

Método de afilado para escariadores de acabado cilíndrico

Héctor Manuel Ramírez Olivo¹, Víctor Samuel Vilchis Bravo², Raúl Pérez Bustamante³

¹ Posgrado CIATEQ A.C. Cto. Aguascalientes Nte. 135, Parque industrial de Valle de Aguascalientes, 20358 Ags. ramirezolivohectormanuel@gmail.com

² CIATEQ A.C. Manantiales 23, Parque Industrial Bernardo Quintana, 76246 Querétaro.

³ CONAHCYT-COMIMSA, Eje 126 225, Industrial San Luis, 78395 San Luis, S.L.P.

Resumen

Este artículo proporciona una descripción general del proceso de rehabilitación de escariadores utilizados en procesos de acabado, considerando cuatro secciones principales: sujeción del escariador, filo de corte de partición, medición del diámetro y la rueda de afilado, estas secciones garantizan el buen manejo del filo y la calidad en el acabado del interior del cilindro, el procedimiento de análisis se centra en los parámetros importantes que compone el escariador determinando así las formas y utillaje requerido, complementando en las pruebas de funcionalidad la aplicación del aseguramiento de calidad en los ajustes dimensionales de puntos importantes de la herramienta y la importancia que se tiene en los acabados del proceso, obteniendo resultados confiables en el CP y CPK, esta metodología dará a conocer el proceso de afilado para herramientas en máquinas manuales y el desarrollo de patrones de afilado para los diferentes tipos de herramienta logrando tener un 100% de la herramienta de escariado recuperada, logrando una reducción de 60% del costo por consumo.

Palabras clave— Rehabilitación de escariadores, Puntos críticos, Proceso confiable, Patrones de afilado, Aseguramiento de calidad, Costo por consumo.

Abstract

This article provides an overview of the rehabilitation process of reamers used in finishing processes, considering four main sections: reamer clamping, parting cutting edge, diameter measurement, and the grinding wheel, these sections ensure good edge handling and quality in finishing the inside of the cylinder, the analysis procedure focuses on the important parameters that make up the reamer thus determining the shapes and tooling required, complementing in the functionality tests the application of the quality assurance in the dimensional adjustments of important points of the tool and the importance of the finishes of the process, obtaining reliable results in the CP and CPK, this methodology will show the sharpening process for tools in manual machines and the development of sharpening patterns for the different types of tool achieving 100% of the reaming tool recovered, achieving a reduction of 60% of the cost per consumption.

Keywords— Reamer rehabilitation, Critical points, Process reliability, Grinding patterns, Quality assurance, Cost per consumption.

I. INTRODUCCIÓN

La optimización de procesos en la manufactura de componentes automotrices desempeña un papel crucial en la búsqueda constante de la excelencia en la industria [1]. Adicionalmente, la fabricación de componentes automotrices ha sido un área de investigación activa, y dentro de este contexto, la atención hacia el método de afilado para escariadores de acabado cilíndrico ha ganado relevancia en los últimos años. En la industria automotriz, el escariado representa un papel fundamental al garantizar la precisión dimensional, la calidad del acabado superficial y la fiabilidad de los componentes [2] [3]. Este proceso permite ajustes precisos al expandir agujeros previamente perforados, asegurando tolerancias dimensionales necesarias para el ensamblaje. Además, proporciona un acabado superficial de alta calidad que reduce la fricción y el desgaste de las piezas, contribuyendo a la eficiencia y durabilidad de los componentes automotrices. La consistencia y precisión en la calidad de los orificios mejora la fiabilidad y el rendimiento a lo largo del tiempo, mientras que

la capacidad de reutilizar agujeros existentes optimiza los recursos y reduce desperdicios.

Este proceso brinda un acabado superficial que va de $0.8\mu \sim 1.7\mu$, y tolerancias dimensionales en IT7, gracias a su gran velocidad de penetración y a su profundidad de corte reducida. Diversos estudios han abordado aspectos relacionados con la precisión dimensional, la calidad superficial y la eficiencia de corte en la utilización de escariadores, resaltando la importancia de un afilado adecuado en estos dispositivos especializados. De la misma manera se han explorado la influencia del ángulo de afilado en la geometría del escariador y su impacto en la calidad de los orificios producidos en diferentes materiales metálicos empleados en la industria automotriz [4] [5].

Los estudios anteriores han revelado correlaciones significativas entre ciertos parámetros de afilado y la rugosidad superficial. Adicionalmente, un error común observado en la preparación de un barreno es no tener suficiente material para la siguiente operación de escariado, lo que afecta la calidad del barreno. Estas condiciones se utilizan para garantizar los mejores resultados en el proceso. El no dejar suficiente material

en el barreno para la operación de escariado provoca fricciones en la herramienta, teniendo un rápido desgaste del filo y como consecuencia la pérdida del diámetro, igualmente importante para el rendimiento de la herramienta es la ausencia de exceso de material en el barreno.

A partir de lo anterior, investigar el método de afilado para escariadores cilíndricos es crucial para mejorar la eficiencia y calidad en la producción automotriz, ajustando tolerancias y acabados producidos por el proceso de escariado. De esta manera, este artículo describe el desarrollo de un patrón de afilado que indica correctamente el orden y la secuencia para la rehabilitación del filo de corte de los escariadores

II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Un escariador es una herramienta cilíndrica de corte empleada para conseguir barrenos con una precisión, normalmente de calidad IT7 (norma DIN 286), de acuerdo con la operación a realizar se tiene un tipo de herramienta con sus parámetros particulares, por ejemplo llevan tallada ranuras y dientes a lo largo de toda su longitud que suelen ser rectos o helicoidales, esta herramienta puede tener la espiral a izquierda para barrenos pasantes o a derecha para barrenos ciegos, el escariador se compone de 25 secciones, Fig. 1 [6].

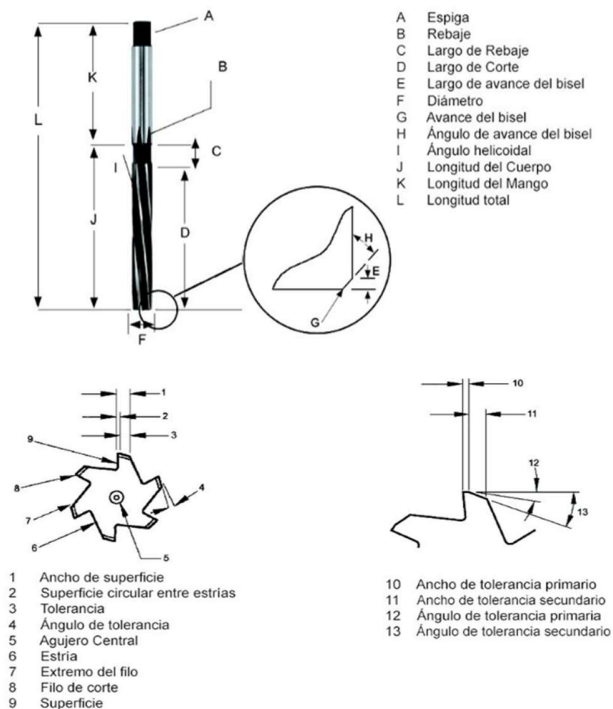


Fig. 1 Partes de un escariador

Dentro de los parámetros importantes para la rehabilitación de escariadores se puede destacar 9, los cuales se detallan en la Fig. 2, se consideran los más importantes y que se deben tomar en cuenta durante el afilado para que las dimensiones del filo del escariador no cambien, ya que impactaría el resultado que se desea obtener en el barreno.

Diámetro	<ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo a normas estandar DIN 206B
Parte de Chaflán	<ul style="list-style-type: none"> • Existen bordes de corte para expandir el barreno como parte de Chaflán • Ángulo de alivio • Longitud de chaflán • Ángulo de chaflán
Margen	<ul style="list-style-type: none"> • Parte del cilindro instalada en la periferia exterior para conducir al escariador
Ángulo de alivio	<ul style="list-style-type: none"> • Es el ángulo entre la superficie cilíndrica y la superficie de alivio que es terminada por el escariador.
Ángulo de desahogo de chaflán	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo entre la superficie plana y la superficie de alivio del filo de corte que hace contacto con la superficie del chaflán en la sección de ángulo recto del filo de corte en la parte del chaflán.
Ángulo de hélice	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo formado por la ranura con el eje del escariador
Ángulo de ataque	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo entre la línea que hace contacto con el borde de corte y con el centro de paso del escariador, hace que deslice la cara de la ranura del escariador en la sección en ángulo recto con respecto al eje.
Conicidad	<ul style="list-style-type: none"> • El diámetro exterior el escariador se hace mas pequeño desde la punta hasta el zanco, se denomina conicidad posterior.
Ranuras	<ul style="list-style-type: none"> • La ranura o canal se hace en la periferia exterior en la dirección del eje como ruta para descargar las virutas.

Fig. 2 Parámetros importantes en un escariador

Teniendo en cuenta la importancia de las características básicas de un escariador se detallan los pasos principales que se deben tener en cuenta a la hora de afilar escariadores de metal duro y aceros rápidos, como ya se ha comentado estas herramientas su principal función es el acabado superficial de un barreno.

Para el correcto control del filo de corte en escariadores empezando por un análisis de las 4 secciones principales que se tiene como base en el conocimiento y control de los aspectos fundamentales en la rehabilitación de filos, indicados en la Fig. 3, con base en estas secciones se desarrolla el método de afilado para controlar y estandarizar la forma correcta en la rehabilitación de la herramienta.

Se tienen cuatro aspectos de la sección de afilado del escariador, uno es sostener el escariador para evitar vibraciones al momento del rectificando, segundo, el filo de corte de partición garantiza la posición en la máquina de afilado y la concentricidad del filo, tercero, la medición del diámetro para evitar falsos juicios y por último la rueda de afilado para el control del acabado superficial del filo de la herramienta.

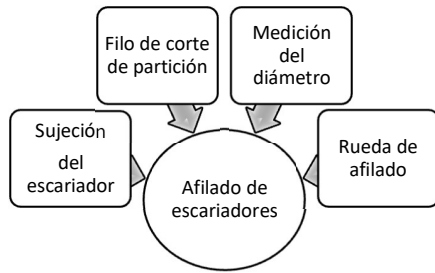
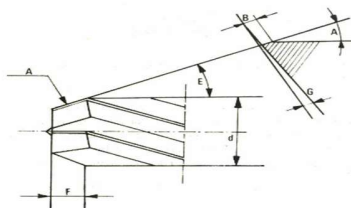


Fig. 3 Secciones principales del afilado de un escariador

A. Afilado de Escariadores

No deben afilarse en la cara cilíndrica, ya que el afilado les haría perder la exactitud de la medida, debe efectuarse básicamente sobre el cono de entrada. En los escariadores afilados en máquinas basta repasar el cono de 45°, los afilados manuales llevan un pequeño chaflán y continúan con un cono largo de 2° a 3°, el cual debe realizarse con rueda de vaso o copa cónica con el escariador acoplado al cono de soporte divisor o entre puntos, La Fig. 4 muestra los ángulos que se deben considerar al afilar un escariador y las tolerancias estándar que se manejan para dar las dimensiones exactas de la herramienta, [7].



Marca	Características	Diámetro del escariador "D"	Tolerancia de excentricidad calidad del	
			7 y 8	9 y mas
A	Excentricidad de la entrada	d10	0.006	0.009
		10 d 18	0.007	0.011
		18 d 30	0.009	0.013
		30 d 50	0.011	0.016
B	Ancho del testigo rectificad	0.1 a 0.2 mm		
D	Angulo de despulle	Todos los diámetros	+0	+4°
E	Angulo de entrada	Todos los diámetros	+	-2°
F	Longitud de entrada	Todos los diámetros	a determinar según maquinado	
G	Angulo de cara del diente (excepcionalmente)	Todos los diámetros	+	-2°
Aspecto del afilado (desgaste, quemaduras)			Visual	

Fig. 4 Dimensiones en milímetros a considerar en afilado de escariadores

B. Sujeción del Escariador

Sostener el escariador durante el afilado es un método muy importante, se tienen dos tipos de sujeción (por ambos bordes y sujeción por pinza), rectificar soportando ambos bordes es un método para sujetar tanto el vástago como la punta para controlar la excentricidad de la herramienta.

En el método de sujeción por pinza al afilar se acostumbra a sujetar el portaherramientas en el centro del extremo del vástago con una pinza, ya que el giro de la herramienta se realiza del lado contrario al de la pinza y el centro de la herramienta debe ser de tipo fijo sin rotación, para este método

se requiere medidas grandes de salida para evitar la interferencia con la piedra de afilar, Fig. 5.

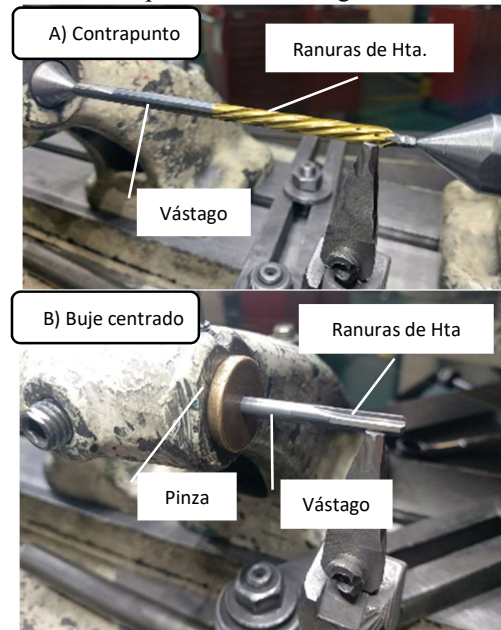


Fig. 5 Método de sujeción de escariador en máquina de afilado

En general, rectificar sujetando ambos bordes tiene una mayor precisión de rectificad, pero en ocasiones se llega a adoptar el método de sujeción por pinza a menos que exista una restricción particular, [8].

El rectificad por sujeción de un solo borde se utiliza únicamente en los siguientes casos.

- ① En caso de no utilizar el centro, ya que se convierte en obstáculo para el rectificad automático.
- ② En caso de no poder utilizar el barreno central debido a la interferencia entre partes no rectificadas y producto.
- ③ En caso de expulsión breve de la pinza, etc., con suficiente rigidez del escariador.

Dando respuesta al caso 2 anteriores, es necesario hacer un comentario sobre el dibujo de la herramienta o dibujo de afilado que indique que el área sin afilar no está permitida si la interferencia entre sí se produce con un área sin rectificad y un fondo de barreno de preparación, puede causar defectos como diámetros fuera de especificación en el maquinado, en la Fig. 6 se muestra una imagen del área sin rectificad de un escariador.



Fig. 6 Área sin rectificad de escariador

C. Filo de Corte de Partición

Hay dos tipos de escariadores con múltiples fillos de corte que son de partición igual, y tipo de partición desigual. Es necesario identificar con precisión la posición de filo de corte en la dirección de rotación para afilar cada filo de corte, si hay una discrepancia entre la superficie de movimiento de la rueda abrasiva y la superficie para rectificar, puede causar ángulo grande/pequeño en la superficie de relieve o curvatura de los fillos de corte, [9].

Existen diferentes métodos para la localización de fillos de rectificado manual y automático respectivamente, el descanso se usa en la superficie de desprendimiento del borde de corte en el rectificado manual, y el sensor táctil se utiliza para medir la ubicación del borde de corte en el rectificado automático, Fig. 7.



Fig. 7 Soporte para rectificado manual

Es necesario tomar medidas para prevenir la parte no rectificada en la rectificadora manual; un ejemplo de medidas es la chispa del primer filo de corte después de rectificar todos los bordes del corte, la Fig. 8 muestra el orden que se debe seguir para el afilado; selección de un filo como #1 y seguir con el filo que está atrás del primero como #2, continuar secuencia hasta llegar nuevamente al filo #1.

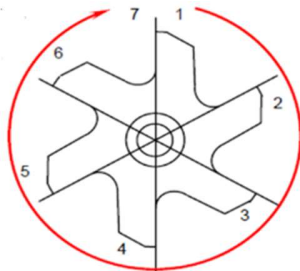


Fig. 8 Orden para el proceso de rectificado en seis fillos de corte

D. Medición del Diámetro del Escariador

No es recomendable medir directamente el diámetro exterior de la herramienta como el escariador con fillos de corte impares o escariador con fillos de corte uniformes, ya que adoptan particiones desiguales que deshabilita la medición por línea que pasa por el centro del círculo, verificar especialmente después la medición del diámetro de ser necesaria.

La medida con un calibrador no es el único método de medición para el escariador, también es recomendable hacer la forma del escariador en un patrón para poder adoptar medición

tipo calibrador, en la Fig. 9 se muestra el método de inspección de medición de diámetro.

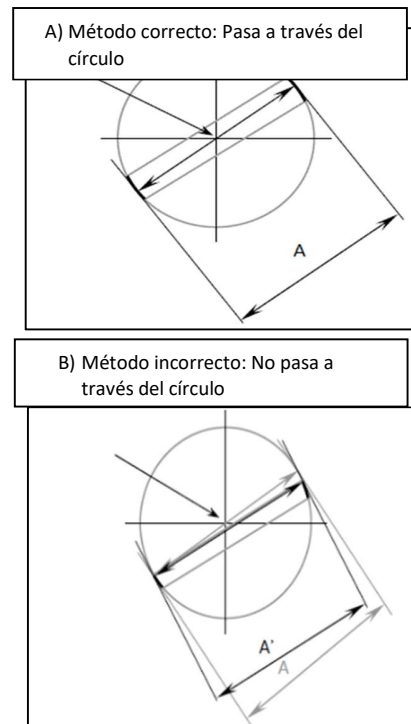


Fig. 9 Inspección de medición de diámetro

El micrómetro se utiliza para medir el diámetro del escariador, la parte que se mide es el diámetro exterior en la punta donde no tiene influencia del cono posterior, para comenzar restablezca el micrómetro a cero utilizando un patrón calibrado que sirve como maestro, porque tiene el mismo diámetro que el escariador que se va a medir.

Se toma la lectura del valor en el dial después de presionar el botón de medición en el diámetro exterior del escariador, no utilice un calibrador microgage o vernier, ya que estos equipos no pueden hacer una medición precisa.

E. Rueda de afilado

La rueda de rectificado es una herramienta de corte abrasiva, y realiza la misma función que los dientes en una sierra, pero a diferencia de una sierra, la cual tiene dientes solo en su filo, la rueda de rectificado tiene granos abrasivos distribuidos en toda la superficie, miles de estos granos duros y resistentes se mueven contra la pieza de trabajo para cortar pequeñas virutas de material, el proceso de rectificado para un escariador de metal duro se debe de realizar con una rueda abrasiva de CBN (Nitruro de Boro Cúbico) y el rectificado de un escariador de PCD (diamante policristalino) se debe de realizar con una rueda de abrasivos de PCD como se muestra en la Fig. 10.

Conocer las propiedades de los materiales con los que se va a trabajar ayuda a elegir el abrasivo adecuado y sus propiedades, como ejemplo se menciona que los abrasivos de óxido de aluminio se utilizan para rectificado de metales ferrosos y los carburos cementados se utilizan para rectificado de materiales no metálicos y metales no ferrosos, los abrasivos cerámicos se pueden utilizar para ambos casos.


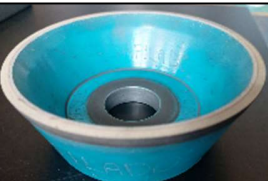
<p>A) Rueda de CBN para rectificado de escariadores de acero rápido.</p> 	<p>Especificación: B-220-R-100-11V9 Tyrolit</p>
<p>B) Rueda de PCD para rectificado de escariadores de metal duro (carburos)</p> 	<p>Especificación: D-140-R-44-B Tyrolit</p>

Fig. 10 Rueda abrasivas para el rectificado de escariadores

Se hace mención que el rectificado es un sistema y en su conjunto tiene factores que se deben considerar (rueda abrasiva, área de contacto, velocidad, refrigerante, etc.), un componente clave es la rueda para el rectificado, pero se tiene que consideran siete factores operativos para un mejor control del área que se requiere maquinarse, [10].

- La materia prima
- La severidad de la operación
- Precisión de la forma y acabado requerido
- Área de contacto
- Velocidad de la rueda
- Uso de refrigerante
- Potencia de la máquina/husillo

III. PATRÓN DE AFILADO

Para realizar el afilado de escariadores se desarrolla el método y se describe el estándar en una HOE (Hoja de Operación Estándar) el objetivo de este documento es garantizar tener resultados similares en calidad en cada cambio de herramienta.

El documento estándar redacta los pasos principales que se deben realizar en el afilado de un escariador tomando como base los cuatro factores que se mencionan en la Fig. 3, a través del análisis y la validación de pruebas experimentales se desarrolla un listado de puntos críticos que se deben confirmar sobre la actividad de afilado, en la Fig. 11 se muestra el método estándar que se utiliza para la capacitación y consulta de personal en el manejo de afilado de escariadores.

IV. RESULTADOS

A. Profundidad de rectificado (rehabilitación de escariador)

La clave para determinar la metodología correcta en el afilado de escariadores son las hojas de funciones de proceso de

esta herramienta que se han creado siendo la validación con respecto a los estándares internos de calidad del proceso.

Un ejemplo de validación en el acabado de piezas que fueron rehabilitadas para el proceso de producción es el acabado de la guía de válvula.

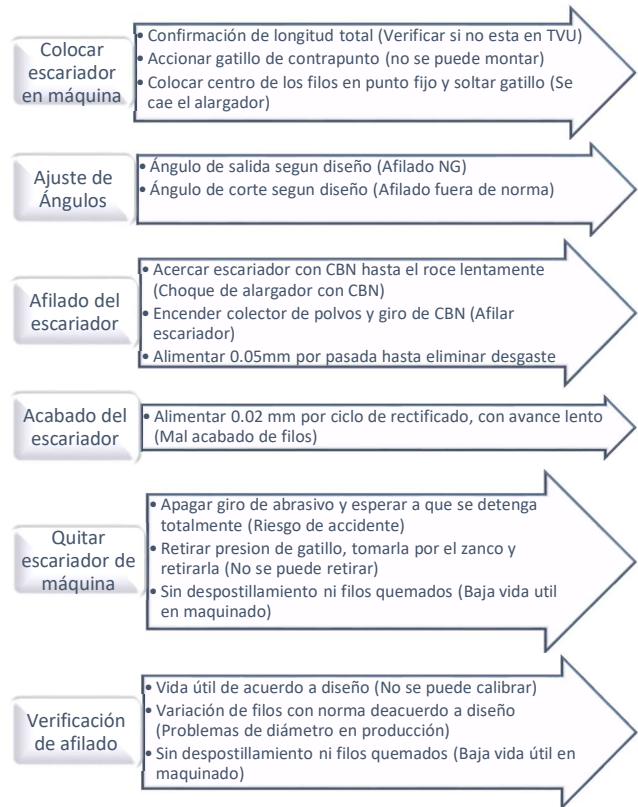


Fig. 11. Estándar de afilado para escariadores de metal duro y diamante

La guía de válvula es responsable de servir de alineación para el movimiento axial de las válvulas, que controlan la entrada y la salida de combustibles en la cámara de combustión, esta pieza es, básicamente, un cilindro hueco totalmente concéntrico y hecho de aleaciones especiales de hierro o bronce, Fig. 12

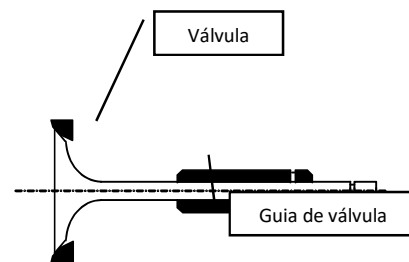


Fig. 11. Válvula para admisión y escape de combustible

El proceso de acabado de guía de la válvula se realiza con un escariador de diámetro 5.0 mm; para este proceso de maquinado el diseño de la parte solicita una tolerancia de diámetro de 0~18 μ y un acabado superficial de 1.0 μ; el área de afilado realiza la rehabilitación de esta herramienta de acuerdo con la metodología desarrollada que se muestra en la Tabla 1, la herramienta y el proceso de maquinado de la guía de la válvula, Fig. 13.

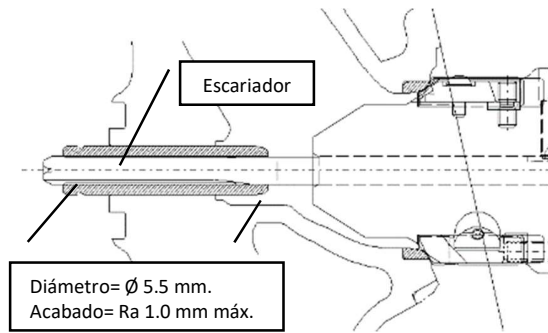


Fig. 12 Especificación de barreno de guía de válvula

Si la herramienta de corte se utiliza para formar la superficie copiando la forma de filo del producto, entonces todos los defectos del filo, incluida su rugosidad, son transferidos automáticamente a la superficie del producto, [11].

Los resultados de calidad en el barreno van en función de las normas de desgaste en la herramienta por el filo de corte, y por el tiempo que se mantiene en el proceso de maquinado, dando como resultado la curva de desgaste del filo en 3 etapas (desgaste inicial, desgaste regular, desgaste repentino), el trabajo para un desempeño de la herramienta en la mejor condición es en la etapa B, de acuerdo con el acabado que se determinó para el filo del escariador y cumpliendo con la norma de acabado del proceso requerido, tendríamos como resultado la mejor condición entre desgaste de filo y tiempo de corte en el proceso, [12]. La Fig. 14 muestra la relación desgasté de filo vs. tiempo de trabajo.

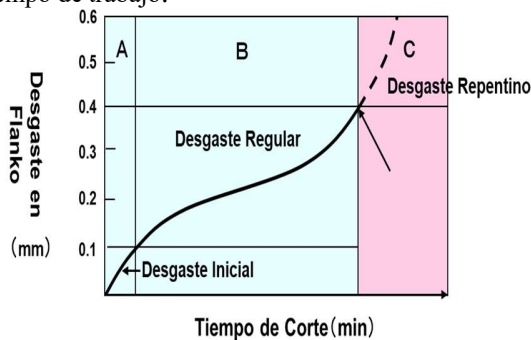


Fig. 13 Relación de trabajo desgaste vs tiempo de trabajo

De acuerdo con la medición de las zonas de desgaste (flanco, cara de filo y margen cilíndrico) el desgaste permitido de 0.2 mm del escariador está de acuerdo con los criterios permisibles establecidos para aleaciones no ferrosas, cortes de precisión y procesos de acabado, en Fig. 15 se muestra la medición que se obtuvo en cara de filo de corte del escariador al término de la vida útil en 300 pzas ya maquinadas.

La rugosidad media encontrada durante el mecanizado para determinar la calidad del barreno comprobando su acabado y diámetro es Ra 4,5 μ, la característica más importante para el proceso de acabado de la guía de válvula es el diámetro y se revisa en línea con un micrómetro de interiores, se grafican 30 valores de diámetro como se muestra en la Fig. 16 para obtener el cálculo de CP y CPK, Tabla I, La validación está incluida en el control de calidad y es obligatoria para cada prueba en modificaciones de proceso.

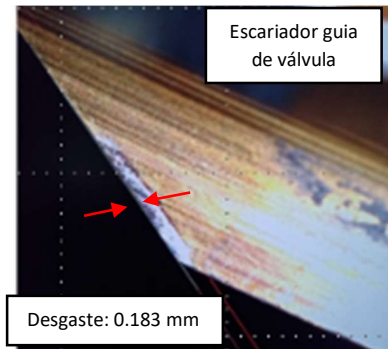


Fig. 14 Desgastes en zona de filo del escariador

TABLA I.
CP Y CPK ACABADO DE LA GUÍA DE VÁLVULA

Proceso	Norma	Real
Capacidad	CP ≥1.33	CP 1.19
Habilidad	CPK ≥1.0	CPK 1.61

El conjunto de datos que se analizan para el cálculo es tomado de los registros de validación de calidad en el proceso, se obtiene de un diámetro de barreno de 5.5 mm y una tolerancia en IT8 con un rango de 18μ, los resultados que se tienen con una confiabilidad del proceso como capacidad y como habilidad satisfacen el requerimiento del proceso.

En la Fig. 16 se muestra el gráfico de distribución de valores de diámetro en el interior del barreno de la guía de válvula, y la dispersión muestra que los diámetros quedan en una tolerancia de IT8 con rango de trabajo en tolerancia de 18μ, usualmente se determina la tolerancia de la herramienta más cerrada que lo que solicita el barreno para garantizar tener el proceso centrado en diámetro, [13].

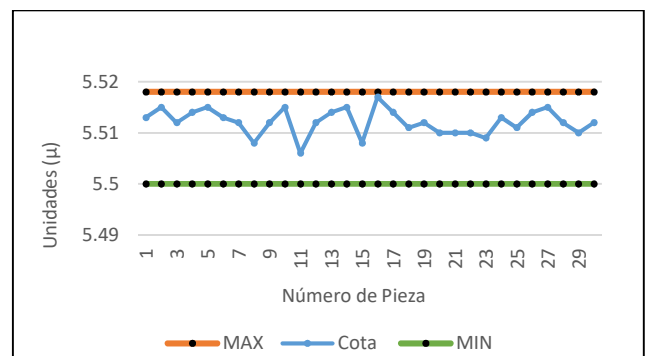


Fig. 15 Grafica de resultados de calidad de diámetro de guía de válvula

B. Validaciones de calidad (escariador-pieza)

Para tener un nivel de estandarización en la técnica de afilado de escariadores se realizan pruebas de validación de herramienta después del proceso de reafilado en la línea de producción para 3 tipos de materiales base de herramienta: acero de alta velocidad, carburos cementados y filo de diamante policristalino sintético, para las pruebas se validaron 3 tipos de aleaciones AC2B que es aluminio en moldeo de baja presión para la cabeza de cilindros con un 2-4

% de Cu y Si del 5-7%, un ADC12Z para el moldeo de alta presión con 1.5-3.5% Cu y Si 9.6-12%, ambos de norma JIS japonesa, y por último los escariadores de acero rápido se validan en la aleación de SV40C acero forjado para el proceso de cigüeñal, Tabla II.

TABLA II
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL FILO DE CORTE VS ALEACIÓN DE MATERIAL

Material base de herramienta	Especificación filo de corte	Aleación material de pieza #1	Aleación material de pieza #2	Aleación material de pieza #3
Acero alta velocidad	KHA (Mitsubishi)			SV40C
Carburo cementado	TSM33 (Mercian)	AC2B	ADC12Z	
Diamante policristalino sintético	MD220 (Mitsubishi)	AC2B	ADC12Z	

Los valores de diámetro que se obtienen de la pieza maquinada con los escariadores afilados en planta cumplen con las tolerancias de una herramienta nueva que las herramientas que se rehabilitan con proveedor, de acuerdo con los valores de confiabilidad de CPK podemos concluir que la garantía de afilar la herramienta de acuerdo a un estándar incrementa la cantidad en metros maquinados del filo de corte de cada herramienta, teniendo mayor eficiencia en la vida total de los escariadores como se muestra en la Tabla III.

TABLA III.
PROFUNDIDAD DE RECTIFICADO PARA ESCARIADORES

Material de Escariador	Longitud carburo reafilado	Profundidad rectificado (promedio)	Cantidad de filos	Diámetro herramienta
Aceros de alta velocidad	10~12mm	0.45 mm	10 filos	5~12 mm
Carburo cementado	10~12mm	0.45 mm	10 filos	5~12 mm
Carburo cementado filo de PCD	2~3mm	0.025 mm	7 filos	5~12 mm

V. DISCUSIÓN

Determinar el afilado de la herramienta, con las dimensiones, método y rectificado correctos para la aplicación que se requiere de la pieza de trabajo es tener el éxito del proceso asegurado, contar con un método para el afilado y desarrollado en los procesos de producción garantiza un resultado de calidad, pero el resultado también depende de varios factores, los cuales principalmente son las condiciones de proceso (condiciones de corte, fluido de corte y máquina) estos factores se deben analizar para solucionar problemas de fractura de herramienta, siendo uno de los principales gastos fijos que tienen las compañías y se debe dar solución rápidamente.

Uno de los mayores errores en el análisis de fractura de herramientas es que la mayoría de los ingenieros de herramientas no controlan los procesos de afilado y acabado en

los filos de la herramienta y es por no contar con un método estándar en el reafilado, estas condiciones son generadoras de un porcentaje en la fractura de herramientas.

Establecer un estándar de rectificado puede ahorrar entre un 60% y un 80% del consumo de herramientas al mejorar las herramientas desechables y proporcionar una base para su uso continuo

VI. CONCLUSIONES

La implementación del estándar desarrollado ha permitido a la empresa obtener un ahorro por rehabilitación de filos de escariadores de carburo cementado del 87% al realizar la actividad internamente comparado con el costo que los proveedores utilizan en el mercado regional para el reafilado de herramienta.

El obtener una mayor eficacia en la rehabilitación de escariadores es necesario considerar dentro de la metodología otros parámetros adicionales al proceso:

- Asegurar el correcto estado de la herramienta durante el reafilado.
- En barrenos pasados, se debe garantizar la libre liberación de líquido de corte y virutas.
- En barrenos ciegos, comúnmente se utilizan escariadores con ranuras rectas para ayudar al desalajo de viruta.
- Conicidad antifricción, el diámetro posterior de la hélice del escariador debe ser 0,05 – 0,015 mm menos que el de la parte frontal, protegiendo al escariador contra la dificultad en el maquinado y ayuda a reducir la fuerza de corte y mejorar la calidad de la superficie.
- El fluido de corte maximiza vida útil de la herramienta y calidad del barreno interno, utilizando refrigeración con alta presión y alto consumo de fluido de corte, [12].
- Condiciones de corte, para el control del material a remover y garantía de calidad en el barreno, [14].

REFERENCIAS

- Antonioli, I., P. Guariente, T. Pereira, L. Pinto Ferreira, and F. J. G. Silva. Standardization and optimization of an automotive component production line. [Art]. Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain, 2017.
- Melo, Tainara Fernandes Lagoa, Sérgio Luiz Moni Ribeiro Filho, Étory Madrilles Arruda, and Lincoln Cardoso Brandão. "Analysis of the surface roughness, cutting efforts, and form errors in bore reaming of hardened steel using a statistical approach." *Measurement* 134 (2019): 845-854.
- Hauer, Thomas, Michael Haydn, and Eberhard Abele. "Influence of a diagonal pre-drilled hole on hole quality during the reaming process using multiblade tools." *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 34 (2012): 569-573.
- Leveille, T., F. Valiorgue, C. Claudin, Joël Rech, A. Van-Robaeyts, U. Masciantonio, A. Brosse, and T. Dorlin. "Influence of the reaming process on hole's surface integrity and geometry in a martensitic stainless steel 15-5PH." *Procedia CIRP* 108 (2022): 384-389.
- Axinte, D. A., and P. Andrews. "Some considerations on tool wear and workpiece surface quality of holes finished by reaming or milling in a nickel base superalloy." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 221, no. 4 (2007): 591-603.

- [6] T. D. E. Group, «Technical training of tool tex box reaming,» de Nachi engineering report Vol.36 No.1(1980)/ Fujikoshi, Japon, The society of cutting fluids & cutting technology, 2008.
- [7] Varpe, Nitin J., Ravindra S. Tajane, Umesh Gurnani, and Anurag Hamilton. "Implementation of Energy Efficient Burnishing Process for Surface Integrity Improvement of Hole Finishing Tool."
- [8] V. R. Pankiv, V. M. Baranovsky Synopsis of lectures on the subject «Special technologies in mechanical engineering» for students of all forms of study Direction of preparation 131 " Applied mechanics" / V. R. Pankiv, V. M. Baranovsky // Synopsis of lectures on the subject «Special technologies in mechanical engineering» for the training of specialists in the educational qualification level "Bachelor" in the direction of preparation 131 " Applied mechanics". - Ivan Puluž Ternopil National Technical University, 2023. - 97 P.
- [9] Yesilyurt, Isa, Abdullah Dalkiran, Onder Yesil, and Ozan Mustak. "Scalogram-based instantaneous features of acoustic emission in grinding burn detection." *Journal of Dynamics, Monitoring and Diagnostics* 1, no. 1 (2022): 19-28..
- [10] N. Yadav, Analysing the effects of depth of cut and pindle speed on grinding wheel to improve the surfance finish, Thesis for obtaining Master in Technology, Department of Mechanical Engineering Integral University, Lucknow, India, 2022.
- [11] Kharlamov Yu. A., Sokolov V. I., Krol O. S., Romanchenko O. V., Mitsyk A. V., Assurance of cutting tools reliability: monograph The Ministry of Education and Science of Ukraine, Volodymyr Dahl East Ukrainian national University. – Severodonetsk : Publishing house of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2020..
- [12] Nambiar, Sandeep, Raviraja Adhikari, Nagaraja Upadhya, and Rajarama Hande. "Study on Progressive Wear of Machine Reamer while Reaming Al6061/SiC Composite." *Pertanika Journal of Science & Technology* 28, no. 1 (2020)..
- [13] dos Reis, Alcione, Rosemar Batista da Silva, Lucas Gonçalves Silva, Álisson Rocha Machado, Rosenda Valdés Arencibia, Rodrigo de Souza Ruzzi, Mark James Jackson, and Rodrigo Panosso Zeilmann. "Analyses of two manufacturing systems in drilling of CGI: drilling and reaming× drilling." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 106 (2020): 2861-2874..
- [14] Rajendran, Arul. "Manufacturing Processes II Lab Manual." *Available at SSRN 3389865* (2019).
- [15] Bezerra, A. A., A. R. Machado, A. M. Souza Jr, and E. O. Ezugwu. "Effects of machining parameters when reaming aluminium–silicon (SAE 322) alloy." *Journal of Materials Processing Technology* 112, no. 2-3 (2001): 185-198.
- [16] Yatskevich, O. K. Cutting tools. Drilling and milling : manual for students of specialty 1-36 01 01 "Engineering technology" / O. K. Yatskevich, L. A. Kolesnikov, A. V. Azhar ; Belarusian National Technical University, Department "Technological equipment". – Minsk : BNTU, 2022. – 46 p.