de espesor.

Arandela de acero alto en carbono.



Figura 4.33: Arandela de acero alto en carbono.

Fuente: Grupo Investigador.

5. Colocar la tuerca, no ajustar.

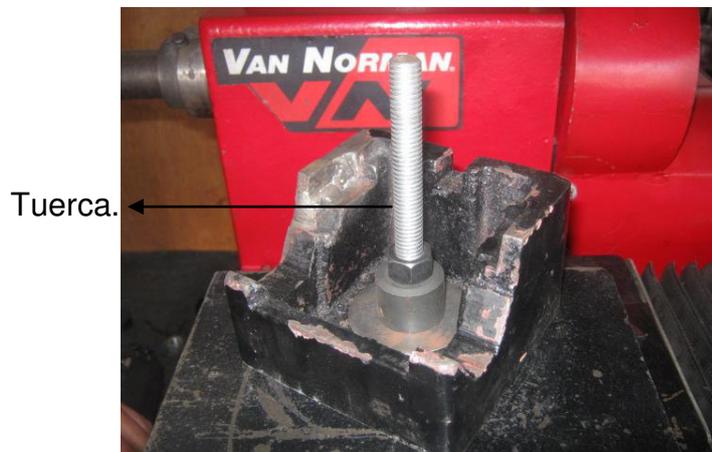


Figura 4.34: Tuerca.

Fuente: Grupo Investigador.

6. Colocar la herramienta cortante y calibrar el conjunto hasta que la cuchilla haga contacto con la superficie de frenado en la parte interna del tambor.

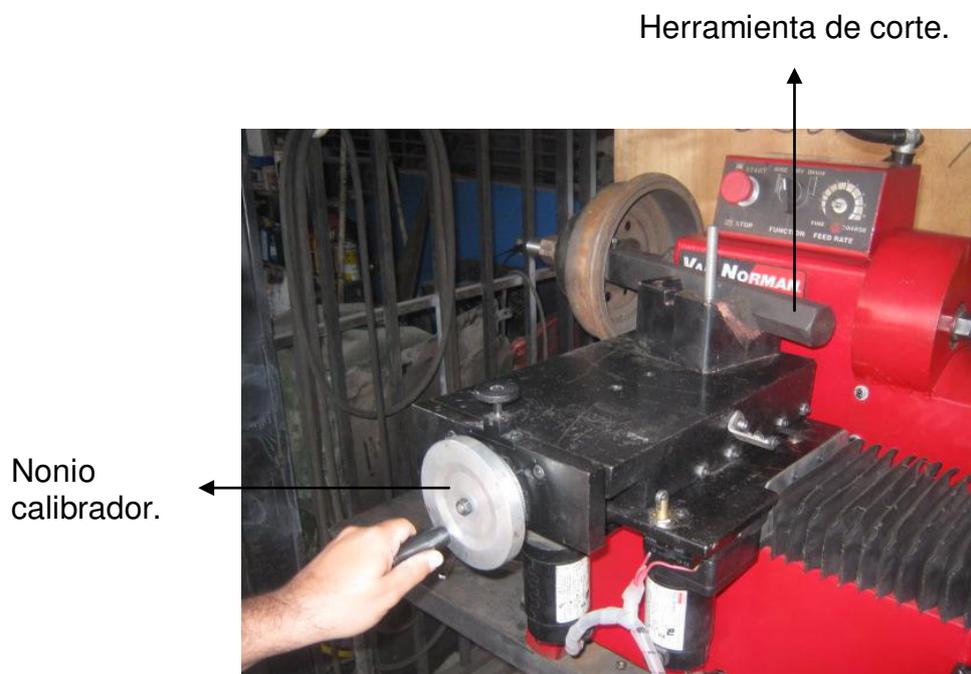


Figura 4.35: Calibración del conjunto.

Fuente: Grupo Investigador.

7. Retirar la herramienta cortante y ajustar.



Figura 4.36: Ajuste de la parte inferior del soporte de sujeción.

Fuente: Grupo Investigador.

8. Volver a colocar la herramienta de corte y la parte superior del soporte de sujeción.



Parte superior del soporte de sujeción.

Figura 4.37: Parte superior del soporte de sujeción.

Fuente: Grupo Investigador.

9. Colocar la arandela de acero alto en carbono de 1 cm de espesor.



Arandela de acero alto en carbono.

Figura 4.38: Arandela de acero alto en carbono.

Fuente: Grupo Investigador.

10. Colocar el perno y ajustar.



Figura 4.39: Ajuste del conjunto.

Fuente: Grupo Investigador.

4.2.3. PROCESO DE RECTIFICACIÓN.

1. Maquinar las cejas que se forman en las superficies interna y externa de frenado del tambor que aparece por el desgaste normal de la acción de las zapatas.



Figura 4.40: Proceso de maquinar cejas.

Fuente: Grupo Investigador.

2. Realizar la operación de destronque en toda la superficie de frenado del tambor iniciando siempre desde la parte interna de éste.

3. Realizar la operación de cepillado.
4. Se recomienda pasar lija número 180 en la superficie de frenado mientras el tambor todavía está en la máquina para retirar cualquier residuo.



Figura 4.41: Limpieza del Tambor con lija.

Fuente: Grupo Investigador.

5. Verificar si se ha logrado eliminar los daños.



Figura 4.42: Tambor terminado.

Fuente: Grupo Investigador.

6. Verificar que el nuevo diámetro del tambor esté dentro de los límites establecidos por el fabricante, para obtener el diámetro se debe utilizar un compás o un medidor de diámetros. Las medidas deben ser tomadas en el eje Y y Z.



Figura 4.43: Medición del nuevo diámetro

Fuente: <http://www.gunite.com>.

CONCLUSIONES

El movimiento de la cuchilla sobre la superficie del disco o tambor a rectificar forma una espiral, la cual dependiendo del valor del paso y del relieve determinan el acabado de la superficie. Un óptimo acabado depende de varios factores, entre los más relevantes está la plaquita con sus ángulos, formas y materiales, velocidad de avance, velocidad de giro y profundidad de pasada.

En el proceso de destroncado la profundidad del desbaste que realiza la cuchilla es mayor. El paso, la longitud de la cuerda del segmento circular de la cuchilla y el relieve son mayores, debido a que la velocidad de avance y la profundidad de corte también lo son. Esto genera una superficie con un alto coeficiente de fricción, lo podemos apreciar en el gráfico 3.10 y 3.15. El resultado es lo que el proceso de destroncado busca, su propósito no es conseguir una textura ideal sino dejar una superficie pareja para el proceso de acabado.

En el proceso de acabado el tambor gira un número mayor de veces, esto se debe a que su velocidad de avance es menor. La profundidad de pasada, el segmento circular de la cuchilla, el paso y el relieve son menores, generando un menor desbaste de material dando como resultado una superficie más lisa.

Al rectificar un tambor la velocidad de corte es la misma tanto en el proceso de destroncado como en el de acabado, ya que en el cálculo de la velocidad de corte no se toma en cuenta la velocidad de avance, sino la velocidad de giro. Al ser la velocidad de giro la misma para los dos procesos, la velocidad de corte no varía.

Al rectificar un disco la cuchilla crea diferentes diámetros a lo largo de la superficie, generando un sin número de velocidades de corte, el hecho de que no existe una sola velocidad de corte es irrelevante al acabado que produce el rectificado, debido a que la velocidad de giro y la velocidad de avance son constantes.

RECOMENDACIONES

Debido a la dureza de la plaquita, no se debe exceder más de dos micrones en cada operación de desbaste, para evitar la fracturación de la punta de ésta.

De los diversos materiales que se utilizan en las plaquitas, el más recomendado para utilizar es el carburo de tungsteno más conocido como widia, ya que este posee la dureza necesaria para rectificar los materiales con los que están generalmente elaborados los discos y tambores como son las fundiciones de hierro y fundiciones maleables blancas. Su precio es relativamente económico en comparación a materiales más duros como cerámicas, cermets o diamantes

Se recomienda utilizar una plaquita en la cual la suma de los ángulos de incidencia, filo y desprendimiento sean igual a 90 grados, debido a que el diseño del porta plaquitas con el que trabaja la máquina pose un ángulo fijo ideal para los procesos de rectificación. Este ángulo vendría a conformar el ángulo de desprendimiento que es igual a 12 grados

Realizar mantenimiento constante para mantener la maquinaria en buen estado.

Mantener en stock repuestos de la maquinaria para poder reparar en caso de daño.

Seguir manuales de procedimiento de desmonte y ensamblaje de las piezas.

BIBLIOGRAFIA

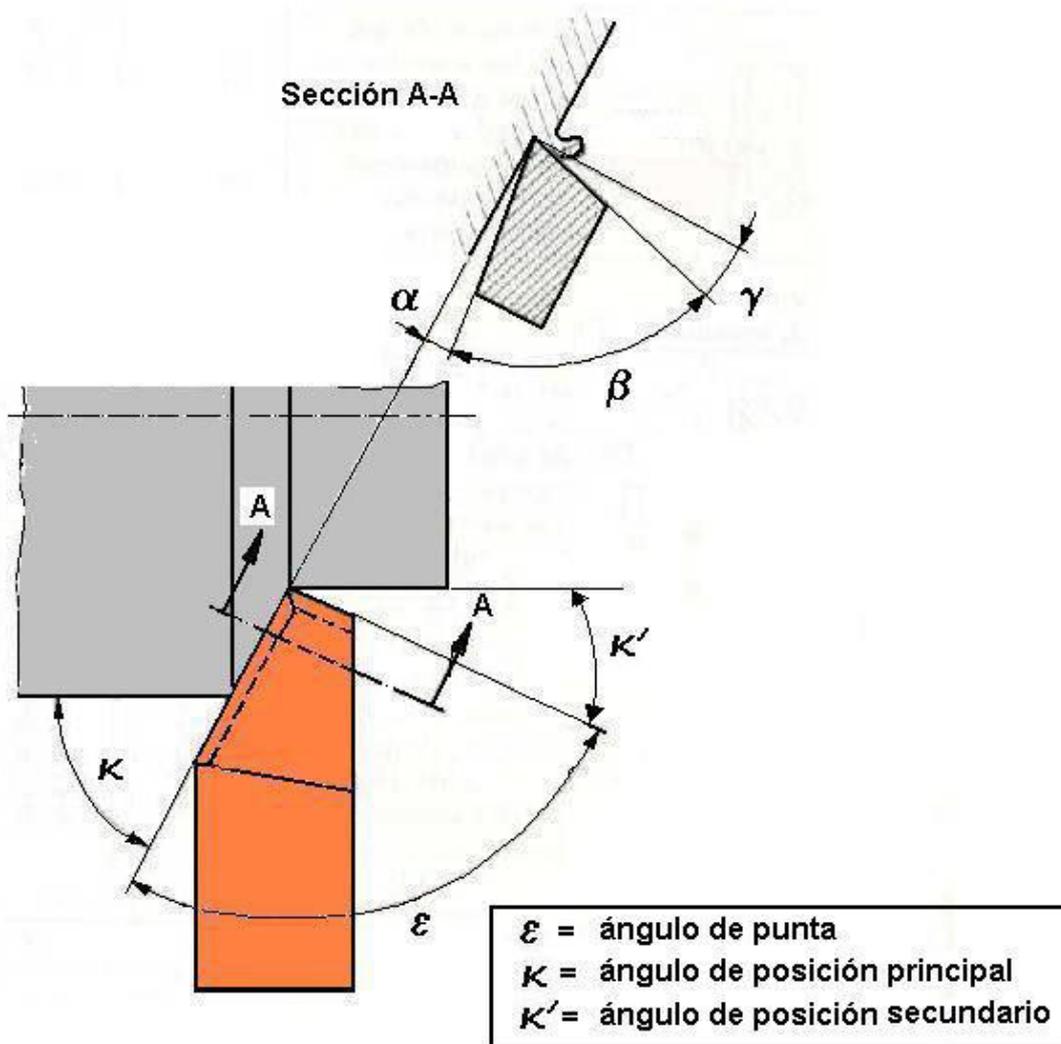
- APPOLD Hans, FEILER Kurt, REINHARD Alfred, SCHMIAT Paul, Tecnología de los metales GTZ, 1984, Editorial Reverte S.A. Barcelona.
- Biblioteca Profesional (EPS). Tecnología mecánica. Toma II. Ediciones Don Bosco, 1974, Barcelona.
- Diccionario Enciclopédico Vox 1. © 2009 Larousse Editorial, S.L.
- G. Hamm, G. Burk, Tablas de la técnica del automóvil edición alemana, 1986, Editorial Reverte S.A. Barcelona.
- GERLING HEINRICH, Alrededor de las Máquinas-Herramientas, España.
- KRAR Oswald, Operación de máquinas herramientas, Mc Graw Hill.
- Manual Moderno del Tornero Mecánico. Primera edición, José Montesco – 1935, Editorial Aribau 204, Barcelona.
- ORIOL AVILA Jose, Métodos y tiempos en el torno cilíndrico, Edición CEDEL, 1975, Montesco.
- P.M. Dexezhni, G.M. Stiskin, I.E. Tjor, Manual del tornero, Editorial MIR, Moscú.
- SERTER Leyen, Tecnología de los Oficios Metalúrgicos. 1974, Editorial Reverte.

LINKOGRAFIA

- http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/Temario2_V.html
- <http://www.aprendizaje.com.mx/curso/proceso2/practicas/torno-desarrollo/capi8.htm>
- http://www.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech_guide/spa/MTG_A.PDF
- http://www.gwrauto.com/brake_tools.html
- <http://www.interempresas.net/PrimeraPagina/Articulos/1435-Evolución-técnica-de-la-máquina-herramienta-Reseña-histórica.html>
- http://www.labourasociados.com/PDF%20Maxi/Mecanica%20industrial/htas_FRESA.pdf
- <http://www.mitecnológico.com/Main/TrabajosDeTorno>
- <http://www.roadhouse.es/>
- http://www.sandvik.com/sandvik/3200/Internet/Coromant/es02001.nsf/GenerateTopFrameset?ReadForm&menu=&view=http%3A//www.sandvik.com/sandvik/3200/internet/coromant/es02002.nsf/Alldocs/Information*Material*2ADownload*catalogues&banner=/sandvik/3200/Internet/Coromant/es02001.nsf/LookupAdm/BannerForm%3FOpenDocument

ANEXO 1

ÁNGULOS SECUNDARIOS



ANEXO 2

IDENTIFICACIÓN ISO DE PLAQUITAS

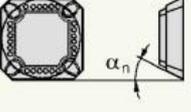
S
F
R
K
12
T3
08
T
N

Primer Dígito.

Forma de la plaquita					
C		80°	A		85°
D		55°	B		82°
E		75°	K		55°
F		50°	H		120°
V		35°	O		135°
R		-	P		108°
S		90°	L		90°
T		60°	M		86°
W		80°			

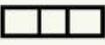
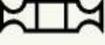
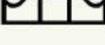
Segundo Dígito.

Angulo de incidencia	
A	3° 
B	5° 
C	7° 
D	15° 
E	20° 
F	25° 
G	30° 
N	0° 
P	11° 

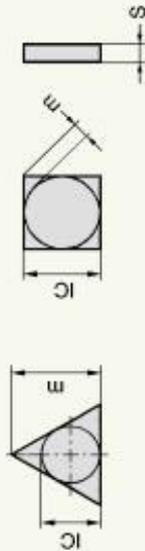


O Otros ángulos de incidencia con descripción específica

Tercer Dígito.

Tipo de plaquita	
A	
G	
M	
N	
R	
W	 
T	
X	No estándar

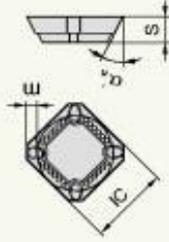
Tolerancias



IC: Diámetro teórico del círculo inscrito
 m: Altura de la esquina
 s: Espesor

Clase	Tolerancias (mm)		
	m	IC	s
A	±0,005	±0,025	±0,025
F	±0,005	±0,013	±0,025
C	±0,013	±0,025	±0,025
H	±0,013	±0,013	±0,025
E	±0,025	±0,025	±0,025
G	±0,025	±0,025	±0,13

Clase	Tolerancias (mm)		
	m	IC	s
J	±0,005	±0,05~±0,13*	±0,025
K	±0,013	±0,05~±0,13*	±0,025
L	±0,025	±0,05~±0,13*	±0,025
M	±0,08~±0,18*	±0,05~±0,13*	±0,13
N	±0,08~±0,18*	±0,05~±0,13*	±0,025
U	±0,13~±0,38*	±0,08~±0,25*	±0,13



*) La tolerancia depende del tamaño de IC de la plaqueta. Vea las tablas abajo.

Clase de tolerancia para la dimensión m

Clase	Tolerancias (mm)					
	S	T	C	W	V	D
m	±0,08	±0,08	±0,13	±0,15	±0,18	±0,18
6,35						
9,525						
12,7						
15,875						
19,05						
25,4						

Clase de tolerancia para la dimensión IC

Clase	Tolerancias (mm)					
	S	T	C	D	V	R
IC	±0,05	±0,05	±0,08	±0,10	±0,10	±0,10
6,35						
9,525						
12,7						
15,875						
19,05						
25,4						

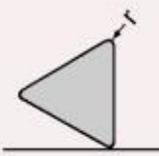
Quinto Dígito.

Longitud de filo de corte							
IC d (mm)	R 	S 	T 	C 	D 	V 	W 
3,97			06				03
4,76			08				
5,0	05						
5,56			09				
6,0	06						
6,35		06	11	06	07		
7,94		07		08			05
8,0	08						
9,525	09	09	16	09	11	16	
10	10						
12	12						
12,7	12	12	22	12	15		08
15,875	15	15	27	16	19		10
16	16						
19,05	19	19		19			
20	20						
25	25						
25,4	25	25					
31,75	31	31					
32	32						

Sexto Dígito.

Espesor	
	
02	s = 2,38 mm
03	s = 3,18
T3	s = 3,97
04	s = 4,76
05	s = 5,56
06	s = 6,35
07	s = 7,94
09	s = 9,52

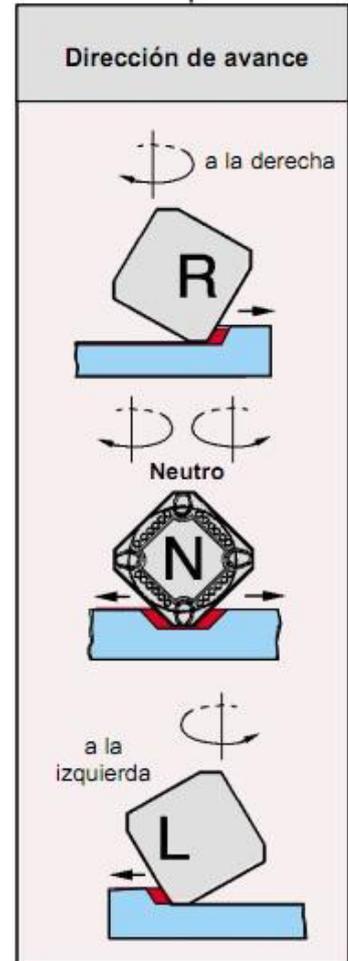
Octavo Dígito.

Radio	
Radio (mm)	
	
02	- 0,2
04	- 0,4
08	- 0,8
12	- 1,2
16	- 1,6
20	- 2,0
24	- 2,4

Noveno Dígito.

Condición del filo	
F	 Vivo
E	 Redondo
T	 Chafilán
S	 Redondo + chafilán

Décimo Dígito.



ANEXO 3

ÁNGULOS IDEALES PARA RECTIFICAR CADA TIPO DE MATERIAL

MATERIALES		A. Rápido		Metal duro ^{e)}			
		α_n	γ_n	α_n	γ_n		
				(1)	(2)		
ACEROS	a/C.	Resistencia $\sigma_r \leq 50$ Kg/mm ²	9 ÷ 11	15 ÷ 25	6 ÷ 8	8 ÷ 15	-10 ÷ 6
		Resist. $50 < \sigma_r \leq 70$ Kg/mm ²	8 ÷ 10	15 ÷ 25	6 ÷ 8	6 ÷ 12	-10 ÷ 6
		Resist. $70 < \sigma_r \leq 85$ Kg/mm ²	7 ÷ 9	15 ÷ 20	5 ÷ 7	4 ÷ 8	-10 ÷ 6
		Resist. $85 < \sigma_r \leq 100$ Kg/mm ²	7 ÷ 9	10 ÷ 15	5 ÷ 6	3 ÷ 7	-10 ÷ 6
	Aleados	Resistencia $\sigma_r \leq 85$ Kg/mm ²	7 ÷ 9	10 ÷ 15	5 ÷ 7	4 ÷ 8	-10 ÷ 0
		Resist. $85 < \sigma_r \leq 100$ Kg/mm ²	7 ÷ 9	8 ÷ 14	5 ÷ 7	3 ÷ 7	-10 ÷ 0
		Resist. $100 < \sigma_r \leq 140$ Kg/mm ²	6 ÷ 8	5 ÷ 10	5 ÷ 6	1 ÷ 5	-10 ÷ 0
		Resist. $140 < \sigma_r \leq 180$ Kg/mm ²	6 ÷ 8	5 ÷ 10	5 ÷ 6	0 ÷ 4	-10 ÷ 0
		A. de htas recocidos	7 ÷ 9	6 ÷ 12	4 ÷ 6	3 ÷ 7	-6 ÷ 6
		Acero duro al Mn.	5 ÷ 7	3 ÷ 7	4 ÷ 6	0 ÷ 4	-6 ÷ 6
	Acero inoxidable	8 ÷ 10	10 ÷ 15	6 ÷ 8	5 ÷ 10	-10 ÷ 5	
	Acero moldeado	8 ÷ 10	9 ÷ 10	6 ÷ 8	8 ÷ 10	-6 ÷ 6	
FUNDICION	Gris HB < 200	8 ÷ 10	12 ÷ 18	6 ÷ 8	6 ÷ 12		
	Gris HB > 200	7 ÷ 9	10 ÷ 15	5 ÷ 7	4 ÷ 9		
	Gris aleada $200 < HB < 400$	5 ÷ 7	5 ÷ 10	3 ÷ 5	0 ÷ 5		
	Dura en coquilla ≥ 400 HB	3 ÷ 5	-3 ÷ 5	2 ÷ 4	-10 ÷ 0		
	Maleable	7 ÷ 9	10 ÷ 15	5 ÷ 7	5 ÷ 10		
ALEACIONES PESADAS	Cobre	10 ÷ 12	20 ÷ 30	7 ÷ 9	10 ÷ 20		
	Colectores eléctricos, C	10 ÷ 12	11 ÷ 20	7 ÷ 9	6 ÷ 15		
	Bronce moldeado	10 ÷ 12	15 ÷ 20	7 ÷ 9	6 ÷ 12		
	Bronce fosforoso	11 ÷ 13	12 ÷ 17	6 ÷ 8	6 ÷ 12		
	Latón estirado	8 ÷ 10	10 ÷ 15	6 ÷ 8	5 ÷ 10		
	Latón moldeado	8 ÷ 10	8 ÷ 12	6 ÷ 8	5 ÷ 10		
	Aleaciones de Zinc	10 ÷ 16	10 ÷ 12	10 ÷ 14	8 ÷ 10		
ALEACIONES LIGERAS	Aluminio	14 ÷ 16	20 ÷ 30	10 ÷ 12	10 ÷ 20		
	Duraluminio $\sigma_r \leq 40$ Kg/mm ²	12 ÷ 14	15 ÷ 25	8 ÷ 12	10 ÷ 14		
	Duraluminio $40 < \sigma_r \leq 60$	12 ÷ 14	5 ÷ 15	6 ÷ 12	10 ÷ 14		
	Siluminio y Alusil	10 ÷ 12	6 ÷ 15	6 ÷ 12	10 ÷ 12		
	Electrón	12 ÷ 14	25 ÷ 35	8 ÷ 10	15 ÷ 25		

(1) para cortes ligeros (2) para cortes fuertes

Notas:

- 1) Angulo de despulla.- Para trabajos ligeros tomar los valores superiores. Para trabajos fuertes, tomar los valores inferiores. Para trabajos medios, tomar valores medios.
- 2) Angulo de desprendimiento.- Para avances hasta 0,4 mm, tomar los valores superiores. Para avances superiores a 0,8 mm tomar los valores inferiores. Para avances entre 0,4 y 0,8 mm., tomar valores medios.
- 3) Para trabajar aceros muy duros se recomienda trabajar con un ángulo de desprendimiento negativo de valor absoluto igual al de despulla.
- 4) Para acabado, con corte continuo, aumentar el ángulo de desprendimiento de 1° a 2°.

<i>Material a trabajar</i>	λ_s°
Desbaste de acero y fundición	-3 a -5
Desbaste de Al. y Cu	-5 a -10
Acabado	0

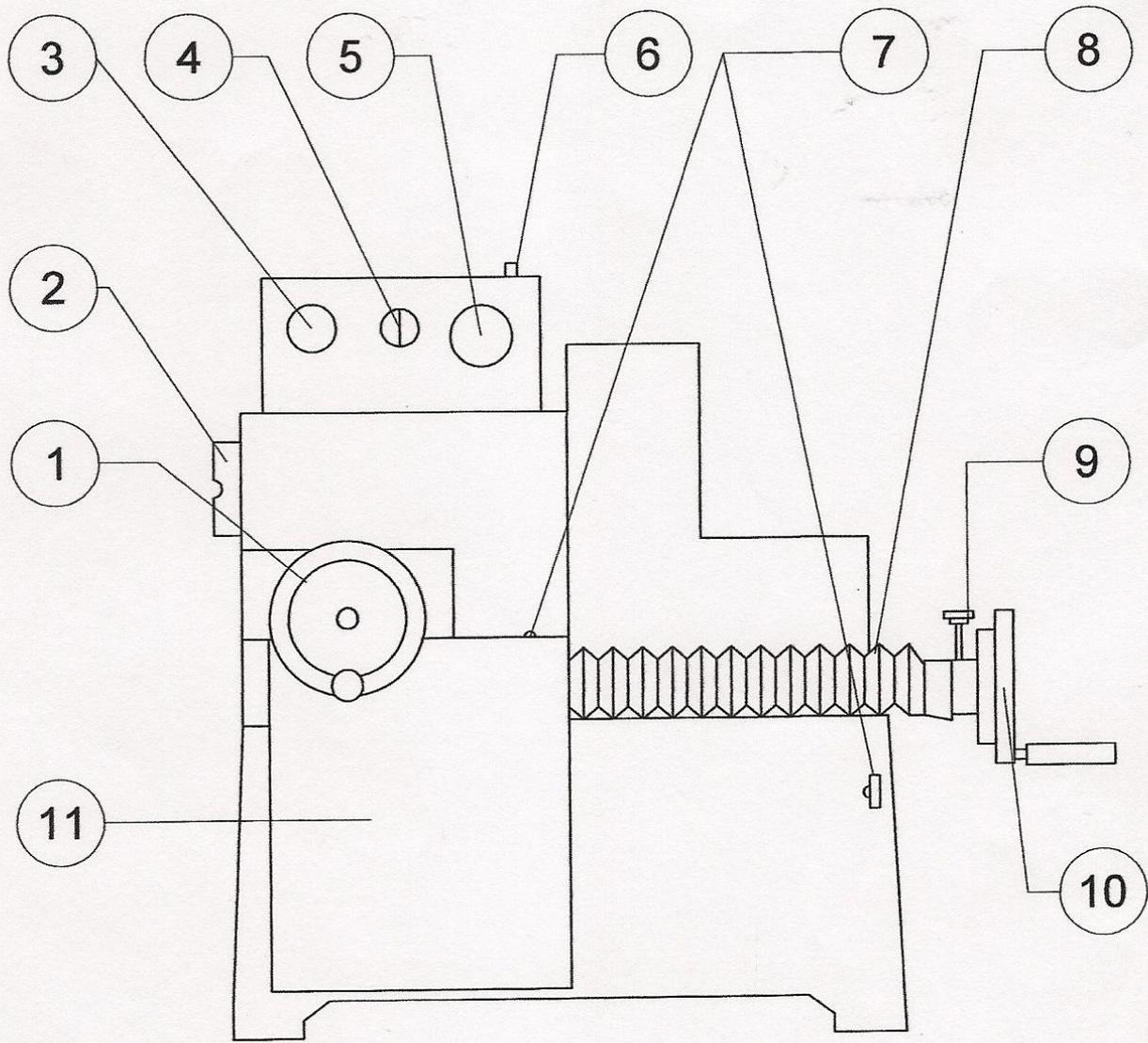
ANEXO 4

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA LAS CUCHILLAS

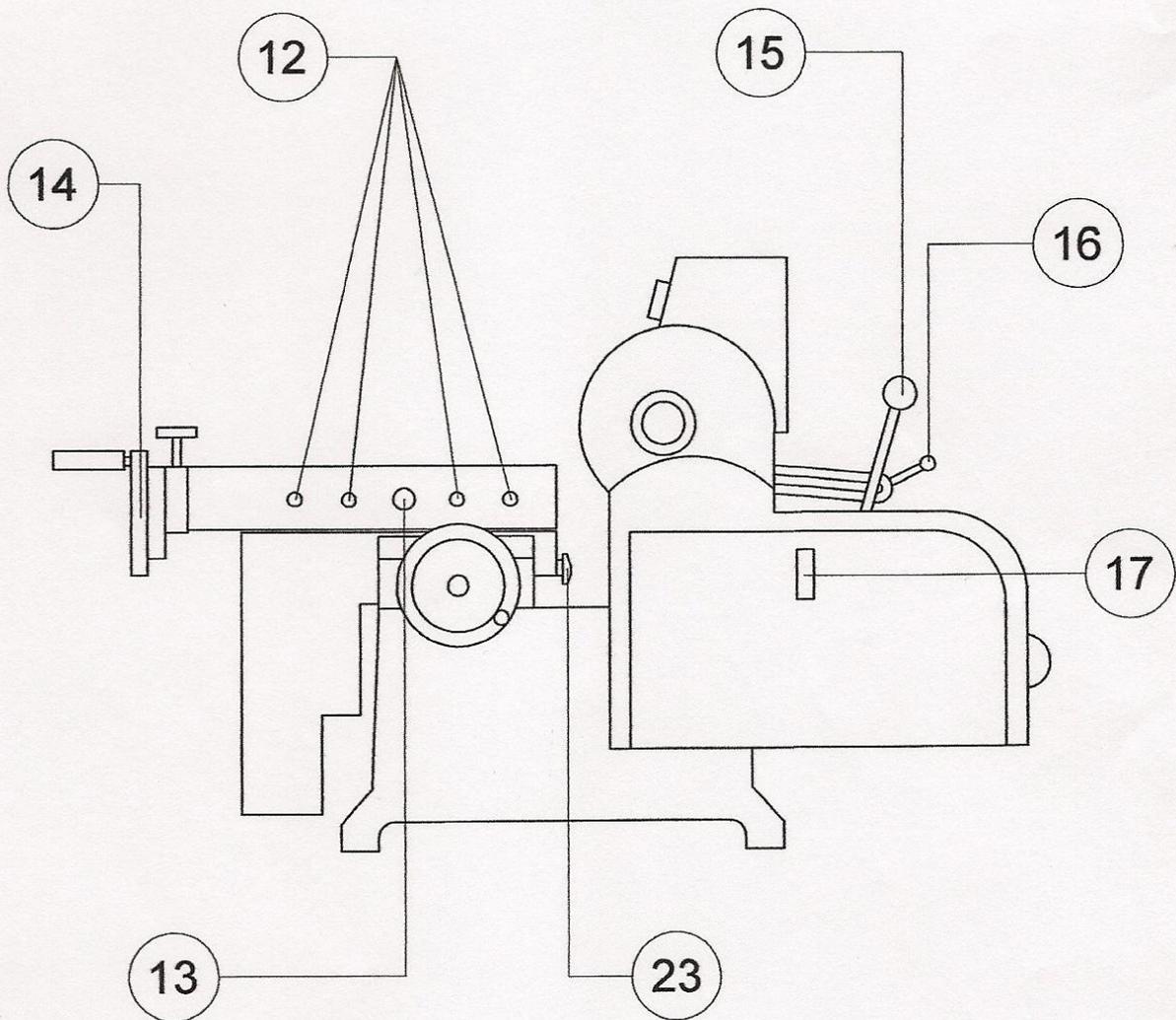
Propiedades	Aceros rápidos	Aleaciones coladas	WC	TiC _{max}	Ceramicas	Nitruro de boro cubico	Diamante monocristal
Dureza	83-86 HRA	82-84 HRA 46-62 HRC	90-95 HRA 1800-2400 HK	91-93 HRA 1800-3200 HK	91-95 HRA 2000-3000HK	4000-5000HK	7000-8000HK
Resistencia a la compresión MPa; Psi x 10 ³	4100-4500 600-650	1500-2300 220-335	4100-5850 600-850	3100-3850 450-560	2750-4500 400-650	5900 1000	6900 1000
Resistencia a la ruptura transversal MPa; Psi x 10 ³	2400-4800 350-700	1380-2050 200-300	1050-2600 150-375	1380-1900 200-275	345-950 50-135	700 105	1350 200
Resistencia al impacto J; Pulg-lb	1.35-2 12-70	0.34-1.25 3-11	0.34-1.35 3-12	0.79-1.24 7-11	<0.1 <1	<0.5 <5	<0.2 <2
Modulo de elasticidad GPa; Psi x 10 ⁶	200 30		520-690 75-100	310-450 45-65	310-410 45-60	850 125	820-1050 120-150
Densidad Kg/m ³ ; Lb/plg ³	3600 0.31	8000-8700 0.29-0.31	10.00-15.000 0.36-0.54	5500-5800 0.2-0.22	4000-4500 014-0.16	3500 0.13	3500 0.13
Volumen de Fase dura %	7-15	10-20	70-90		100	95	95
Temperatura de fusión o descomposición °C °F	1300 2370		1400 2550	1400 2550	2000 3600	1300 2400	700 1300
Conductividad térmica W/mK	30-50		42-125	17	29	12	500-2000
Coefficiente de dilatación térmica X10 ⁻⁵ /°C	2		4-6.5	7.5-8	6-8.5	4.8	1.5-4.8

ANEXO 5

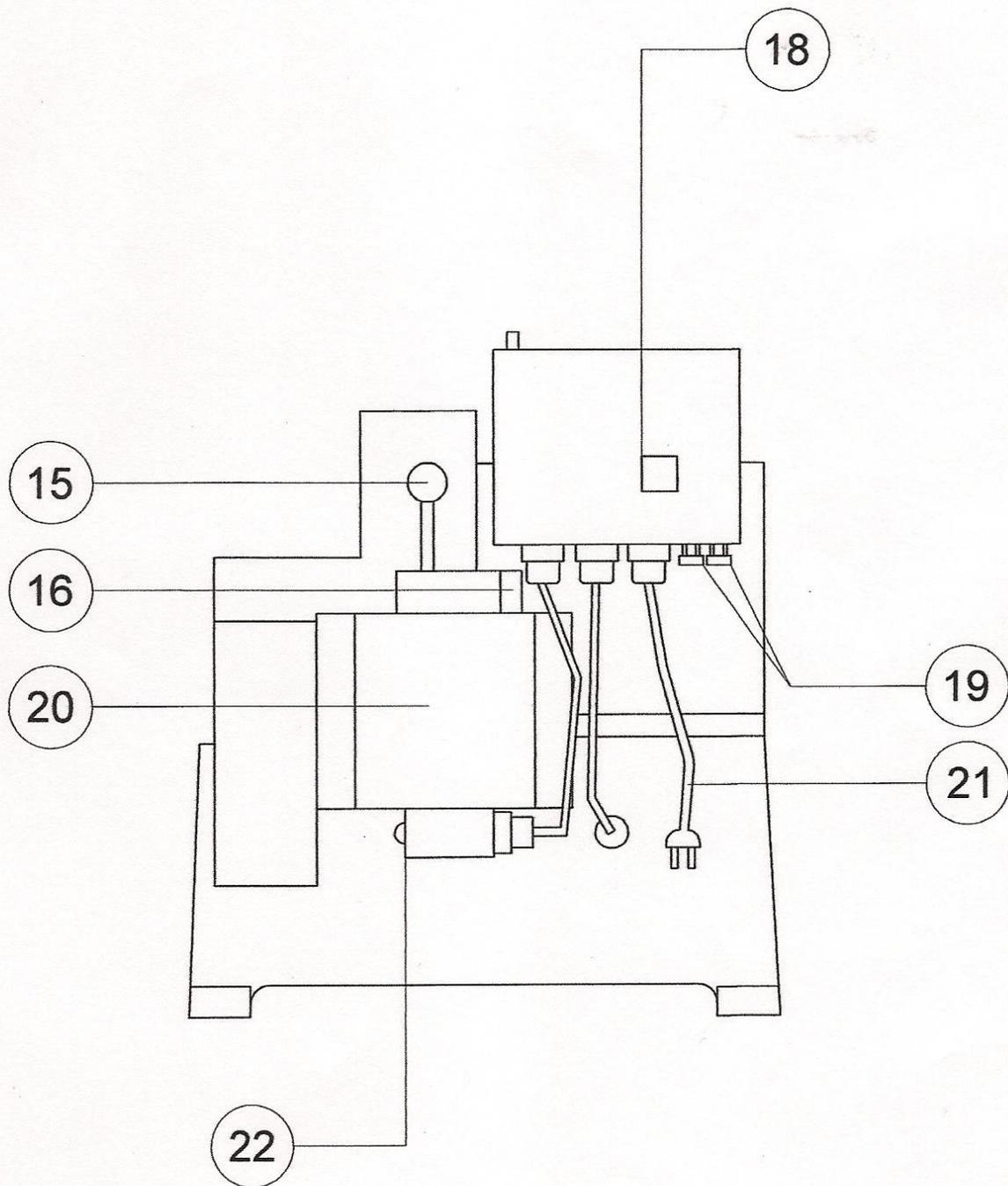
**PARTES DE LA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN
103**



6	ADAPTADOR PARA LAMPARA DE TRABAJO	1			
5	PONTENCIOMETRO	1	11	MOTORES DE VELOCIDAD VARIABLE	1
4	SWITCH DE FUNCION	1	10	NONIO PARA RIEL DE TAMBORES	1
3	SWITCH PRINCIPAL DE PODER	1	9	TORNILLO DE BLOQUEO PARA LA RIEL DE TAMBOR	1
2	PORTA EJE	1	8	COVERTOR DE RIEL	1
1	NONIO DE LA RIEL PARA DISCOS	1	7	SWITCH LIMITE	2
REF	DENOMINACION	CANT.	REF	DENOMINACION	CANT.
ANALISIS DE ANGULOS Y MATERIALES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN 103		U.I.D.E		FECHA	08/12/2011
				DIB	DIEGO BENAVIDES
				TUT	ING: ABEL REMACHE
TEMA:		ESCALA:	PLANO		TOL. GRAL.:
VISTA FRONTAL DE RECTIFICADORA VAN NORMAN 103		1 : 50	1.00		± 0.3



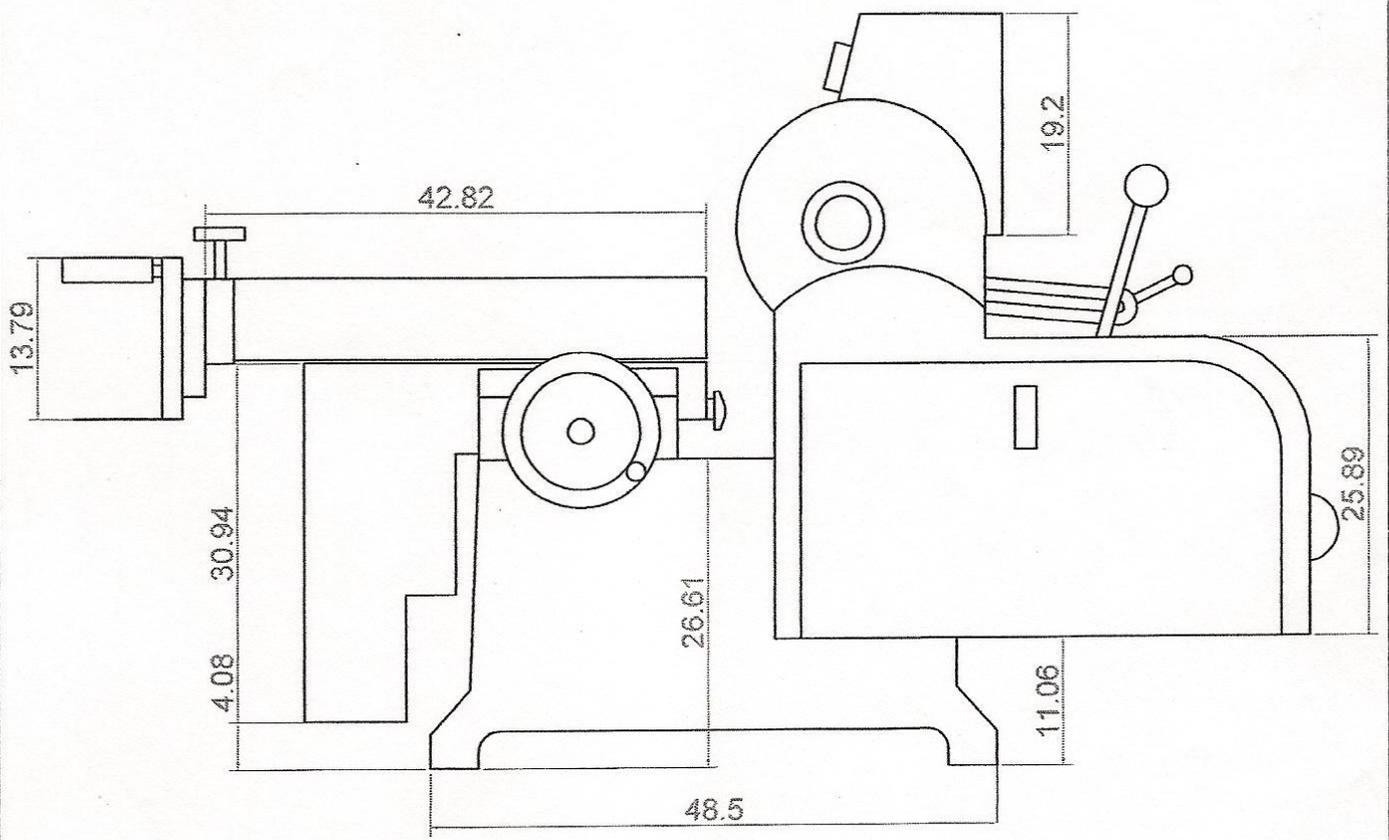
15	PALANCA DE POSICIONAMIENTO DEL MOTOR	2			
14	NONIO PARA LA RIEL DE DISCOS	1	23	PERNO DE BLOQUEO DE LA RIEL PARA TAMBORES	1
13	PERNO DE BLOQUEO DE LA RIEL PARA DISCOS	1	17	CEROJO DE ACCESO PARA MECANISMO DE BANDAS	1
12	PERNOS DE REGULACION	4	16	PALANCA DE SEGURIDAD DE POSICIONAMIENTO	1
REF	DENOMINACION	CANT.	REF	DENOMINACION	CANT.
ANALISIS DE ANGULOS Y MATERIALES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN 103		U.I.D.E	FECHA	08/12/2011	
			DIB	DIEGO BENAVIDES	ARMANDO EGÚEZ
			TUT	ING: ABEL REMACHE	
TEMA:	VISTA LATERAL DE RECTIFICADORA VAN NORMAN 103	ESCALA:	1: 50	PLANO	1.00
				TOL. GRAL.:	± 0.3



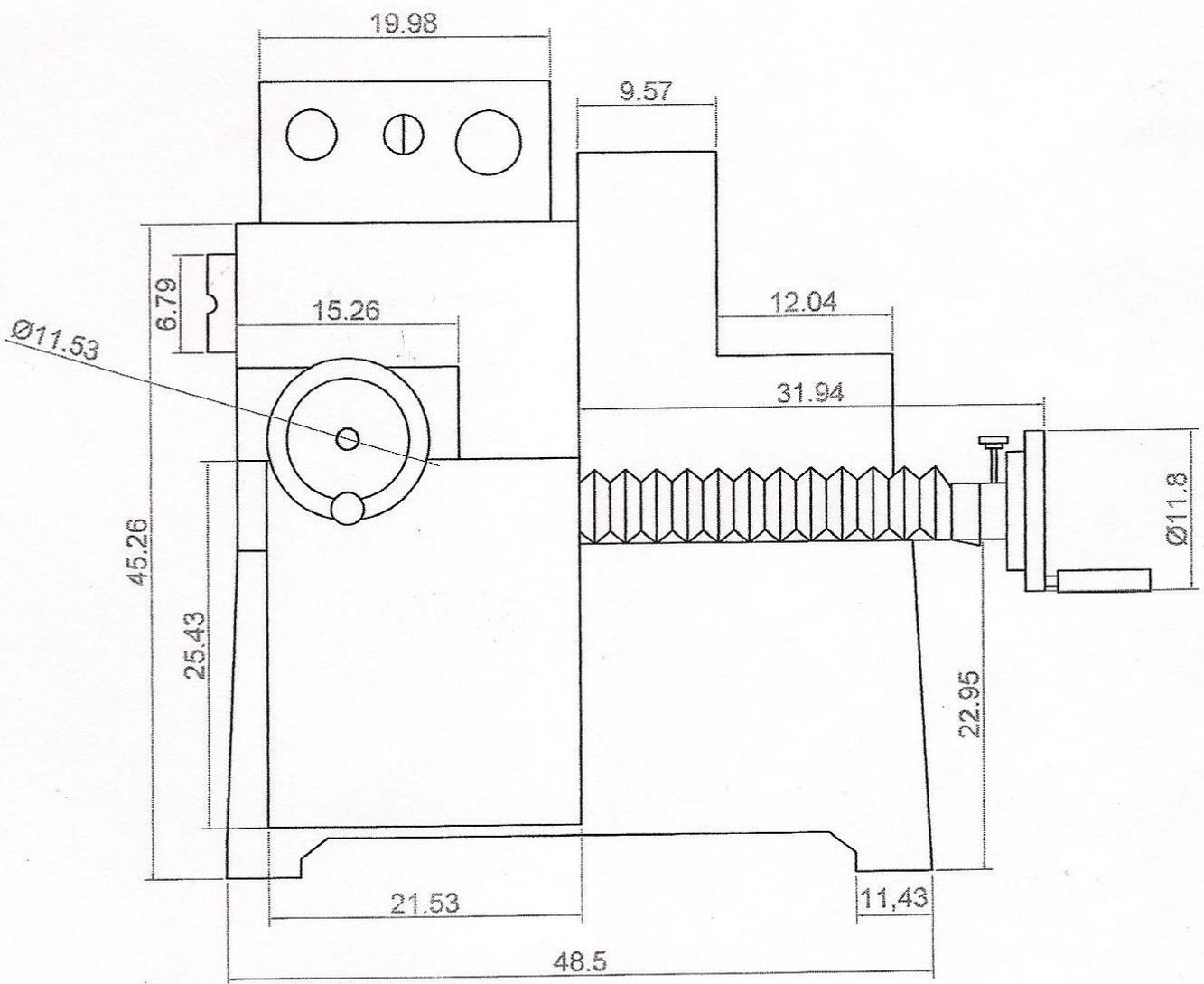
REF	DENOMINACION	CANT.	REF	DENOMINACION	CANT.
19	CAJA DE FUSIBLES	2	22	BOTON DE REINICIO	1
18	TOMACORRIENTES DE LA LAMPARA	1	21	TOMACORRIENTE PRINCIPAL	1
16	SEGURO DE LA PALANCA DE POSICIONAMIENTO	1	20	MOTOR	1
15	PALANCA DE POSICIONAMIENTO DEL MOTOR	1			
ANALISIS DE ANGULOS Y MATERIALES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN 103		U.I.D.E	FECHA	Enero 2012	
			DIB	DIEGO BENAVIDES	ARMANDO EGÜEZ
			TUT	ING: ABEL REMACHE	
TEMA: VISTA POSTERIOR DE RECTIFICADORA VAN NORMAN 103 DETALLE DE COMPONENTES		ESCALA: 1 : 50	PLANO 1.00	TOL. GRAL.: ± 0.3	

ANEXO 6

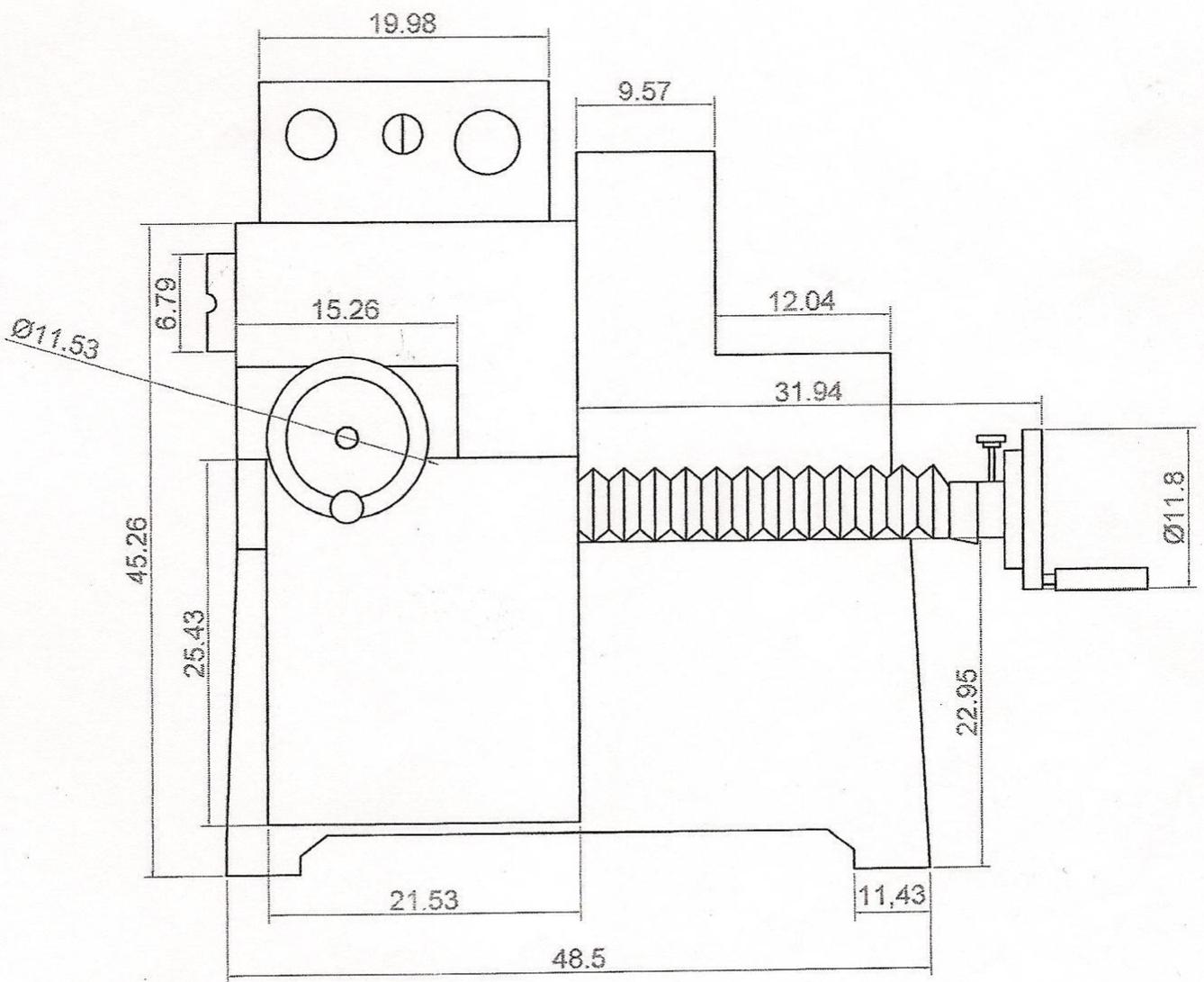
**MEDIDAS DE LA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN
103**



ANALISIS DE ANGULOS Y MATERIALES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN 103	U.I.D.E	FECHA	08/12/2011	
		DIB	DIEGO BENAVIDES	ARMANDO EGÚEZ
		TUT	ING: ABEL REMACHE	
TEMA: VISTA LATERAL DE RECTIFICADORA VAN NORMAN 103	ESCALA: 1 : 50	PLANO 1.00	TOL. GRAL.: ± 0.3	



ANÁLISIS DE ANGULOS Y MATERIALES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN 103	U.I.D.E	FECHA	08/12/2011
		DIB	DIEGO BENAVIDES
		TUT	ING: ABEL REMACHE
TEMA:	ESCALA:	PLANO	TOL. GRAL.:
VISTA FRONTAL DE RECTIFICADORA VAN NORMAN 103	1 : 50	1.00	± 0.3



ANALISIS DE ANGULOS Y MATERIALES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCOS Y TAMBORES VAN NORMAN 103	U.I.D.E	FECHA	08/12/2011	
		DIB	DIEGO BENAVIDES	ARMANDO EGÚEZ
		TUT	ING: ABEL REMACHE	
TEMA:	ESCALA:	PLANO	1.00	TOL. GRAL.: ± 0.3
VISTA FRONTAL DE RECTIFICADORA VAN NORMAN 103		1 : 50		