

Con el recubrimiento se reducen las fuerzas de compresión lo cual permite que la viruta sea más fácilmente removida de la pieza de trabajo y así se logra también el incremento en las velocidades de avance de la broca.

Los recubrimientos ayudan de igual manera a que el desgaste por adherencia de material en el filo de la broca se reduzca ya que debido al bajo coeficiente de fricción del recubrimiento, permite que la rebaba corra de manera libre sobre las canales de la broca y se evacúe de una manera más fácil, evitando así el acumulamiento de material adherido en el filo y evitando que se generen barrenos con un acabado superficial malo que puede causar problemas en operaciones posteriores como el roscado.



Figura 27: Efecto de la viruta en una Herramienta sin recubrimiento

Al evitar tener un mal acabado superficial se evita que en operaciones de ensamble donde tienen que pasar tornillos a través de los barrenos y sujetarse sobre otra pieza se causen interferencias que generen problemas en la operación de ensamble.

El incremento en la vida de la herramienta va a depender de las velocidades de corte que se manejen, de la cantidad de material a remover, de la profundidad del barreno y del diámetro de la broca.

El recubrimiento es sobre todo recomendado para aplicaciones donde la profundidad del barreno es 5 veces mayor al diámetro de la broca. En algunas aplicaciones puede ser que se note más el incremento en la vida de la herramienta, ya que si es un barreno poco profundo, es más fácil para la herramienta mantener la temperatura de corte mediante aceite soluble. Cuando la profundidad se aproxima a 5 veces el diámetro es más difícil que el aceite soluble entre al barreno y disminuya la temperatura. Para estas aplicaciones es recomendable usar algún tipo de recubrimiento que funcione como un aislante térmico y le permita a la broca trabajar sin que su superficie se vea afectada.

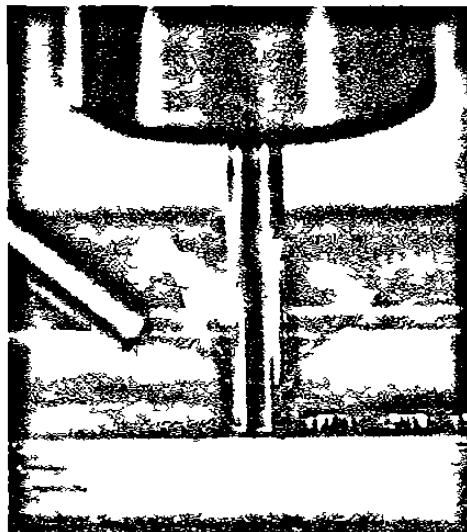


Figura 28: Broca trabajando con recubrimiento

El incremento en la vida de las herramientas de barrenado va ligado con el incremento de refrigerante cuando no se utilizan recubrimientos, ya que se tiene que disminuir la temperatura en la región de corte.

Con la utilización de los recubrimientos se puede llegar al proceso de barrenado en seco.

Los refrigerantes reducen la fricción entre la herramienta y la pieza de trabajo y por lo tanto disminuyen la carga térmica; también ayudan en la evacuación de la viruta de metal. Los costos del refrigerante exceden en muchos casos al costo de la herramienta. En algunas aplicaciones de

barrenado los costos de la herramienta llegan a ser del 2% a 4% del costo de fabricación, mientras que el costo del refrigerante llega a ser hasta de 16%.

Gracias al manejo y la disposición de los líquidos refrigerantes, el costo de un maquinado con refrigerante se incrementa.

Donde el maquinado sin refrigerante puede ser considerado, es posible invertir un poco más en las herramientas en vez de gastar dinero en el refrigerante.

Esa es la filosofía detrás del desarrollo de las herramientas capaces de maquinar en seco. Un recubrimiento compuesto para el maquinado a altas temperaturas que combina dos recubrimientos en la misma herramienta. La combinación de recubrimientos se necesita porque el maquinado a altas temperaturas genera dos tratos distintos a las herramientas. Uno es el acelerado desgaste de la herramienta. El otro es el peligro de que una viruta se suelde al filo de la broca creando una adherencia en el filo. En el barrenado en seco, estos dos problemas se incrementan. El calor y la viruta se atora en el barreno. Y típicamente, el refrigerante es el mecanismo por medio del cual estos dos riesgos pueden ser eliminados.

Pero el refrigerante no tiene por que ser la única opción. Un recubrimiento compuesto que ofrece un sustituto al refrigerante, particularmente en el barrenado es el Nitruro de Titanio Aluminio (TiAlN) y el Carburo de Tungsteno Carbón (WC/C).

El TiAlN es resistente al desgaste. Este recubrimiento aumenta su resistencia cuando aumenta la temperatura de trabajo. En la actualidad muchos talleres y pequeñas plantas han empezado a reemplazar el TiN por el TiAlN ya que opera a mucha mayor velocidad de corte que el TiN e incrementa la vida de la herramienta.

WC/C agrega un bajo coeficiente de fricción. Partículas de carburo de tungsteno en una matriz de carbono hacen a este recubrimiento que funcione como un lubricante. WC/C hace más difícil que una viruta caliente se adhiera al filo de la herramienta.

El maquinado en húmedo puede ser una vía para mantener una vida de herramienta aceptable o la calidad de corte. De todas formas en una gran cantidad de aplicaciones es posible lograr resultados comparables maquinando en seco, solamente cambiando algunos aspectos en la herramienta.

Por lo tanto el proceso de barrenado en seco significa una gran oportunidad para reducir los costos de fabricación. El cambio al mecanizado en seco, permite obtener unas ventajas económicas y permite cumplir mejor los requerimientos del medio ambiente y los estándares de salud, ya que no se utilizan líquidos que después se tengan que vertir en depósitos naturales externos a la empresa.



Figura 29: Barrenado con Refrigerante Externo

La transición al barrenado en seco, no es el simple hecho de cerrar la válvula del refrigerante. Este método conlleva un mayor calentamiento por fricción, un incremento en la carga térmica en la broca y en la pieza a barrenar y también afecta al flujo de evacuación de la viruta metálica.

Muchas empresas en el mundo están empezando a hacer los maquinados de alta velocidad con una mínima cantidad de refrigerante, poco a poco se reduce la cantidad de refrigerante que se aplica en el barrenado.

La craterización en el filo de la herramienta es más severa y la superficie de la pieza barrenada sufre deterioro. Las herramientas diseñadas para trabajar en barrenados con refrigeración no pueden soportar las nuevas condiciones de trabajo en seco.

En muchas compañías se tiene la capacidad de proveer refrigerante a través de la herramienta directamente al filo de corte para así extender la vida de la broca a casi cualquier velocidad de corte. En la mayor parte de las aplicaciones de barrenado a alta velocidad es necesario llevar refrigerante al filo de corte para evacuar la viruta que puede ser dañina a la herramienta si esta se satura. Pero en un futuro, esto va a cambiar a través de la tecnología de recubrimientos.



Figura 30: Refrigerante a través de la herramienta

Se necesitan cambios en la herramienta que permitan minimizar la transmisión de calor a la herramienta y a la pieza a maquinar. Esto implica el seleccionar un material de la herramienta apropiado, el sujetador de la herramienta, las condiciones de la máquina, configurar la geometría del filo de la herramienta para reducir los esfuerzos de corte y mejorar el flujo de la viruta metálica, y modificar la velocidad de corte y el avance de corte. Sin embargo, a veces el cambiar todos estos parámetros no es suficiente para que la herramienta trabaje apropiadamente.

Las herramientas solamente son capaces de trabajar en condiciones de maquinado en seco si están recubiertas. Por su estabilidad térmica y su dureza superficial y su relativa baja conductividad térmica, la capa de recubrimiento TiNAl es el más recomendado para dar una solución apropiada para el barrenado en seco de fundición gris.

En el tiempo presente, la efectividad del maquinado en seco varía de material en material. El metal más apropiado para el maquinado en seco parece ser la fundición gris. Para este tipo de maquinado en seco, las herramientas de carburo sólido con recubrimiento son una muy buena opción. Una broca de carburo puede ser recubierta con TiAlN para darle un mejor aislamiento al calor. La selección de una broca de carburo no solamente es apropiada para el maquinado de fundición gris, sino también para acero y aluminio.

Uno de los mayores impedimentos para el maquinado en seco, es el conocimiento que se tiene de que en aplicaciones de corte de metal es necesario la utilización de fluidos de corte para dar un buen acabado e incrementar la vida de la herramienta.

Los fluidos de corte son necesarios en algunas aplicaciones, pero en la actualidad, con los materiales de las herramientas de corte y los recubrimientos, el número de aplicaciones con refrigerante ha disminuido. De hecho, algunas herramientas de carburo sólido que trabajan a altas velocidades y altas temperaturas trabajan mejor con el filo de corte caliente.

La utilización de los recubrimientos como ya se mencionó anteriormente es sumamente benéfica para el incremento en vida de una herramienta.

En estudios en el campo han demostrado que el uso de distintos recubrimientos ha favorecido en gran escala a un proceso productivo.

(Ver Anexo 3)

Las brocas recubiertas pueden duplicar el efecto de lubricidad, reduciendo así los esfuerzos de corte los efectos de desgaste del filo.

Para mostrar algunos ejemplos se muestran las tablas comparativas entre una herramienta convencional con un tratamiento superficial de óxido de vapor y una herramienta con recubrimiento de Nitruro de Titanio Aluminio. En la siguiente tabla se puede ver una diferencia de rendimiento mayor hasta en 245.28 % de una broca con tratamiento steam oxide contra una recubierta con TiAlN. Realmente hay una mejora sustancial en esta aplicación.

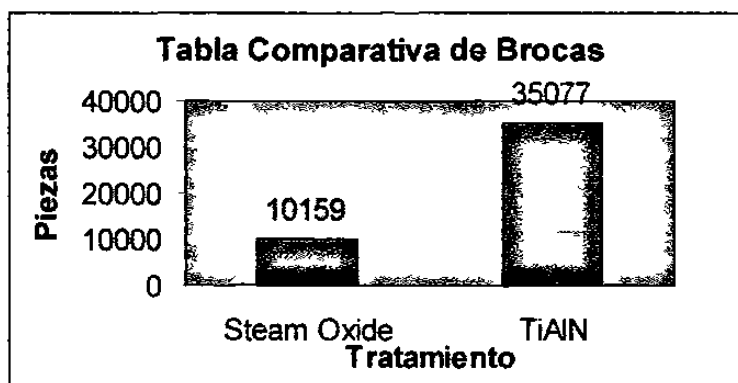


Tabla 10: comparativa entre Steam Oxide y Tinal.

Por otro lado, el incremento en vida ayuda directamente a que la máquina que opera con este tipo de herramienta, no tiene la necesidad tan frecuente del cambio de herramienta, impactando directamente los niveles de producción de las líneas y disminuyendo la cantidad de paros de máquina necesarios para el cambio y ajuste de la broca.

Los paros en una línea de producción son evitables si se tienen todas las necesidades de la máquina cubiertas.

Entre las necesidades de una máquina está el mantenimiento, que ayuda a que el equipo esté trabajando a sus condiciones óptimas en todos sus mecanismos.

Los materiales que son el punto principal de la producción; si no hay materiales para producir la máquina va a estar detenida sin poder transformar el

producto y por último las herramientas con las que la máquina va a transformar el producto y le va a dar valor agregado al producto.

Al utilizar los recubrimientos de herramienta también se puede incrementar la velocidad en la que la máquina opera.

Se puede incrementar la velocidad de corte de las brocas y el avance para poder producir una cantidad mayor de piezas por hora con el simple hecho de utilizar un tratamiento en la broca.

|                | Broca Actual | Broca Propuesta | Mejora |
|----------------|--------------|-----------------|--------|
| Diámetro       | 14 mm        | 14 mm           | N/A    |
| Vel. Corte     | 30 m/min     | 40 m/min        | 33 %   |
| Vel. Avance    | 2 mm/seg     | 2.6 mm/seg      | 33 %   |
| RPM            | 682 rpm      | 910 rpm         | 25 %   |
| Longitud Corte | 50.8 mm      | 50.8 mm         | N/A    |
| Tiempo         | 25.4 seg     | 19.5 seg        | 22 %   |

Tabla 11: Tabla Técnica Comparativa de Brocas

En una operación de barrenado se puede aplicar muy fácilmente este tipo de sistemas y lograr incrementar la producción de la máquina, disminuir los paros causados por el montaje, cambio y ajuste de herramienta.

Estos puntos anteriores son muy importantes para cualquier proceso de manufactura donde existan aplicaciones de barrenado.

(Ver Anexo 1 y Anexo 2).

En el siguiente capítulo trataremos la reducción del nivel de inventario como resultados de la utilización de los recubrimientos superficiales de herramienta de corte.



## **Capítulo 7**

### **Reducción de inventario por el uso de herramienta recubierta.**

#### **Introducción:**

El inventario es parte del costo total en un proceso de manufactura. Es material que realmente no está añadiendo valor agregado al producto. Sin embargo es necesario contar con inventario de herramientas para poder abastecer a las líneas productivas y mantenerlas operando. En este capítulo mencionaré como se puede reducir el inventario a través de la aplicación de la tecnología de recubrimientos en las herramientas de corte.

Al utilizar recubrimientos de herramienta se evita que ésta tenga un desgaste prematuro y que la broca se tenga que afilar otra vez para poder volver a utilizarla.

Si en un proceso donde normalmente la broca tiene una vida útil de 1000 piezas se utilizan los recubrimientos en las brocas se puede lograr que esta cantidad se pueda incrementar hasta 5000.

Esto quiere decir que se podría llegar a lograr incrementos de hasta 500 % en la vida de la herramienta. Al lograr un incremento de vida de herramienta de esta magnitud, se puede reducir el inventario de herramienta hasta en un 500 %, quiere decir que si alguna operación es realizada 1000 veces al mes, al lograr 5000 podemos reducir el inventario de piezas en almacén hasta en 5 veces y evitar manejar este costo por un período de tiempo 5 veces más largo que el común.

Esto implica una reducción en costo muy considerable ya que no se requiere tener una cantidad alta de brocas almacenadas para cubrir cierta cantidad de material mínimo almacenado.

En un almacén está mucha herramienta almacenada y realmente no es utilizada al cien por ciento, muchas de esas brocas pueden ser retiradas del almacén y cambiar los parámetros de consumo para que sean cada vez menos e impactar al costo de almacenamiento en un porcentaje considerable dependiendo el incremento en el rendimiento de las brocas donde se apliquen los recubrimientos.

En un proceso normal de maquinado se requieren 6 juegos de herramienta. Tres de ellos están almacenados en un depósito central donde se lleva el control del consumo y abastecimiento de herramienta, uno de ellos está siendo preparado en el taller de afilado, otro está funcionando en la máquina y el último se encuentra ajustado a un lado de la máquina al alcance de los operadores listo para utilizarse cuando se presente un cambio de herramienta.

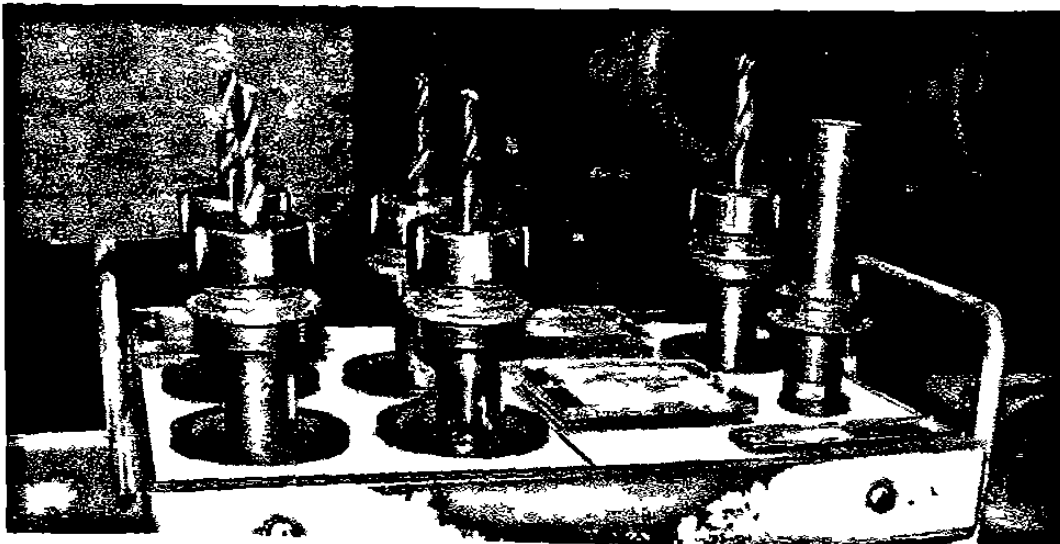


Figura 31: Tablero de Herramientas al lado de una Máquina

Normalmente los talleres de afilado manejan una cantidad muy alta de herramienta en el proceso de afilado. Al igual los centros de control de herramienta manejan una cantidad muy alta de herramienta que a veces es innecesaria.

(Ver anexo)

Con la utilización de recubrimientos en las brocas para barrenado de fundición gris se puede lograr que el número de brocas que se manejen en este sistema de afilado, almacenamiento y servicio puedan reducirse hasta 4 juegos de herramienta y en algunos casos hasta 3 juegos.



Figura 32: Exceso de Herramienta en un Taller de Afilado

Uno en el centro de control de herramienta acomodado en sus respectivos casilleros, esperando a ser ajustado y utilizado en alguna operación. Otro en el proceso de afilado, poniéndolo en condiciones óptimas para aceptar el proceso de recubrimiento en el horno (Cabe mencionar que el proceso de afilado es uno de los procesos más importantes para el proceso de barrenado, ya que es el proceso que le dá preparación al filo de corte de la herramienta. Esté tema se tocará en capítulos posteriores). Otro de los juegos en tránsito al cual se le está aplicando el proceso de recubrimiento y el último juego es el que estaría trabajando en la máquina que produce las piezas barrenadas.

De esta manera, los consumos y cargos por consumo de herramienta disminuyen de acuerdo a la cantidad de piezas que la herramienta produzca en un período de tiempo determinado y al nivel de producción que demande el cliente. (Ver Anexo 4)

Dependiendo de la cantidad de brocas que utilice la máquina van a ser la cantidad de herramientas que circulen en estos procesos.

Existen operaciones en las que se utilizan cabezales múltiples para las operaciones de barrenado en una pieza por lo tanto se requiere de distintos tipos de brocas para distintas estaciones de trabajo.

Entre más compleja sea la operación, más brocas serán las que se deberán tener en el inventario de brocas listas para utilizarse.

Mediante la aplicación de los recubrimientos se puede reducir como se mencionó anteriormente.

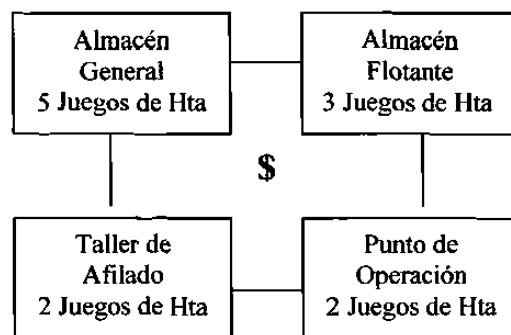


Figura 33: Herramientas en un Sistema

En el siguiente capítulo se tratará la forma en la cual los recubrimientos de herramienta ayudan a la reducción del costo de afilado de herramientas de corte.

## Capítulo 8

### Reducción en el costo de afilado de herramienta

Cuando las brocas se reciben de un proveedor de herramienta, estas vienen afiladas de manera muy precisa. Esto asegura una carga de viruta efectiva, esto resulta en un óptimo desempeño de la broca. Estas brocas son utilizadas como nuevas solamente una vez. La porción más larga de la vida de la herramienta es cuando es reacondicionada.

Un gran porcentaje de las fallas en la broca es atribuido a un mal afilado y preparación del filo de corte. Por lo tanto es muy importante que se tenga extremo cuidado en el reacondicionado de los filos de las brocas.

El proceso de reafilado es muy importante para que cualquier broca pueda tener un desempeño aceptable en la estación de trabajo.

El afilado de una broca se realiza con discos abrasivos que tienen un costo muy alto en el mercado. Estos abrasivos tienen propiedades que permiten trabajar la herramienta de tal forma que las pueden dejar otra vez como funcionales después de un trabajo de barrenado.



Figura 34: Abrasivos utilizados para el afilado de brocas

Cada vez que una broca se retira de la estación de trabajo por cumplir la cantidad de ciclos programada en la máquina debe ser llevada a un taller de afilado para darle otra vez la preparación adecuada en el filo de acuerdo a los dibujos y estándares de ingeniería que se manejen en la empresa.

Para esto, es necesario que la broca pase por un proceso de limpieza general para remover suciedad de sus márgenes y evitar que se genere algún problema en el dispositivo de sujeción de la broca. Después de este proceso, es necesario dar una operación de desbaste con un abrasivo de grano grande para remover las partes del filo que sufrieron algún deterioro o desgaste en la operación de barrenado.

Después de que la broca ha pasado por el proceso de limpieza y desbaste de filos es transportada a una máquina más precisa para poder dar el acabado a los filos y los ángulos de ataque de la broca.



Figura 35: Máquina Afiladora de Control Numérico

Estas máquinas de preferencia deben ser de control numérico para poder dar los ángulos de ataque correctos y poder garantizar un mejor funcionamiento de la broca en su operación.

La preparación de los ángulos de ataque es muy importante ya que dependiendo la dureza del material y la velocidad a la que trabaje la broca será la facilidad de penetración en el material.

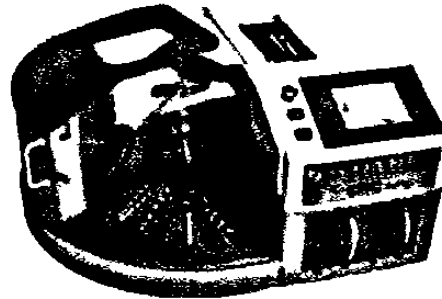


Figura 36: Afiladora Especializada en Brocas

También el afilado en algunas aplicaciones es importante ya que dependiendo el tipo de afilado y el tipo de barreno que se genere será el nivel de desempeño de la broca.

Aquí juega un papel muy importante el material del cuál está fabricada la broca. Como lo mencioné en el capítulo uno, algunas brocas son fabricadas de acero de alta velocidad que son fabricadas para ciertas aplicaciones y otras son fabricadas de carburo sólido que son utilizadas para operaciones más rudas y que demandan más del trabajo de una broca.

Dependiendo del tipo de broca, si es de carburo sólido o de acero de alta velocidad va a seleccionarse el tipo de abrasivo adecuado para el desbaste de filos y el terminado y preparación fina del afilado.

Para las herramientas de acero de alta velocidad, el disco abrasivo adecuado es un disco de borasón que tiene un costo aproximado de \$160.00 USD.

Para las herramientas de carburo sólido, como son de una material más duro y resistente, se utiliza un disco o rueda abrasiva elaborada con diamante con un costo aproximado de \$240.00 USD

La situación actual nos indica que se consumen anualmente una cantidad aproximada de 20 ruedas abrasivas de borasón y 40 ruedas abrasivas de diamante, esto genera un total de costo de \$12,800 USD. Esta cantidad es una cantidad considerable para cualquier empresa, pero para reducir estos costos, un método puede ser la utilización de los recubrimientos

Con la utilización de recubrimientos en las brocas se puede lograr una disminución considerable en el costo de afilado de éstas.

El costo del afilado es inversamente proporcional a la vida de las brocas. Mientras más alta sea la vida útil de las brocas, menos cantidad de ruedas abrasivas se consumirán en un sistema de afilado de herramienta. Por lo tanto si una broca dura 10,000 piezas trabajando y se afila cada vez que completa esta cantidad de piezas se consumirá una cantidad de abrasivo.

Si se incrementa la vida útil de las brocas de 10,000 piezas a 30,000 piezas se puede decir que el nivel de consumo de abrasivo debe decrecer en 200% ya que se están produciendo 20,000 piezas más con la misma broca y se está dejando de consumir el material abrasivo.

También se genera una reducción en la utilización de la maquinaria para afilado ya que se disminuye la cantidad de brocas que se tienen que afilar diariamente.

Diariamente en un taller de afilado se maneja una cantidad aproximada de 120 brocas. Cada broca tiene que ser desmontada de su adaptador y llevada a limpieza para remover todo la suciedad de su superficie. Todo este proceso lleva aproximadamente 8 minutos por broca.



El tiempo total para el afilado de 120 broca es aproximadamente 16 horas. El costo de la hora de afilado es de \$15.00 USD. Este total es de \$240.00 USD diarios.

Considerando un mes con 20 días hábiles de producción normal, la cantidad de dinero que se gasta es de \$4,800 USD por mes. Esto genera un total anual de \$57,600 USD anuales.

Con la utilización de recubrimientos se puede disminuir en un 66% el costo de afilado y el costo del material abrasivo.

La utilización de los recubrimientos genera un ahorro aproximado anual de \$47,000 USD solamente en el área de afilado por la disminución de consumo de piedras abrasivas para afilado.

| <b>Consumo Discos Actual</b>    |            |                   |
|---------------------------------|------------|-------------------|
|                                 | Costo      |                   |
| 40Diamante                      | \$240.0usd | \$9,600.0         |
| 20Borasón                       | \$160.0usd | \$3,200.0         |
|                                 |            | <b>\$12,800.0</b> |
| <b>Consumo Discos Propuesto</b> |            |                   |
|                                 | Costo      |                   |
| 13.2Diamante                    | \$240.0usd | \$3,168.0         |
| 6.6Borasón                      | \$160.0usd | \$1,056.0         |
|                                 |            | <b>\$4,224.0</b>  |
| <b>Ahorro</b>                   |            | <b>\$8,576.0</b>  |

Tabla 12: Ahorro en Abrasivos

Así sucesivamente si se aplica el sistema de recubrimientos a un lote considerable de brocas se puede reducir en gran cantidad de dinero el costo de afilado y preparación de estas brocas.

Esta es una de las formas en las que el recubrimiento de herramienta es benéfico para un proceso de manufactura de componentes elaborados con fundición gris y procesados en estaciones de barrenado como parte de su transformación.

En el siguiente capítulo se manejarán las conclusiones de la investigación, la comprobación de la hipótesis y la tabla de beneficios por la aplicación de este proceso.

## Capítulo 9

### Comprobación de Hipótesis, Análisis de Resultados, Recomendaciones y Conclusiones

A través de los distintos capítulos que se han tratado durante el desarrollo de esta investigación, podemos observar los distintos beneficios y ventajas que tiene el uso de recubrimientos superficiales en operaciones de barrenado de fundición gris.

Las hojas de prueba nos muestran un incremento de vida de herramienta considerable, que impacta en distintos aspectos en el proceso de manufactura de componentes.

Dentro de los principales beneficios se encuentran:

- Incremento de vida de la herramienta
- Reducción de inventarios de Herramienta
- Disminución de costos de reparación y Afilado
- Disminución de tiempo de preparación de herramienta
- Disminución de paros de máquina
- Incremento de capacidad de máquina
- Incremento de niveles de producción
- Reducción del desecho
- Reducción de Contaminación en el Ambiente

Como resumen de todos los puntos anteriormente mencionados se puede generar la siguiente tabla en la cual se muestran todos los beneficios monetarios de este proceso:

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| Reducción de Inventario | \$11,925.00 |
| Costo Afilado           | \$57,600.00 |
| Costo Abrasivo          | \$8,575.00  |
| Costo Herramienta       | \$17,280.00 |
| Total                   | \$95,380.00 |

|                                 |         |     |
|---------------------------------|---------|-----|
| Incremento vida de Herramienta  | 231.77% | (+) |
| Reducción Tiempo de Corte       | 22.00%  | (-) |
| Tiempo ajuste Herramienta       | 231.77% | (-) |
| Paros de máquina                | 231.77% | (-) |
| Incremento de capacidad de Maq. | 22.00%  | (+) |

## Conclusiones de la Investigación

Debido a los datos obtenidos a través de las distintas pruebas que se realizaron con las herramientas se puede llegar a la conclusión de que la hipótesis planteada al inicio de esta investigación la cual dice:

“La aplicación de recubrimientos superficiales en herramientas de corte utilizadas para el barrenado de fundición gris genera un ahorro en un proceso de manufactura disminuyendo así el costo de transformación de un producto”.

Es verdadera basándonos en la información obtenida a través de esta investigación y los ahorros generados por estas tecnologías de corte.

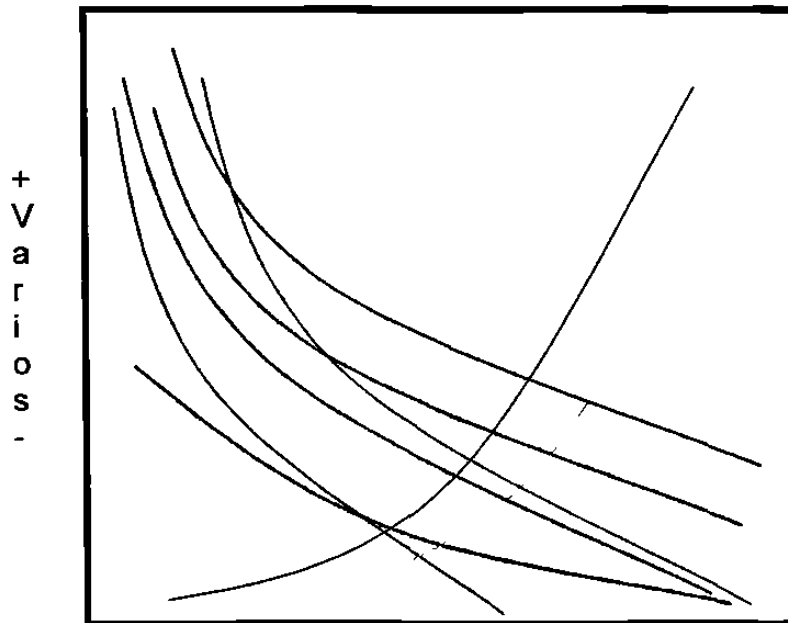
Todo esto está fundamentado en los distintos beneficios que se mencionan anteriormente como el incremento en vida útil de la herramienta el cual se mejora en un porcentaje considerable al utilizar los recubrimientos.

El costo de inventario es inversamente proporcional a la vida de herramienta, ya que cuanto más dure la herramienta, menos será la cantidad de brocas requeridas para mantener el inventario en planta.

Entre más alta es la vida de las herramientas de corte, menos será la cantidad de dinero empleada para las reparaciones de herramienta, es también inversamente proporcional.

Si se toma la iniciativa de implementar este tipo de sistemas de recubrimientos de herramienta en cualquier industria manufacturera (metalmecánica) se pueden lograr grandes beneficios como los mencionados anteriormente.

En la siguiente gráfica podremos ver como se relacionan todos los factores antes mencionados en base a la vida de herramienta.



- Vida de Herramienta de Corte

Figura 37: Relación de vida de herramienta con otros factores

- Afilado y Reparaciones de Herramienta
- Costo de Herramienta
- Inventario de Herramienta
- Paros de Máquina
- Desperdicio
- Contaminación
- Capacidad de máquina

Además de lo mencionado anteriormente se pueden tomar como recomendación el uso de distintos procesos mediante los cuales se pueden hacer también algunas mejoras a la vida útil de las herramientas de corte. Uno de estos procesos es el conocido como tratamiento criogénico, mediante el cual se puede incrementar la dureza de los aceros de herramienta hasta en 2 ó 3 grados de dureza HRC. Este tratamiento consiste en un enfriamiento de las brocas a temperaturas muy bajas y después un tipo de revenido mediante el cual, la austenita retenida de los aceros al carbono pasan a formar martencita.

Este fenómeno genera un cambio en la micro estructura del material haciéndolo más resistente al desgaste de la herramienta. (Ver Anexo 6)

Otro tratamiento recomendado para el incremento de vida de los aceros de herramienta, es la preparación superficial a través de resinas. Mediante este proceso, se perfecciona la superficie de la broca. Este proceso es utilizado para eliminar las imperfecciones microscópicas en la superficie de la broca. Al utilizar este tipo de proceso se reducen las imperfecciones generando así mayor lubricidad y disminuyendo las asperezas en la superficie de la broca. Esto ayuda a disminuir la fricción en la superficie de la broca. Mediante el uso de este tratamiento las dimensiones de la broca no son afectadas. (Ver Anexo 7)

Para aplicar estos tratamientos, al igual que los recubrimientos se recomienda seguir el diagrama del anexo 5, mediante el cual se sigue una secuencia que permite a la compañía poder aprovechar al máximo sus recursos de corte y de herramienta. De esta manera pueden incrementarse aún más los beneficios de la utilización de todas estas tecnologías.  
(Ver Anexo 5)

## **Bibliografía**

1. Modern Machine Shop Magazine [www.mmsonline.com](http://www.mmsonline.com)
2. Revista Metalmecánica [www.metalmecanica.com](http://www.metalmecanica.com)
3. Engine Technology International Magazine
4. Modern Application News Magazine [www.manmagazine.com](http://www.manmagazine.com)
5. Cutting Tool Engineering Magazine [www.cuttingtoolengineering.com](http://www.cuttingtoolengineering.com)
6. Tooling and Production Magazine [www.toolingandproduction.com](http://www.toolingandproduction.com)
7. Drilling, Reaming and Related Processes
8. Guhring Inc. Home Page [www.guhring.com](http://www.guhring.com)
9. Balzers Inc. Home Page [www.balzers.com](http://www.balzers.com)
10. Morse Cutting Tools Home Page
11. Metfax Online
12. Precision Twist Drill Inc. Home Page
13. Revista Manufactura [www.manufacturaweb.com](http://www.manufacturaweb.com)
14. Principles of Tungsten Carbide Engineering, CmfgE George Scheider Jr.  
Society of Carbide and Tool Engineers
15. La Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Donald R. Askeland.
16. Modern Metal Cutting, Sandvik Coromant
17. Tool and Manufacturin Engineers Handbook, Thomas Drozda CmfgE,  
Charles Wick, CmfgE.

**Anexo 1**  
**Estudio de Vida Normal de**  
**Herramienta**

**ANÁLISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS**

HOJA 1 / 1

PRUEBA N° B010604-01  
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2053  
 NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 14 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (1/4)

Seguimiento a comportamiento normal de broca

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES              | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| 06/04/01 | 1     | 447                   |                            | 447                |
| 06/04/01 | 2     | 750                   |                            | 1197               |
| 06/05/01 | 1     | 429                   |                            | 1626               |
| 06/05/01 | 2     | 860                   |                            | 2486               |
| 06/06/01 | 1     | 935                   |                            | 3421               |
| 06/06/01 | 2     | 921                   |                            | 4342               |
| 06/07/01 | 1     | 695                   |                            | 5037               |
| 06/07/01 | 2     | 925                   |                            | 5962               |
| 06/08/01 | 1     | 895                   |                            | 6857               |
| 06/08/01 | 2     | 822                   |                            | 7679               |
| 06/11/01 | 1     | 671                   |                            | 8350               |
| 06/11/01 | 2     | 251                   |                            | 8601               |
| 06/12/01 | 1     | 324                   |                            | 8925               |
| 06/12/01 | 2     | 747                   |                            | 9672               |
| 06/13/01 | 1     | 487                   | Se bajó broca por desgaste | 10159              |
|          |       |                       | total 10159 piezas         |                    |
|          |       |                       | vida normal de herramienta |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_



DAIMLERCHRYSLER  
Planta Motores Saltijo

**ANÁLISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS**

HOJA 1 / 1

PRUEBA Nº B010604-02  
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N° 4621441-T-2054  
 NOMBRE Broca 13.9 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 16 LH  
 DESCRIPCIÓN DE LA OPERACION Barrenado #310 (2/4)  
Seguimiento a comportamiento normal de broca  
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES              | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| 06/04/01 | 1     | 447                   |                            | 447                |
| 06/04/01 | 2     | 750                   |                            | 1197               |
| 06/05/01 | 1     | 429                   |                            | 1626               |
| 06/05/01 | 2     | 860                   |                            | 2486               |
| 06/06/01 | 1     | 935                   |                            | 3421               |
| 06/06/01 | 2     | 921                   |                            | 4342               |
| 06/07/01 | 1     | 695                   |                            | 5037               |
| 06/07/01 | 2     | 925                   |                            | 5962               |
| 06/08/01 | 1     | 895                   |                            | 6857               |
| 06/08/01 | 2     | 822                   |                            | 7679               |
| 06/11/01 | 1     | 671                   |                            | 8350               |
| 06/11/01 | 2     | 251                   |                            | 8601               |
| 06/12/01 | 1     | 324                   |                            | 8925               |
| 06/12/01 | 2     | 747                   |                            | 9672               |
| 06/13/01 | 1     | 487                   |                            | 10159              |
| 06/13/01 | 2     | 989                   | Se bajó broca por desgaste | 11148              |
|          |       |                       | total 11148 pzas           |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

ANÁLISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 1

PRUEBA Nº B010604-03  
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2055  
 NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE Nº 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 18 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (3/4)  
Seguimiento a comportamiento normal de broca  
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES              | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| 06/04/01 | 1     | 447                   |                            | 447                |
| 06/04/01 | 2     | 750                   |                            | 1197               |
| 06/05/01 | 1     | 429                   |                            | 1626               |
| 06/05/01 | 2     | 860                   |                            | 2486               |
| 06/06/01 | 1     | 935                   |                            | 3421               |
| 06/06/01 | 2     | 921                   |                            | 4342               |
| 06/07/01 | 1     | 695                   |                            | 5037               |
| 06/07/01 | 2     | 925                   |                            | 5962               |
| 06/08/01 | 1     | 895                   |                            | 6857               |
| 06/08/01 | 2     | 822                   |                            | 7679               |
| 06/11/01 | 1     | 671                   |                            | 8350               |
| 06/11/01 | 2     | 251                   |                            | 8601               |
| 06/12/01 | 1     | 324                   |                            | 8925               |
| 06/12/01 | 2     | 747                   | Se bajó broca por desgaste | 9672               |
|          |       |                       | total 9672 pzas            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |

ANALISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 1

PRUEBA Nº B010604-04  
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2056  
 NOMBRE Broca 13.7 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE Nº 4621441 OP. Nº 44-20-2 ESTACION No. 20 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (4/4)  
Seguimiento a comportamiento normal de broca

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES              | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| 06/04/01 | 1     | 447                   |                            | 447                |
| 06/04/01 | 2     | 750                   |                            | 1197               |
| 06/05/01 | 1     | 429                   |                            | 1626               |
| 06/05/01 | 2     | 860                   |                            | 2486               |
| 06/06/01 | 1     | 935                   |                            | 3421               |
| 06/06/01 | 2     | 921                   |                            | 4342               |
| 06/07/01 | 1     | 695                   |                            | 5037               |
| 06/07/01 | 2     | 925                   |                            | 5962               |
| 06/08/01 | 1     | 895                   |                            | 6857               |
| 06/08/01 | 2     | 822                   |                            | 7679               |
| 06/11/01 | 1     | 671                   |                            | 8350               |
| 06/11/01 | 2     | 251                   |                            | 8601               |
| 06/12/01 | 1     | 324                   |                            | 8925               |
| 06/12/01 | 2     | 747                   |                            | 9672               |
| 06/13/01 | 1     | 487                   |                            | 10159              |
| 06/13/01 | 2     | 989                   | Se bajó broca por desgaste | 11148              |
|          |       |                       | total 11148 pzas           |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |
|          |       |                       |                            |                    |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

**Anexo 2**  
**Estudio de Vida de Herramienta**  
**Recubierta**

**ANALISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS**

HOJA 1 / 2

PRUEBA Nº B010614-01  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2053  
 NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE Nº 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 14 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (1/4)  
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)  
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|---------------|--------------------|
| 06/14/01 | 1     | 1324                  |               | 1324               |
| 06/14/01 | 2     | 1127                  |               | 2451               |
| 06/15/01 | 1     | 678                   |               | 3129               |
| 06/15/01 | 2     | 987                   |               | 4116               |
| 06/18/01 | 1     | 721                   |               | 4837               |
| 06/18/01 | 2     | 567                   |               | 5404               |
| 06/19/01 | 1     | 567                   |               | 5971               |
| 06/19/01 | 2     | 765                   |               | 6736               |
| 06/20/01 | 1     | 980                   |               | 7716               |
| 06/20/01 | 2     | 789                   |               | 8505               |
| 06/21/01 | 1     | 989                   |               | 9494               |
| 06/21/01 | 2     | 876                   |               | 10370              |
| 06/22/01 | 1     | 576                   |               | 10946              |
| 06/22/01 | 2     | 785                   |               | 11731              |
| 06/25/01 | 1     | 987                   |               | 12718              |
| 06/25/01 | 2     | 690                   |               | 13408              |
| 06/26/01 | 1     | 897                   |               | 14305              |
| 06/26/01 | 2     | 900                   |               | 15205              |
| 06/27/01 | 1     | 785                   |               | 15990              |
| 06/27/01 | 2     | 798                   |               | 16788              |
| 06/28/01 | 1     | 890                   |               | 17678              |
| 06/28/01 | 2     | 867                   |               | 18545              |
| 06/29/01 | 1     | 567                   |               | 19112              |
| 06/29/01 | 2     | 490                   |               | 19602              |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

ANÁLISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 2 / 2

PRUEBA N° B010614-01  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2053

NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO

PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 14 LH

DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (1/4)

Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TAIN)

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES                                  | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|--|--------------------|
| 07/02/01 | 1     | 690                   |  | 20292              |
| 07/02/01 | 2     | 957                   |  | 21249              |
| 07/03/01 | 1     | 1134                  |  | 22383              |
| 07/03/01 | 2     | 987                   |  | 23370              |
| 07/04/01 | 1     | 670                   |  | 24040              |
| 07/04/01 | 2     | 459                   |  | 24499              |
| 07/05/01 | 1     | 1018                  |  | 25517              |
| 07/05/01 | 2     | 789                   |  | 26306              |
| 07/06/01 | 1     | 579                   |  | 26885              |
| 07/06/01 | 2     | 791                   |  | 27676              |
| 07/09/01 | 1     | 694                   |  | 28370              |
| 07/09/01 | 2     | 651                   |  | 29021              |
| 07/10/01 | 1     | 899                   |  | 29920              |
| 07/10/01 | 2     | 578                   |  | 30498              |
| 07/11/01 | 1     | 961                   |  | 31459              |
| 07/11/01 | 2     | 562                   |  | 32021              |
| 07/12/01 | 1     | 798                   |  | 32819              |
| 07/12/01 | 2     | 621                   | Se bajó Broca por desgaste natural. Se mandó a | 33440              |
| 07/13/01 | 1     | 1023                  | refilar para volver a preparar.                | 34463              |
| 07/13/01 | 2     | 614                   | TOTAL 35077 PZAS                               | 35077              |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

ANÁLISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 2

PRUEBA Nº B010614-02  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2054

NOMBRE Broca 13.9 mm LINEA: BLOCK TERMINADO

PARTE Nº 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 16 LH

DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (2/4)

Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|---------------|--------------------|
| 06/14/01 | 1     | 1324                  |               | 1324               |
| 06/14/01 | 2     | 1127                  |               | 2451               |
| 06/15/01 | 1     | 678                   |               | 3129               |
| 06/15/01 | 2     | 987                   |               | 4116               |
| 06/18/01 | 1     | 721                   |               | 4837               |
| 06/18/01 | 2     | 567                   |               | 5404               |
| 06/19/01 | 1     | 567                   |               | 5971               |
| 06/19/01 | 2     | 765                   |               | 6736               |
| 06/20/01 | 1     | 980                   |               | 7716               |
| 06/20/01 | 2     | 789                   |               | 8505               |
| 06/21/01 | 1     | 989                   |               | 9494               |
| 06/21/01 | 2     | 876                   |               | 10370              |
| 06/22/01 | 1     | 576                   |               | 10946              |
| 06/22/01 | 2     | 785                   |               | 11731              |
| 06/25/01 | 1     | 987                   |               | 12718              |
| 06/25/01 | 2     | 690                   |               | 13408              |
| 06/26/01 | 1     | 897                   |               | 14305              |
| 06/26/01 | 2     | 900                   |               | 15205              |
| 06/27/01 | 1     | 785                   |               | 15990              |
| 06/27/01 | 2     | 798                   |               | 16788              |
| 06/28/01 | 1     | 890                   |               | 17678              |
| 06/28/01 | 2     | 867                   |               | 18545              |
| 06/29/01 | 1     | 567                   |               | 19112              |
| 06/29/01 | 2     | 490                   |               | 19602              |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

## ANÁLISIS VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 2 / 2

PRUEBA N° B010614-02  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2054  
 NOMBRE Broca 13.9 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 16 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (2/4)  
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)  
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES                                  | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|--|--------------------|
| 07/02/01 | 1     | 690                   |  | 20292              |
| 07/02/01 | 2     | 957                   |  | 21249              |
| 07/03/01 | 1     | 1134                  |  | 22383              |
| 07/03/01 | 2     | 987                   |  | 23370              |
| 07/04/01 | 1     | 670                   |  | 24040              |
| 07/04/01 | 2     | 459                   |  | 24499              |
| 07/05/01 | 1     | 1018                  |  | 25517              |
| 07/05/01 | 2     | 789                   |  | 26306              |
| 07/06/01 | 1     | 579                   |  | 26885              |
| 07/06/01 | 2     | 791                   |  | 27676              |
| 07/09/01 | 1     | 694                   |  | 28370              |
| 07/09/01 | 2     | 651                   |  | 29021              |
| 07/10/01 | 1     | 899                   |  | 29920              |
| 07/10/01 | 2     | 578                   |  | 30498              |
| 07/11/01 | 1     | 961                   |  | 31459              |
| 07/11/01 | 2     | 562                   |  | 32021              |
| 07/12/01 | 1     | 798                   |  | 32819              |
| 07/12/01 | 2     | 621                   |  | 33440              |
| 07/13/01 | 1     | 1023                  |  | 34463              |
| 07/13/01 | 2     | 614                   | Se bajó Broca por desgaste natural. Se mandó a | 35077              |
| 07/14/01 | 1     | 678                   | refilar para volver a preparar.                | 35755              |
| 07/14/01 | 2     | 535                   | TOTAL 36290 PZAS                               | 36290              |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_



ANÁLISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 2

PRUEBA N° B010614-03  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2055

NOMBRE Broca 13.8 mm LINEA: BLOCK TERMINADO

PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 18 LH

DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (3/4)

Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAlN)

PROVEEDOR ACTUAL

ELMEC

PROVEEDOR A PRUEBA

ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|---------------|--------------------|
| 06/14/01 | 1     | 1324                  |               | 1324               |
| 06/14/01 | 2     | 1127                  |               | 2451               |
| 06/15/01 | 1     | 678                   |               | 3129               |
| 06/15/01 | 2     | 987                   |               | 4116               |
| 06/18/01 | 1     | 721                   |               | 4837               |
| 06/18/01 | 2     | 567                   |               | 5404               |
| 06/19/01 | 1     | 567                   |               | 5971               |
| 06/19/01 | 2     | 765                   |               | 6736               |
| 06/20/01 | 1     | 980                   |               | 7716               |
| 06/20/01 | 2     | 789                   |               | 8505               |
| 06/21/01 | 1     | 989                   |               | 9494               |
| 06/21/01 | 2     | 876                   |               | 10370              |
| 06/22/01 | 1     | 576                   |               | 10946              |
| 06/22/01 | 2     | 785                   |               | 11731              |
| 06/25/01 | 1     | 987                   |               | 12718              |
| 06/25/01 | 2     | 690                   |               | 13408              |
| 06/26/01 | 1     | 897                   |               | 14305              |
| 06/26/01 | 2     | 900                   |               | 15205              |
| 06/27/01 | 1     | 785                   |               | 15990              |
| 06/27/01 | 2     | 798                   |               | 16788              |
| 06/28/01 | 1     | 890                   |               | 17678              |
| 06/28/01 | 2     | 867                   |               | 18545              |
| 06/29/01 | 1     | 567                   |               | 19112              |
| 06/29/01 | 2     | 490                   |               | 19602              |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

ANALISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 2 / 2

PRUEBA N° B010614-03  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N° 4621441-T-2055  
 NOMBRE Broca 13.8 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 18 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (3/4)  
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)  
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES                                  | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|--|--------------------|
| 07/02/01 | 1     | 690                   |  | 20292              |
| 07/02/01 | 2     | 957                   |  | 21249              |
| 07/03/01 | 1     | 1134                  |  | 22383              |
| 07/03/01 | 2     | 987                   |  | 23370              |
| 07/04/01 | 1     | 670                   |  | 24040              |
| 07/04/01 | 2     | 459                   |  | 24499              |
| 07/05/01 | 1     | 1018                  |  | 25517              |
| 07/05/01 | 2     | 789                   |  | 26306              |
| 07/06/01 | 1     | 579                   |  | 26885              |
| 07/06/01 | 2     | 791                   |  | 27676              |
| 07/09/01 | 1     | 694                   |  | 28370              |
| 07/09/01 | 2     | 651                   |  | 29021              |
| 07/10/01 | 1     | 899                   |  | 29920              |
| 07/10/01 | 2     | 578                   |  | 30498              |
| 07/11/01 | 1     | 961                   |  | 31459              |
| 07/11/01 | 2     | 562                   |  | 32021              |
| 07/12/01 | 1     | 798                   |  | 32819              |
| 07/12/01 | 2     | 621                   | Se bajó Broca por desgaste natural. Se mandó a | 33440              |
| 07/13/01 | 1     | 1023                  | refilar para volver a preparar.                | 34463              |
|          |       |                       | TOTAL 34463 PZAS                               |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

ANALISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 2

PRUEBA N° B010614-04  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2056  
 NOMBRE Broca 13.7 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 20 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (4/4)  
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAlN)  
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|---------------|--------------------|
| 06/14/01 | 1     | 1324                  |               | 1324               |
| 06/14/01 | 2     | 1127                  |               | 2451               |
| 06/15/01 | 1     | 678                   |               | 3129               |
| 06/15/01 | 2     | 987                   |               | 4116               |
| 06/18/01 | 1     | 721                   |               | 4837               |
| 06/18/01 | 2     | 567                   |               | 5404               |
| 06/19/01 | 1     | 567                   |               | 5971               |
| 06/19/01 | 2     | 765                   |               | 6736               |
| 06/20/01 | 1     | 980                   |               | 7716               |
| 06/20/01 | 2     | 789                   |               | 8505               |
| 06/21/01 | 1     | 989                   |               | 9494               |
| 06/21/01 | 2     | 876                   |               | 10370              |
| 06/22/01 | 1     | 576                   |               | 10946              |
| 06/22/01 | 2     | 785                   |               | 11731              |
| 06/25/01 | 1     | 987                   |               | 12718              |
| 06/25/01 | 2     | 690                   |               | 13408              |
| 06/26/01 | 1     | 897                   |               | 14305              |
| 06/26/01 | 2     | 900                   |               | 15205              |
| 06/27/01 | 1     | 785                   |               | 15990              |
| 06/27/01 | 2     | 798                   |               | 16788              |
| 06/28/01 | 1     | 890                   |               | 17678              |
| 06/28/01 | 2     | 867                   |               | 18545              |
| 06/29/01 | 1     | 567                   |               | 19112              |
| 06/29/01 | 2     | 490                   |               | 19602              |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

ANALISIS  
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 2 / 2

PRUEBA Nº B010614-04  
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2056  
 NOMBRE Broca 13,7 mm LINEA: BLOCK TERMINADO  
 PARTE Nº 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 20 LH  
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (4/4)  
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)  
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

| FECHA    | TURNO | CANTIDAD<br>PRODUCIDA | OBSERVACIONES                                  | TOTAL<br>ACUMULADO |
|----------|-------|-----------------------|--|--------------------|
| 07/02/01 | 1     | 690                   |  | 20292              |
| 07/02/01 | 2     | 957                   |  | 21249              |
| 07/03/01 | 1     | 1134                  |  | 22383              |
| 07/03/01 | 2     | 987                   |  | 23370              |
| 07/04/01 | 1     | 670                   |  | 24040              |
| 07/04/01 | 2     | 459                   |  | 24499              |
| 07/05/01 | 1     | 1018                  |  | 25517              |
| 07/05/01 | 2     | 789                   |  | 26306              |
| 07/06/01 | 1     | 579                   |  | 26885              |
| 07/06/01 | 2     | 791                   |  | 27676              |
| 07/09/01 | 1     | 694                   |  | 28370              |
| 07/09/01 | 2     | 651                   |  | 29021              |
| 07/10/01 | 1     | 899                   |  | 29920              |
| 07/10/01 | 2     | 578                   |  | 30498              |
| 07/11/01 | 1     | 961                   |  | 31459              |
| 07/11/01 | 2     | 562                   |  | 32021              |
| 07/12/01 | 1     | 798                   | Se bajó Broca por desgaste natural. Se mandó a | 32819              |
| 07/12/01 | 2     | 621                   | realilar para volver a preparar.               | 33440              |
|          |       |                       | TOTAL 33440 PZAS                               |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |
|          |       |                       |  |                    |

ING. DE PROCESOS \_\_\_\_\_

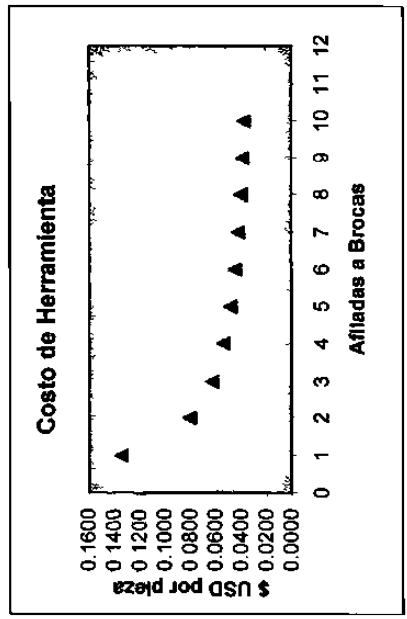
**Anexo 3**  
**Tabla de Vida y Costo de**  
**Herramienta**

### Herramientas con Recubrimiento Hardiube

| Número de Herramienta               | Cant. Brocas | Precio Uni. Rec | Costo Rec. Set | Cant. Afiliadas | Vida Normal Hrs | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unit. Herramienta | Costo Set Recubrimiento | Costo Costo   |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 4556679-T-2002                      | 3            | 6.38            | 19.13          | 1               | 8000            | 24000                         | 25.5                    | 19.13                   | 0.0040        |
| 4556679-T-2015                      | 2            | 7.44            | 14.88          | 1               | 8000            | 24000                         | 29.75                   | 14.88                   | 0.0031        |
| 4556679-T-2004                      | 4            | 5.88            | 23.90          | 1               | 8000            | 24000                         | 23.9                    | 23.90                   | 0.0050        |
| 4556679-T-2006                      | 3            | 11.08           | 33.17          | 1               | 11000           | 33000                         | 44.22                   | 33.17                   | 0.0050        |
| 4556679-T-2023                      | 1            | 5.60            | 5.60           | 1               | 8000            | 24000                         | 22.38                   | 5.60                    | 0.0012        |
| 4556679-T-2008                      | 2            | 5.31            | 10.63          | 1               | 8000            | 24000                         | 21.25                   | 10.63                   | 0.0022        |
| 4556679-T-2020                      | 1            | 14.96           | 14.96          | 1               | 8000            | 24000                         | 59.84                   | 14.96                   | 0.0031        |
| 4556679-T-3000                      | 1            | 48.03           | 48.03          | 1               | 8000            | 24000                         | 192.1                   | 48.03                   | 0.0100        |
| 4556679-T-3002                      | 8            | 7.88            | 62.90          | 1               | 8000            | 24000                         | 31.45                   | 62.90                   | 0.0131        |
| 4556679-T-3001                      | 4            | 13.57           | 54.27          | 1               | 8000            | 24000                         | 54.27                   | 54.27                   | 0.0113        |
| 4621441-T-2051                      | 2            | 5.90            | 11.80          | 1               | 8000            | 24000                         | 23.59                   | 11.80                   | 0.0025        |
| 4621441-T-2052                      | 4            | 6.69            | 26.76          | 1               | 8000            | 24000                         | 26.76                   | 26.76                   | 0.0058        |
| 4621441-T-2053                      | 1            | 38.47           | 38.47          | 1               | 8000            | 24000                         | 153.86                  | 38.47                   | 0.0080        |
| 4621441-T-2054                      | 1            | 33.51           | 33.51          | 1               | 6000            | 18000                         | 134.02                  | 33.51                   | 0.0093        |
| 4621441-T-2055                      | 1            | 39.44           | 39.44          | 1               | 6000            | 18000                         | 157.75                  | 39.44                   | 0.0110        |
| 4621441-T-2056                      | 1            | 13.16           | 13.16          | 1               | 6000            | 18000                         | 52.63                   | 13.16                   | 0.0037        |
| 4621441-T-2050                      | 1            | 10.60           | 10.60          | 1               | 10000           | 30000                         | 42.41                   | 10.60                   | 0.0018        |
| 4621441-T-3050                      | 1            | 28.84           | 28.84          | 1               | 8000            | 24000                         | 115.36                  | 28.84                   | 0.0060        |
| 4621441-T-3051                      | 1            | 8.56            | 8.56           | 1               | 15000           | 45000                         | 28.25                   | 8.56                    | 0.0007        |
| 4621441-T-3052                      | 7            | 8.91            | 62.39          | 1               | 6000            | 18000                         | 35.65                   | 62.39                   | 0.0173        |
| 4621441-T-3053                      | 1            | 11.58           | 11.58          | 1               | 8000            | 18000                         | 46.33                   | 11.58                   | 0.0032        |
| 4621441-T-3054                      | 2            | 12.87           | 25.74          | 1               | 8000            | 18000                         | 51.48                   | 25.74                   | 0.0072        |
| <b>Promedio 8000 de Vida Piezas</b> |              |                 |                |                 |                 |                               |                         |                         | <b>0.1342</b> |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 4,293.22

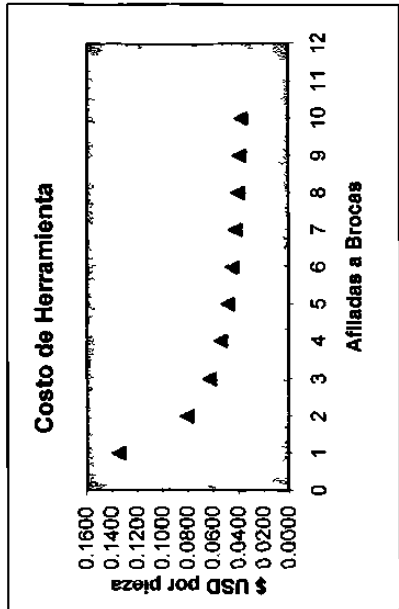


### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta | Cant. Brocas | Precio Unil. Rec | Costo Rec. Sec. | Cant. Afiladas | Vida Normal Hta | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unil. Herramienta | Costo Set Hta | Costo Set Recubrimiento | Costo p/pza   |
|-----------------------|--------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| 4556679-T-2002        | 3            | 6.38             | 19.13           | 2              | 8000            | 48000                         | 25.5                    | 76.50         | 38.25                   | 0.0024        |
| 4556679-T-2015        | 2            | 7.44             | 14.88           | 2              | 8000            | 48000                         | 28.75                   | 59.50         | 29.75                   | 0.0018        |
| 4556679-T-2004        | 4            | 5.98             | 23.90           | 2              | 8000            | 48000                         | 23.9                    | 95.60         | 47.80                   | 0.0030        |
| 4556679-T-2006        | 3            | 11.06            | 33.17           | 2              | 11000           | 66000                         | 44.22                   | 132.66        | 66.33                   | 0.0030        |
| 4556679-T-2023        | 1            | 5.60             | 5.60            | 2              | 8000            | 48000                         | 22.38                   | 22.38         | 11.19                   | 0.0007        |
| 4556679-T-2008        | 2            | 5.31             | 10.63           | 2              | 8000            | 48000                         | 21.25                   | 42.50         | 21.25                   | 0.0013        |
| 4556679-T-2020        | 1            | 14.98            | 14.98           | 2              | 8000            | 48000                         | 59.84                   | 59.84         | 29.92                   | 0.0019        |
| 4556679-T-3000        | 1            | 48.03            | 48.03           | 2              | 8000            | 48000                         | 192.1                   | 182.10        | 96.05                   | 0.0060        |
| 4556679-T-3002        | 8            | 7.86             | 62.90           | 2              | 8000            | 48000                         | 31.45                   | 251.60        | 125.80                  | 0.0079        |
| 4556679-T-3001        | 4            | 13.57            | 54.27           | 2              | 8000            | 48000                         | 54.27                   | 217.08        | 108.54                  | 0.0068        |
| 4621441-T-2031        | 2            | 5.90             | 11.80           | 2              | 8000            | 48000                         | 23.59                   | 47.18         | 23.59                   | 0.0015        |
| 4621441-T-2052        | 4            | 6.69             | 26.76           | 2              | 8000            | 48000                         | 26.76                   | 107.04        | 53.52                   | 0.0033        |
| 4621441-T-2053        | 1            | 38.47            | 38.47           | 2              | 8000            | 48000                         | 153.86                  | 153.86        | 76.93                   | 0.0048        |
| 4621441-T-2054        | 1            | 33.51            | 33.51           | 2              | 6000            | 36000                         | 134.02                  | 134.02        | 67.01                   | 0.0056        |
| 4621441-T-2055        | 1            | 39.44            | 39.44           | 2              | 8000            | 36000                         | 157.75                  | 157.75        | 78.88                   | 0.0066        |
| 4621441-T-2056        | 1            | 13.18            | 13.18           | 2              | 6000            | 36000                         | 52.63                   | 52.63         | 26.32                   | 0.0022        |
| 4621441-T-2050        | 1            | 10.60            | 10.60           | 2              | 10000           | 60000                         | 42.41                   | 42.41         | 21.21                   | 0.0011        |
| 4621441-T-3050        | 1            | 28.84            | 28.84           | 2              | 8000            | 48000                         | 115.36                  | 115.36        | 57.68                   | 0.0036        |
| 4621441-T-3051        | 1            | 6.56             | 6.56            | 2              | 15000           | 90000                         | 26.25                   | 26.25         | 13.13                   | 0.0004        |
| 4621441-T-3052        | 7            | 8.91             | 62.39           | 2              | 8000            | 36000                         | 35.85                   | 249.55        | 124.78                  | 0.0104        |
| 4621441-T-3053        | 1            | 11.58            | 11.58           | 2              | 6000            | 36000                         | 46.33                   | 46.33         | 23.17                   | 0.0019        |
| 4621441-T-3054        | 2            | 12.87            | 25.74           | 2              | 6000            | 36000                         | 51.48                   | 102.98        | 51.48                   | 0.0043        |
| <b>Promedio</b>       |              |                  |                 |                | <b>8000</b>     |                               |                         |               |                         | <b>0.0806</b> |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 2,576.93

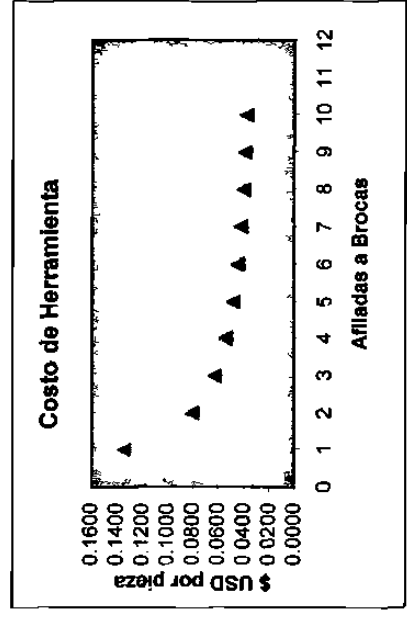


### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta               | Cant. Brocas | Precio Uni. Rec | Costo Rec. Set | Cant. Afiliadas | Vida Normal Hta | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Útil. Herramienta | Costo Set Hta | Costo Sat Recubrimiento | Costo pieza |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|-------------|
| 4556679-T-2002                      | 3            | 6.38            | 19.13          | 3               | 8000            | 72000                         | 25.5                    | 76.50         | 57.38                   | 0.0019      |
| 4556679-T-2015                      | 2            | 7.44            | 14.88          | 3               | 8000            | 72000                         | 29.75                   | 59.50         | 44.63                   | 0.0014      |
| 4556679-T-2004                      | 4            | 5.98            | 23.90          | 3               | 8000            | 72000                         | 23.9                    | 95.60         | 71.70                   | 0.0023      |
| 4556679-T-2006                      | 3            | 11.08           | 33.17          | 3               | 11000           | 99000                         | 44.22                   | 132.66        | 99.50                   | 0.0023      |
| 4556679-T-2023                      | 1            | 5.80            | 5.80           | 3               | 8000            | 72000                         | 22.38                   | 22.38         | 16.79                   | 0.0005      |
| 4556679-T-2008                      | 2            | 5.31            | 10.63          | 3               | 8000            | 72000                         | 21.25                   | 42.50         | 31.88                   | 0.0010      |
| 4556679-T-2020                      | 1            | 14.96           | 14.96          | 3               | 8000            | 72000                         | 59.84                   | 59.84         | 44.88                   | 0.0015      |
| 4556679-T-3000                      | 1            | 48.03           | 48.03          | 3               | 8000            | 72000                         | 192.1                   | 192.10        | 144.08                  | 0.0047      |
| 4556679-T-3002                      | 8            | 7.88            | 62.90          | 3               | 8000            | 72000                         | 31.45                   | 251.60        | 188.70                  | 0.0081      |
| 4556679-T-3001                      | 4            | 13.57           | 54.27          | 3               | 8000            | 72000                         | 54.27                   | 217.08        | 162.81                  | 0.0053      |
| 4821441-T-2051                      | 2            | 5.90            | 11.80          | 3               | 8000            | 72000                         | 23.59                   | 47.18         | 35.39                   | 0.0011      |
| 4821441-T-2052                      | 4            | 6.68            | 26.76          | 3               | 8000            | 72000                         | 26.76                   | 107.04        | 80.28                   | 0.0026      |
| 4821441-T-2053                      | 1            | 38.47           | 38.47          | 3               | 8000            | 72000                         | 153.86                  | 153.86        | 115.40                  | 0.0037      |
| 4821441-T-2054                      | 1            | 33.51           | 33.51          | 3               | 6000            | 54000                         | 134.02                  | 134.02        | 100.52                  | 0.0043      |
| 4821441-T-2055                      | 1            | 39.44           | 39.44          | 3               | 6000            | 54000                         | 157.75                  | 157.75        | 118.31                  | 0.0051      |
| 4821441-T-2056                      | 1            | 13.16           | 13.16          | 3               | 6000            | 54000                         | 52.63                   | 52.63         | 39.47                   | 0.0017      |
| 4821441-T-2050                      | 1            | 10.60           | 10.60          | 3               | 10000           | 90000                         | 42.41                   | 42.41         | 31.81                   | 0.0008      |
| 4821441-T-3050                      | 1            | 28.84           | 28.84          | 3               | 8000            | 72000                         | 115.36                  | 115.36        | 86.52                   | 0.0028      |
| 4821441-T-3051                      | 1            | 6.56            | 6.56           | 3               | 15000           | 135000                        | 26.25                   | 26.25         | 19.68                   | 0.0003      |
| 4821441-T-3052                      | 7            | 8.81            | 62.39          | 3               | 6000            | 54000                         | 35.65                   | 249.55        | 187.16                  | 0.0081      |
| 4821441-T-3053                      | 1            | 11.58           | 11.58          | 3               | 6000            | 54000                         | 46.33                   | 46.33         | 34.75                   | 0.0015      |
| 4821441-T-3054                      | 2            | 12.87           | 25.74          | 3               | 6000            | 54000                         | 51.48                   | 102.96        | 77.22                   | 0.0033      |
| <b>Promedio 8000 de Vida Piezas</b> |              |                 |                |                 |                 |                               |                         |               |                         |             |
| <b>0.0626</b>                       |              |                 |                |                 |                 |                               |                         |               |                         |             |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 2,003.50





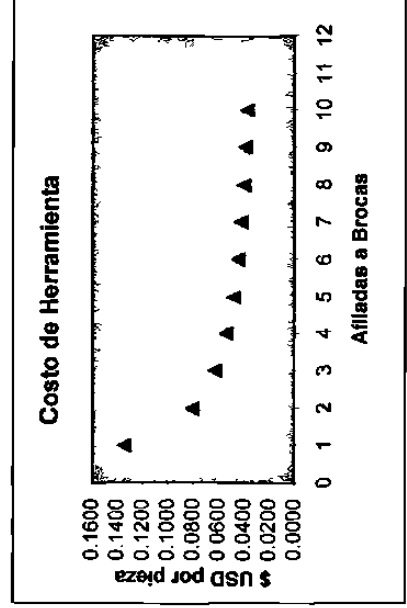
### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta | Cant. Brocas | Precio Unt. Rac | Costo Rec. Set | Cant. Afiliadas | Vida Normal Hts | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unit. Herramienta | Costo Set Recubrimiento | Costo p/za    |
|-----------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 4556678-T-2002        | 3            | 6.38            | 19.13          | 4               | 8000            | 96000                         | 25.5                    | 76.50                   | 0.0018        |
| 4556678-T-2015        | 2            | 7.44            | 14.88          | 4               | 8000            | 96000                         | 28.75                   | 59.50                   | 0.0012        |
| 4556678-T-2004        | 4            | 5.98            | 23.90          | 4               | 8000            | 96000                         | 23.9                    | 95.60                   | 0.0020        |
| 4556678-T-2006        | 3            | 11.06           | 33.17          | 4               | 11000           | 132000                        | 44.22                   | 132.66                  | 0.0020        |
| 4556678-T-2023        | 1            | 5.60            | 5.60           | 4               | 8000            | 96000                         | 22.38                   | 22.38                   | 0.0005        |
| 4556678-T-2008        | 2            | 5.31            | 10.63          | 4               | 8000            | 96000                         | 21.25                   | 42.50                   | 0.0009        |
| 4556678-T-2020        | 1            | 14.96           | 14.96          | 4               | 8000            | 96000                         | 58.84                   | 58.84                   | 0.0012        |
| 4556678-T-3000        | 1            | 48.03           | 48.03          | 4               | 8000            | 96000                         | 192.1                   | 192.10                  | 0.0040        |
| 4556678-T-3002        | 8            | 7.86            | 62.90          | 4               | 8000            | 96000                         | 31.45                   | 251.60                  | 0.0052        |
| 4556678-T-3001        | 4            | 13.57           | 54.27          | 4               | 8000            | 96000                         | 54.27                   | 217.08                  | 0.0045        |
| 4621441-T-2051        | 2            | 5.90            | 11.80          | 4               | 8000            | 96000                         | 23.59                   | 47.18                   | 0.0010        |
| 4621441-T-2052        | 4            | 6.69            | 26.76          | 4               | 8000            | 96000                         | 26.76                   | 107.04                  | 0.0022        |
| 4621441-T-2053        | 1            | 38.47           | 38.47          | 4               | 8000            | 96000                         | 153.86                  | 153.86                  | 0.0032        |
| 4621441-T-2054        | 1            | 33.51           | 33.51          | 4               | 6000            | 72000                         | 134.02                  | 134.02                  | 0.0037        |
| 4621441-T-2055        | 1            | 39.44           | 39.44          | 4               | 6000            | 72000                         | 157.75                  | 157.75                  | 0.0044        |
| 4621441-T-2056        | 1            | 13.16           | 13.16          | 4               | 6000            | 72000                         | 52.63                   | 52.63                   | 0.0015        |
| 4621441-T-2050        | 1            | 10.60           | 10.60          | 4               | 10000           | 120000                        | 42.41                   | 42.41                   | 0.0007        |
| 4621441-T-3050        | 1            | 28.84           | 28.84          | 4               | 8000            | 96000                         | 115.36                  | 115.36                  | 0.0024        |
| 4621441-T-3051        | 1            | 6.56            | 6.56           | 4               | 15000           | 180000                        | 26.25                   | 26.25                   | 0.0003        |
| 4621441-T-3052        | 7            | 8.91            | 62.39          | 4               | 6000            | 72000                         | 35.65                   | 249.55                  | 0.0069        |
| 4621441-T-3053        | 1            | 11.58           | 11.58          | 4               | 6000            | 72000                         | 46.33                   | 46.33                   | 0.0013        |
| 4621441-T-3054        | 2            | 12.87           | 25.74          | 4               | 8000            | 72000                         | 51.48                   | 102.96                  | 0.0029        |
| <b>Promedio</b>       |              |                 |                |                 | <b>8000</b>     |                               |                         |                         | <b>0.0637</b> |

de Vida Piezas

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 1,717.29

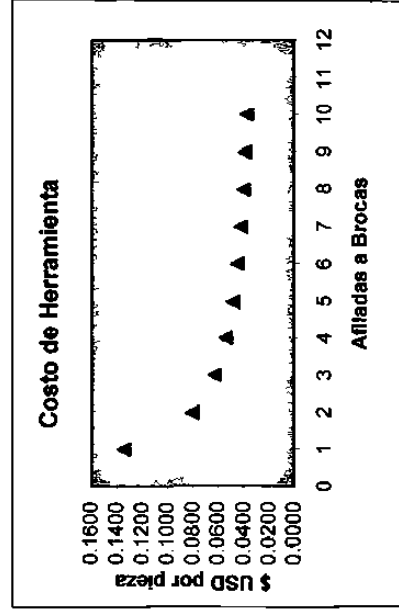


### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta        | Cant. Brocas | Precio Uni. Rec | Costo Rec. Set | Cant. Afiladas | Vida Normal Hts | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unif. Herramienta | Costo Set Recubrimiento | Costo p/peza |
|------------------------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| 4556679-T-2002               | 3            | 6.38            | 19.13          | 5              | 8000            | 120000                        | 25.5                    | 85.63                   | 0.0014       |
| 4556679-T-2015               | 2            | 7.44            | 14.88          | 5              | 8000            | 120000                        | 29.75                   | 74.38                   | 0.0011       |
| 4556679-T-2004               | 4            | 5.98            | 23.90          | 5              | 8000            | 120000                        | 23.9                    | 119.50                  | 0.0016       |
| 4556679-T-2008               | 3            | 11.06           | 33.17          | 5              | 11000           | 165000                        | 44.22                   | 165.83                  | 0.0018       |
| 4556679-T-2023               | 1            | 5.60            | 5.60           | 5              | 8000            | 120000                        | 22.38                   | 27.98                   | 0.0004       |
| 4556679-T-2038               | 2            | 5.31            | 10.63          | 5              | 8000            | 120000                        | 21.25                   | 53.13                   | 0.0008       |
| 4556679-T-2020               | 1            | 14.96           | 14.96          | 5              | 8000            | 120000                        | 59.84                   | 74.80                   | 0.0011       |
| 4556679-T-3000               | 1            | 48.03           | 48.03          | 5              | 8000            | 120000                        | 192.1                   | 240.13                  | 0.0036       |
| 4556679-T-3002               | 8            | 7.86            | 62.90          | 5              | 8000            | 120000                        | 31.45                   | 314.50                  | 0.0047       |
| 4556679-T-3001               | 4            | 13.57           | 54.27          | 5              | 8000            | 120000                        | 54.27                   | 271.35                  | 0.0041       |
| 4821441-T-2051               | 2            | 5.90            | 11.80          | 5              | 8000            | 120000                        | 23.59                   | 47.18                   | 0.0009       |
| 4821441-T-2052               | 4            | 6.69            | 26.76          | 5              | 8000            | 120000                        | 26.76                   | 133.80                  | 0.0020       |
| 4821441-T-2053               | 1            | 38.47           | 38.47          | 5              | 8000            | 120000                        | 153.86                  | 192.33                  | 0.0029       |
| 4821441-T-2054               | 1            | 33.51           | 33.51          | 5              | 6000            | 80000                         | 134.02                  | 167.53                  | 0.0034       |
| 4821441-T-2055               | 1            | 39.44           | 39.44          | 5              | 6000            | 90000                         | 157.75                  | 197.19                  | 0.0039       |
| 4821441-T-2056               | 1            | 13.16           | 13.16          | 5              | 6000            | 90000                         | 52.63                   | 65.79                   | 0.0013       |
| 4821441-T-2050               | 1            | 10.60           | 10.60          | 5              | 10000           | 150000                        | 42.41                   | 53.01                   | 0.0006       |
| 4821441-T-3050               | 1            | 28.84           | 28.84          | 5              | 8000            | 120000                        | 115.36                  | 144.20                  | 0.0022       |
| 4821441-T-3051               | 1            | 6.56            | 6.56           | 5              | 15000           | 225000                        | 26.25                   | 32.81                   | 0.0003       |
| 4821441-T-3052               | 7            | 8.91            | 62.39          | 5              | 8000            | 90000                         | 35.65                   | 311.94                  | 0.0062       |
| 4821441-T-3053               | 1            | 11.58           | 11.58          | 5              | 8000            | 90000                         | 46.33                   | 57.91                   | 0.0012       |
| 4821441-T-3054               | 2            | 12.87           | 25.74          | 5              | 8000            | 80000                         | 51.48                   | 128.70                  | 0.0026       |
| Promedio 8000 de Vida Piezas |              |                 |                |                |                 |                               |                         |                         | 0.0483       |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motoras

Costo Herramienta Estimado  
\$ 1,545.66

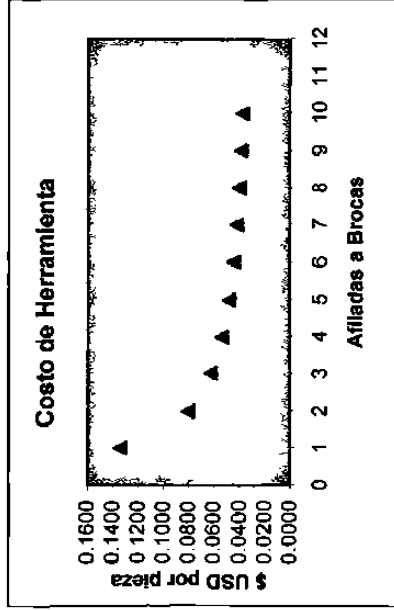


### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta               | Cant. Brocas | Precio Uni. Rec | Costo Rec. Set | Cant. Afiladas | Vida Norm./Rta | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unit. Herramienta | Costo Set Hra | Costo Set Recubrimiento | Costo Set pieza |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|
| 4556879-T-2002                      | 3            | 6.38            | 18.13          | 6              | 8000           | 144000                        | 25.5                    | 76.50         | 114.75                  | 0.0013          |
| 4556879-T-2015                      | 2            | 7.44            | 14.88          | 6              | 8000           | 144000                        | 28.75                   | 59.50         | 89.25                   | 0.0010          |
| 4556879-T-2004                      | 4            | 5.98            | 23.90          | 6              | 8000           | 144000                        | 23.9                    | 95.60         | 143.40                  | 0.0017          |
| 4556879-T-2006                      | 3            | 11.06           | 33.17          | 6              | 11000          | 198000                        | 44.22                   | 132.66        | 198.99                  | 0.0017          |
| 4556879-T-2023                      | 1            | 5.60            | 5.60           | 6              | 8000           | 144000                        | 22.38                   | 22.38         | 33.57                   | 0.0004          |
| 4556879-T-2008                      | 2            | 5.31            | 10.63          | 6              | 8000           | 144000                        | 21.25                   | 42.50         | 63.75                   | 0.0007          |
| 4556879-T-2020                      | 1            | 14.96           | 14.96          | 6              | 8000           | 144000                        | 59.84                   | 59.84         | 89.76                   | 0.0010          |
| 4556879-T-3000                      | 1            | 48.03           | 48.03          | 6              | 8000           | 144000                        | 182.1                   | 192.10        | 288.15                  | 0.0033          |
| 4556879-T-3002                      | 8            | 7.86            | 62.90          | 6              | 8000           | 144000                        | 31.45                   | 251.60        | 377.40                  | 0.0044          |
| 4556879-T-3001                      | 4            | 13.57           | 54.27          | 6              | 8000           | 144000                        | 54.27                   | 217.08        | 325.62                  | 0.0038          |
| 4821441-T-2051                      | 2            | 5.90            | 11.80          | 6              | 8000           | 144000                        | 23.58                   | 47.18         | 70.77                   | 0.0008          |
| 4821441-T-2052                      | 4            | 6.69            | 26.76          | 6              | 8000           | 144000                        | 26.76                   | 107.04        | 160.56                  | 0.0019          |
| 4821441-T-2053                      | 1            | 38.47           | 38.47          | 6              | 8000           | 144000                        | 153.86                  | 153.86        | 230.79                  | 0.0027          |
| 4821441-T-2054                      | 1            | 33.51           | 33.51          | 6              | 6000           | 108000                        | 134.02                  | 134.02        | 201.03                  | 0.0031          |
| 4821441-T-2055                      | 1            | 39.44           | 39.44          | 6              | 6000           | 108000                        | 157.75                  | 157.75        | 238.63                  | 0.0037          |
| 4821441-T-2056                      | 1            | 13.16           | 13.16          | 6              | 6000           | 108000                        | 52.63                   | 52.63         | 78.95                   | 0.0012          |
| 4821441-T-2050                      | 1            | 10.60           | 10.60          | 6              | 10000          | 180000                        | 42.41                   | 42.41         | 63.62                   | 0.0006          |
| 4821441-T-3050                      | 1            | 28.84           | 28.84          | 6              | 8000           | 144000                        | 115.38                  | 115.38        | 173.04                  | 0.0020          |
| 4821441-T-3051                      | 1            | 6.56            | 6.56           | 6              | 15000          | 270000                        | 26.25                   | 26.25         | 39.38                   | 0.0002          |
| 4821441-T-3052                      | 7            | 8.91            | 62.39          | 6              | 6000           | 108000                        | 35.65                   | 249.55        | 374.33                  | 0.0058          |
| 4821441-T-3053                      | 1            | 11.58           | 11.58          | 6              | 6000           | 108000                        | 46.33                   | 46.33         | 69.50                   | 0.0011          |
| 4821441-T-3054                      | 2            | 12.87           | 25.74          | 6              | 6000           | 108000                        | 51.48                   | 102.96        | 154.44                  | 0.0024          |
| <b>Promedio 8000 de Vida Piezas</b> |              |                 |                |                |                |                               |                         |               |                         |                 |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 1,431.07



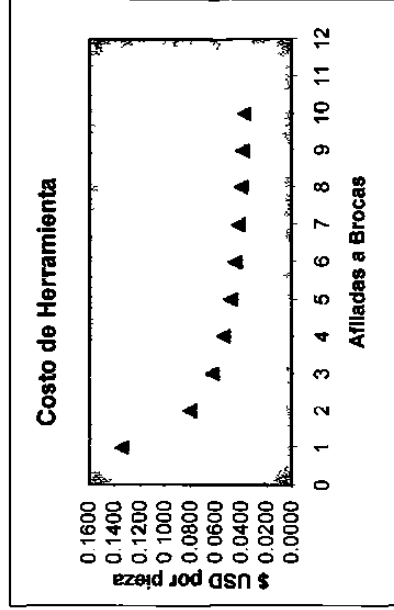
### Herramientas con Recubrimiento Hardube

| Número de Herramienta | Cant. Brocas | Precio Unl. Rec | Costo Rec. Set | Exnl. Afiladas | Vida Normal Hts | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unl. Herramienta | Costo Set Recubrimiento | Costo         |
|-----------------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|
| 4556679-T-2002        | 3            | 6.38            | 19.13          | 7              | 8000            | 166000                        | 25.5                   | 76.50                   | 133.88        |
| 4556679-T-2015        | 2            | 7.44            | 14.88          | 7              | 8000            | 168000                        | 29.75                  | 59.50                   | 104.13        |
| 4556679-T-2004        | 4            | 5.98            | 23.90          | 7              | 8000            | 168000                        | 23.9                   | 95.80                   | 167.30        |
| 4556679-T-2008        | 3            | 11.08           | 33.17          | 7              | 11000           | 231000                        | 44.22                  | 132.68                  | 232.16        |
| 4556679-T-2023        | 1            | 5.60            | 5.60           | 7              | 8000            | 168000                        | 22.38                  | 22.38                   | 39.17         |
| 4556679-T-2008        | 2            | 5.31            | 10.63          | 7              | 8000            | 168000                        | 21.25                  | 42.50                   | 74.38         |
| 4556679-T-2020        | 1            | 14.96           | 14.96          | 7              | 8000            | 168000                        | 59.84                  | 104.72                  | 164.68        |
| 4556679-T-3000        | 1            | 48.03           | 48.03          | 7              | 8000            | 168000                        | 192.1                  | 336.18                  | 528.28        |
| 4556679-T-3002        | 8            | 7.86            | 62.90          | 7              | 8000            | 168000                        | 31.45                  | 251.80                  | 440.30        |
| 4556679-T-3001        | 4            | 13.57           | 54.27          | 7              | 8000            | 168000                        | 54.27                  | 217.08                  | 379.89        |
| 4621441-T-2051        | 2            | 5.90            | 11.80          | 7              | 8000            | 168000                        | 23.59                  | 47.18                   | 82.57         |
| 4621441-T-2052        | 4            | 6.89            | 26.78          | 7              | 8000            | 168000                        | 26.78                  | 107.04                  | 187.32        |
| 4621441-T-2053        | 1            | 38.47           | 38.47          | 7              | 8000            | 168000                        | 153.86                 | 269.26                  | 423.12        |
| 4621441-T-2054        | 1            | 33.51           | 33.51          | 7              | 6000            | 126000                        | 134.02                 | 234.54                  | 368.56        |
| 4621441-T-2055        | 1            | 39.44           | 39.44          | 7              | 6000            | 126000                        | 157.75                 | 276.06                  | 433.81        |
| 4621441-T-2056        | 1            | 13.16           | 13.16          | 7              | 6000            | 126000                        | 52.63                  | 92.10                   | 144.76        |
| 4621441-T-2050        | 1            | 10.60           | 10.60          | 7              | 10000           | 210000                        | 42.41                  | 74.22                   | 116.63        |
| 4621441-T-3050        | 1            | 28.84           | 28.84          | 7              | 8000            | 168000                        | 115.36                 | 201.88                  | 317.24        |
| 4621441-T-3051        | 1            | 6.56            | 6.56           | 7              | 15000           | 315000                        | 28.25                  | 45.94                   | 74.19         |
| 4621441-T-3052        | 7            | 8.91            | 62.38          | 7              | 6000            | 126000                        | 35.65                  | 436.71                  | 572.36        |
| 4621441-T-3053        | 1            | 11.58           | 11.58          | 7              | 6000            | 126000                        | 46.33                  | 81.08                   | 127.66        |
| 4621441-T-3054        | 2            | 12.87           | 25.74          | 7              | 8000            | 126000                        | 51.48                  | 102.96                  | 180.18        |
| <b>Promedio</b>       |              |                 |                |                | <b>8000</b>     |                               |                        |                         | <b>0.0422</b> |

Promedio de Vida Piezas

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 1,349.30

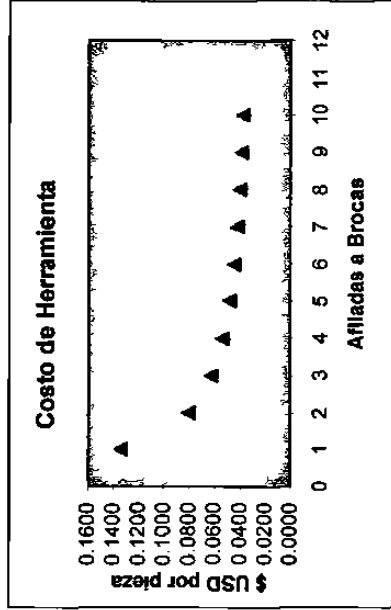


### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta | Cant. Brocas | Precio Unl. Rec | Costo Rec. Sat. | Cant. Atolladas | Vida Normal H/a | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unit. Herramienta | Cant. Sat H/a | Costo Sat Recubrimiento | Costo Sat Pieza |
|-----------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|
| 4556878-T-2002        | 3            | 6.38            | 19.13           | 8               | 8000            | 192000                        | 25.5                    | 76.50         | 153.00                  | 0.0012          |
| 4556878-T-2015        | 2            | 7.44            | 14.88           | 8               | 8000            | 192000                        | 29.75                   | 59.50         | 119.00                  | 0.0009          |
| 4556878-T-2004        | 4            | 5.96            | 23.90           | 8               | 8000            | 192000                        | 23.9                    | 95.60         | 191.20                  | 0.0015          |
| 4556878-T-2006        | 3            | 11.06           | 33.17           | 8               | 11000           | 264000                        | 44.22                   | 132.66        | 265.32                  | 0.0015          |
| 4556878-T-2023        | 1            | 5.80            | 5.80            | 8               | 8000            | 192000                        | 22.38                   | 22.38         | 44.76                   | 0.0003          |
| 4556878-T-2008        | 2            | 5.31            | 10.63           | 8               | 8000            | 192000                        | 21.25                   | 42.50         | 85.00                   | 0.0007          |
| 4556878-T-2020        | 1            | 14.96           | 14.96           | 8               | 8000            | 192000                        | 59.84                   | 59.84         | 119.68                  | 0.0009          |
| 4556878-T-3000        | 1            | 48.03           | 48.03           | 8               | 8000            | 192000                        | 192.1                   | 192.10        | 384.20                  | 0.0030          |
| 4556878-T-3002        | 8            | 7.86            | 62.90           | 8               | 8000            | 192000                        | 31.45                   | 251.60        | 503.20                  | 0.0038          |
| 4556878-T-3001        | 4            | 13.57           | 54.27           | 8               | 8000            | 192000                        | 54.27                   | 217.08        | 434.16                  | 0.0034          |
| 4621441-T-2051        | 2            | 5.90            | 11.80           | 8               | 8000            | 192000                        | 23.59                   | 47.18         | 94.36                   | 0.0007          |
| 4621441-T-2052        | 4            | 6.89            | 27.56           | 8               | 8000            | 192000                        | 28.76                   | 107.04        | 214.08                  | 0.0017          |
| 4621441-T-2053        | 1            | 38.47           | 38.47           | 8               | 8000            | 192000                        | 153.86                  | 307.72        | 615.44                  | 0.0024          |
| 4621441-T-2054        | 1            | 33.51           | 33.51           | 8               | 8000            | 144000                        | 134.02                  | 134.02        | 268.04                  | 0.0028          |
| 4621441-T-2055        | 1            | 39.44           | 39.44           | 8               | 6000            | 144000                        | 157.75                  | 157.75        | 315.50                  | 0.0033          |
| 4621441-T-2056        | 1            | 13.16           | 13.16           | 8               | 6000            | 144000                        | 52.63                   | 52.63         | 105.26                  | 0.0011          |
| 4621441-T-2050        | 1            | 10.60           | 10.60           | 8               | 10000           | 240000                        | 42.41                   | 42.41         | 84.82                   | 0.0018          |
| 4621441-T-3050        | 1            | 28.84           | 28.84           | 8               | 8000            | 192000                        | 115.36                  | 115.36        | 230.72                  | 0.0018          |
| 4621441-T-3051        | 1            | 6.56            | 6.56            | 8               | 15000           | 360000                        | 26.25                   | 26.25         | 52.50                   | 0.0002          |
| 4621441-T-3052        | 7            | 8.91            | 62.39           | 8               | 8000            | 144000                        | 35.65                   | 249.55        | 499.10                  | 0.0052          |
| 4621441-T-3053        | 1            | 11.58           | 11.58           | 8               | 8000            | 144000                        | 46.33                   | 46.33         | 92.66                   | 0.0010          |
| 4621441-T-3054        | 2            | 12.87           | 25.74           | 8               | 8000            | 144000                        | 51.48                   | 102.96        | 205.92                  | 0.0021          |
| <b>Promedio</b>       |              |                 |                 |                 | <b>8000</b>     |                               |                         |               |                         | <b>0.0402</b>   |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 1,287.97

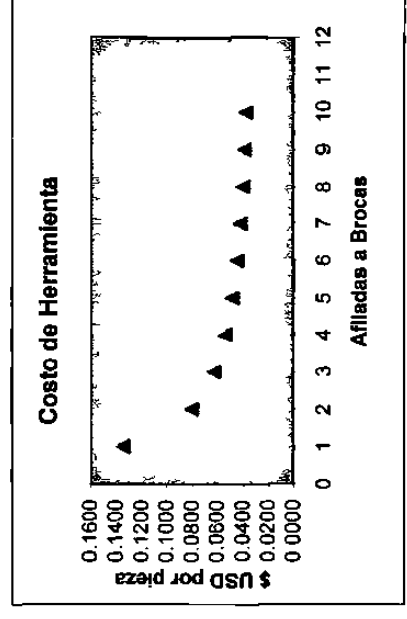


### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta | Cant. Brocas | Precio Unl. Rec. | Costo Rec. sat. | Cant. Afiliadas | Vida Normal Hta. | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unif. Herramienta | Costo Set Hta. | Costo Set Recubrimiento | Costo Pieza |
|-----------------------|--------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------|
| 4556878-T-2002        | 3            | 6.38             | 19.13           | 9               | 8000             | 216000                        | 25.5                    | 76.50          | 172.13                  | 0.0012      |
| 4556878-T-2015        | 2            | 7.44             | 14.88           | 9               | 8000             | 216000                        | 29.75                   | 59.50          | 133.88                  | 0.0009      |
| 4556878-T-2004        | 4            | 5.98             | 23.90           | 9               | 8000             | 216000                        | 23.9                    | 95.60          | 215.10                  | 0.0014      |
| 4556878-T-2006        | 3            | 11.06            | 33.17           | 9               | 11000            | 297000                        | 44.22                   | 132.66         | 288.49                  | 0.0015      |
| 4556878-T-2023        | 1            | 5.60             | 5.60            | 9               | 8000             | 216000                        | 22.38                   | 22.38          | 50.38                   | 0.0003      |
| 4556878-T-2008        | 2            | 5.31             | 10.63           | 9               | 8000             | 216000                        | 21.25                   | 42.50          | 95.93                   | 0.0006      |
| 4556878-T-2020        | 1            | 14.98            | 14.98           | 9               | 8000             | 216000                        | 59.84                   | 59.84          | 134.84                  | 0.0009      |
| 4556878-T-3000        | 1            | 48.03            | 48.03           | 9               | 8000             | 216000                        | 192.1                   | 192.10         | 432.23                  | 0.0029      |
| 4556878-T-3002        | 8            | 7.86             | 62.90           | 9               | 8000             | 216000                        | 31.45                   | 251.60         | 566.10                  | 0.0038      |
| 4556878-T-3001        | 4            | 13.57            | 54.27           | 9               | 8000             | 216000                        | 54.27                   | 217.08         | 488.43                  | 0.0033      |
| 4821441-T-2051        | 2            | 5.90             | 11.80           | 9               | 8000             | 216000                        | 23.59                   | 47.18          | 106.18                  | 0.0007      |
| 4821441-T-2052        | 4            | 6.69             | 26.76           | 9               | 8000             | 216000                        | 28.76                   | 107.04         | 240.84                  | 0.0016      |
| 4821441-T-2053        | 1            | 39.47            | 39.47           | 9               | 8000             | 216000                        | 153.86                  | 153.86         | 348.19                  | 0.0023      |
| 4821441-T-2054        | 1            | 33.51            | 33.51           | 9               | 8000             | 182000                        | 134.02                  | 134.02         | 301.55                  | 0.0027      |
| 4821441-T-2055        | 1            | 39.44            | 39.44           | 9               | 8000             | 182000                        | 157.75                  | 157.75         | 354.94                  | 0.0032      |
| 4821441-T-2056        | 1            | 13.18            | 13.18           | 9               | 6000             | 182000                        | 52.63                   | 52.63          | 118.42                  | 0.0011      |
| 4821441-T-2050        | 1            | 10.60            | 10.60           | 9               | 10000            | 270000                        | 42.41                   | 42.41          | 95.42                   | 0.0005      |
| 4821441-T-3050        | 1            | 28.84            | 28.84           | 9               | 8000             | 216000                        | 115.36                  | 115.36         | 259.56                  | 0.0017      |
| 4821441-T-3051        | 1            | 6.56             | 6.56            | 9               | 15000            | 405000                        | 26.25                   | 26.25          | 59.06                   | 0.0002      |
| 4821441-T-3052        | 7            | 8.91             | 62.39           | 9               | 6000             | 182000                        | 35.65                   | 249.55         | 561.49                  | 0.0050      |
| 4821441-T-3053        | 1            | 11.58            | 11.58           | 9               | 6000             | 182000                        | 46.33                   | 46.33          | 104.24                  | 0.0009      |
| 4821441-T-3054        | 2            | 12.87            | 25.74           | 9               | 6000             | 182000                        | 51.48                   | 102.96         | 231.66                  | 0.0021      |
|                       |              |                  |                 | Promedio        | 8000             |                               |                         |                |                         | 0.0388      |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 1,240.26

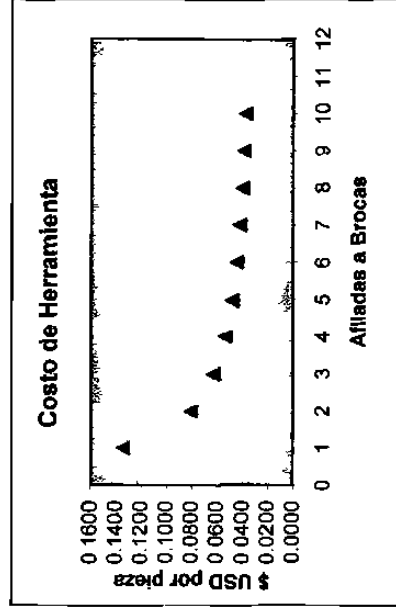


### Herramientas con Recubrimiento Hardlube

| Número de Herramienta        | Cant. Brocas | Precio Unl. Rec | Costo Rec. Sat. | Cant. Afiliadas | Vida Normal H/a | 200% Incremento Vida Esperada | Costo Unit. Herramienta | Costo Sat H/a | Costo Sat Recubrimiento | Costo pieza |
|------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|-------------|
| 4556879-T-2002               | 3            | 6.38            | 19.13           | 10              | 8000            | 240000                        | 25.5                    | 76.50         | 191.25                  | 0.0011      |
| 4556879-T-2015               | 2            | 7.44            | 14.88           | 10              | 8000            | 240000                        | 29.75                   | 59.50         | 148.75                  | 0.0009      |
| 4556879-T-2004               | 4            | 5.98            | 23.90           | 10              | 8000            | 240000                        | 23.9                    | 95.60         | 239.00                  | 0.0014      |
| 4556879-T-2008               | 3            | 11.06           | 33.17           | 10              | 11000           | 330000                        | 44.22                   | 132.66        | 331.65                  | 0.0014      |
| 4556879-T-2023               | 1            | 5.60            | 5.60            | 10              | 8000            | 240000                        | 22.38                   | 22.38         | 55.95                   | 0.0003      |
| 4556879-T-2008               | 2            | 5.31            | 10.63           | 10              | 8000            | 240000                        | 21.25                   | 42.50         | 106.25                  | 0.0006      |
| 4556879-T-2020               | 1            | 14.96           | 14.96           | 10              | 8000            | 240000                        | 59.84                   | 59.84         | 149.60                  | 0.0008      |
| 4556879-T-3000               | 1            | 48.03           | 48.03           | 10              | 8000            | 240000                        | 192.1                   | 192.10        | 480.25                  | 0.0028      |
| 4556879-T-3002               | 8            | 7.88            | 62.90           | 10              | 8000            | 240000                        | 31.45                   | 251.60        | 629.00                  | 0.0037      |
| 4621441-T-2051               | 4            | 13.57           | 54.27           | 10              | 8000            | 240000                        | 54.27                   | 217.08        | 542.70                  | 0.0032      |
| 4621441-T-2052               | 2            | 5.90            | 11.80           | 10              | 8000            | 240000                        | 23.59                   | 47.18         | 117.95                  | 0.0007      |
| 4621441-T-2052               | 4            | 6.68            | 26.76           | 10              | 8000            | 240000                        | 26.76                   | 107.04        | 267.60                  | 0.0018      |
| 4621441-T-2053               | 1            | 38.47           | 38.47           | 10              | 8000            | 240000                        | 153.86                  | 153.86        | 384.65                  | 0.0022      |
| 4621441-T-2054               | 1            | 33.51           | 33.51           | 10              | 8000            | 180000                        | 134.02                  | 134.02        | 335.05                  | 0.0026      |
| 4621441-T-2055               | 1            | 39.44           | 39.44           | 10              | 6000            | 180000                        | 157.75                  | 157.75        | 384.38                  | 0.0031      |
| 4621441-T-2056               | 1            | 13.16           | 13.16           | 10              | 8000            | 180000                        | 52.83                   | 52.83         | 131.58                  | 0.0010      |
| 4621441-T-2050               | 1            | 10.60           | 10.60           | 10              | 10000           | 300000                        | 42.41                   | 42.41         | 108.03                  | 0.0005      |
| 4621441-T-3050               | 1            | 28.84           | 28.84           | 10              | 8000            | 240000                        | 115.36                  | 115.36        | 288.40                  | 0.0017      |
| 4621441-T-3051               | 1            | 6.56            | 6.56            | 10              | 15000           | 450000                        | 26.25                   | 26.25         | 65.63                   | 0.0002      |
| 4621441-T-3052               | 7            | 8.91            | 62.39           | 10              | 8000            | 180000                        | 35.65                   | 249.55        | 623.88                  | 0.0048      |
| 4621441-T-3053               | 1            | 11.58           | 11.58           | 10              | 8000            | 180000                        | 46.33                   | 46.33         | 115.83                  | 0.0009      |
| 4621441-T-3054               | 2            | 12.87           | 25.74           | 10              | 6000            | 180000                        | 51.48                   | 102.96        | 257.40                  | 0.0020      |
| Promedio 8000 de Vida Piezas |              |                 |                 |                 |                 |                               |                         |               |                         |             |
| <b>0.0376</b>                |              |                 |                 |                 |                 |                               |                         |               |                         |             |

Volumen de Producción Mensual  
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado  
\$ 1,202.10



**Anexo 4**  
**Estimación de Ahorros de**  
**Herramienta Recubierta**



**Consumo de Herramientas en Monoblock Terminado**

| Número de Herramienta | Precio USD | Consumo Anual | Costo Anual         |
|-----------------------|------------|---------------|---------------------|
| 4556679-T-2002        | 25.5       | 26            | \$ 663.00           |
| 4556679-T-2015        | 29.75      | 68            | \$ 2,023.00         |
| 4556679-T-2004        | 23.9       | 29            | \$ 693.10           |
| 4556679-T-2006        | 44.22      | 31            | \$ 1,370.82         |
| 4556679-T-2023        | 22.38      | 17            | \$ 380.46           |
| 4556679-T-2008        | 21.25      | 15            | \$ 318.75           |
| 4556679-T-2020        | 59.84      | 21            | \$ 1,256.64         |
| 4556679-T-3000        | 192.1      | 14            | \$ 2,689.40         |
| 4556679-T-3002        | 31.45      | 20            | \$ 629.00           |
| 4556679-T-3001        | 54.27      | 13            | \$ 705.51           |
| 4621441-T-2051        | 23.59      | 19            | \$ 448.21           |
| 4621441-T-2052        | 26.76      | 18            | \$ 481.68           |
| 4621441-T-2053        | 153.86     | 19            | \$ 2,923.34         |
| 4621441-T-2054        | 134.02     | 16            | \$ 2,144.32         |
| 4621441-T-2055        | 157.75     | 18            | \$ 2,839.50         |
| 4621441-T-2056        | 52.63      | 14            | \$ 736.82           |
| 4621441-T-2050        | 42.41      | 23            | \$ 975.43           |
| 4621441-T-3050        | 115.36     | 11            | \$ 1,268.96         |
| 4621441-T-3051        | 26.25      | 27            | \$ 708.75           |
| 4621441-T-3052        | 35.65      | 16            | \$ 570.40           |
| 4621441-T-3053        | 46.33      | 18            | \$ 833.94           |
| 4621441-T-3054        | 51.48      | 22            | \$ 1,132.56         |
|                       |            |               | <b>\$ 25,793.59</b> |

Tabla Basada en consumos reales y precios del sistema de DaimlerChrysler de México  
Planta Motores Saitillo

**Ahorro Estimado**  
**\$ 17,281.71**

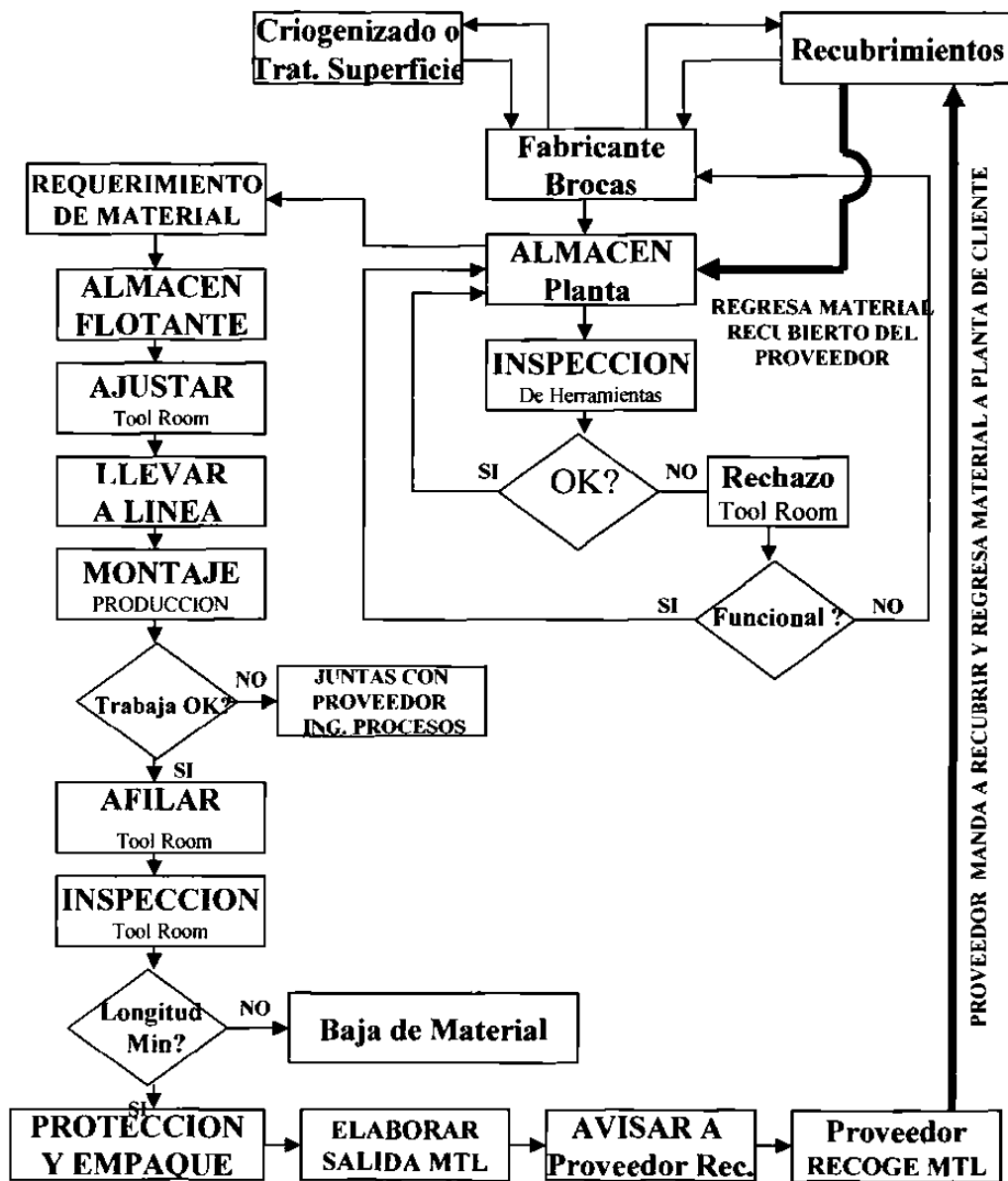
**Consumo de Herramientas en Monoblock Terminado Utilizando Recubrimientos de Herramienta**

| Número de Herramienta | Precio USD | Consumo Anual | Costo Anual        |
|-----------------------|------------|---------------|--------------------|
| 4556679-T-2002        | 25.5       | 8.58          | \$ 218.79          |
| 4556679-T-2015        | 29.75      | 22.44         | \$ 667.59          |
| 4556679-T-2004        | 23.9       | 9.57          | \$ 228.72          |
| 4556679-T-2006        | 44.22      | 10.23         | \$ 452.37          |
| 4556679-T-2023        | 22.38      | 5.61          | \$ 125.55          |
| 4556679-T-2008        | 21.25      | 4.95          | \$ 105.19          |
| 4556679-T-2020        | 59.84      | 6.93          | \$ 414.69          |
| 4556679-T-3000        | 192.1      | 4.62          | \$ 887.50          |
| 4556679-T-3002        | 31.45      | 6.6           | \$ 207.57          |
| 4556679-T-3001        | 54.27      | 4.29          | \$ 232.82          |
| 4621441-T-2051        | 23.59      | 6.27          | \$ 147.91          |
| 4621441-T-2052        | 26.76      | 5.94          | \$ 158.95          |
| 4621441-T-2053        | 153.86     | 6.27          | \$ 964.70          |
| 4621441-T-2054        | 134.02     | 5.28          | \$ 707.63          |
| 4621441-T-2055        | 157.75     | 5.94          | \$ 937.04          |
| 4621441-T-2056        | 52.63      | 4.62          | \$ 243.15          |
| 4621441-T-2050        | 42.41      | 7.59          | \$ 321.89          |
| 4621441-T-3050        | 115.36     | 3.63          | \$ 418.76          |
| 4621441-T-3051        | 26.25      | 8.91          | \$ 233.89          |
| 4621441-T-3052        | 35.65      | 5.28          | \$ 188.23          |
| 4621441-T-3053        | 46.33      | 5.94          | \$ 275.20          |
| 4621441-T-3054        | 51.48      | 7.26          | \$ 373.74          |
|                       |            |               | <b>\$ 8,611.88</b> |

**Estimación de de Ahorros de Herramienta Recubierta**

**Anexo 5**  
**Diagrama de Flujo para**  
**Tratamiento de Herramientas**

## DIAGRAMA DE FLUJO PARA TRATAMIENTOS DE HERRAMIENTA



**Anexo 6**  
**Proceso de Criogenizado**

A black and white micrograph showing a complex, fractured surface of a material. The surface is composed of numerous irregular, angular fragments and ridges, suggesting a brittle or crystalline structure. A dark, horizontal bar is positioned at the top of the image, containing the company name. The overall appearance is that of a fractured or etched metal surface.

**APPLIED CRYOGENICS, INC.**

# Extended Life

for

Tooling

&

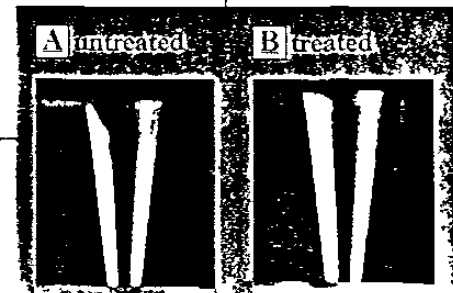
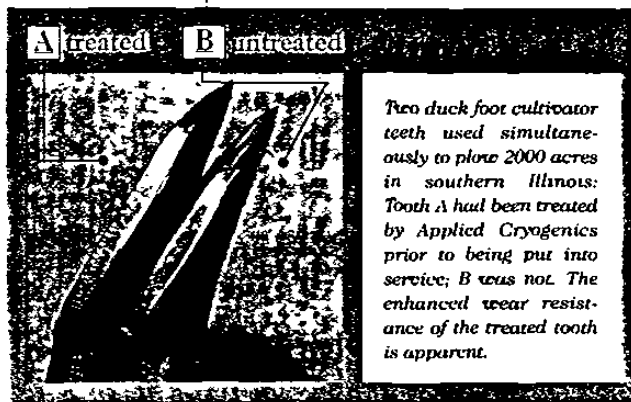
Wear Parts

# Cryogenic Processing

## AN INTRODUCTION

By extending the standard heat and quench cycles of conventional metallurgical practice to the cryogenic reaches of the temperature scale, certain desirable structural changes are induced in alloys commonly used in industrial applications. Controlled thermal cycling between +300 °F and -300 °F markedly improves the wear life of steel and cemented carbide tooling and wear parts. Cryogenic processing, performed after conventional heat treating, enhances tool life by three known mechanisms:

- The conversion of significant amounts of retained austenite to martensite.<sup>1</sup>
- The formation of fine carbide particles.<sup>1</sup>
- The relief of residual stresses.<sup>2</sup>



Two identical TiN coated grade VC920 carbide rough mill inserts used to surface mill sand cast iron. Figure A shows a standard untreated insert after machining 1500 pieces. Figure B shows a treated insert used in the same application after machining 1500 pieces. The reduction in wear resulting from cryogenic treatment is dramatic. The customer was able to more than double the service life of his inserts and now treats all carbide tooling.

### References

- 1) Barron, Dr. R.F., "Yes, Cryogenic Treatment Can Save You Money! Here's Why...", TAPPI Journal, Vol 57, No 5, May 1974
- 2) Gilmore, V.E., "Frozen Tools," Popular Science, June 1987, p.64

# Cryogenic Processing

## APPLICATIONS

- Steel cutting tools, cobalt- and non cobalt-bearing HSS uncoated or TiN or chrome coated  
Drills — End Mills — Hobs — Broaches — Reamers  
Taps — Chasers — Form Tools — Saws — Routers  
Piercing Tools — Slitters — Knives — etc
- Cemented carbide tools, coated or uncoated  
Inserts — Solid Carbide Drills, End Mills, Reamers  
Piercing Tools — Carbide Tipped Cutters and Saws — etc
- Copper alloy resistance welding electrodes
- Wear parts and forming tools:  
Cams — Bearings — Hobs — Thread Rolls  
Tableting Punches — Molds
- Stress relieve ferrous and non-ferrous castings and forgings for enhanced dimensional stability and surface finish upon final machining

Figures A and B are surface roughness plots of the area near the cutting edges of two HSS drills. Prior to making the measurement, both drills had been super polished\* to obtain the minimum roughness. The drill represented in plot B had been cryogenically treated by Applied Cryogenics prior to polishing and attained a significantly better finish than did the non-treated drill A. We attribute this outcome to the relief of residual stresses produced by our thermal cycling.

\* Courtesy of Dr. T.S. Sudarshan, Materials Modification, Inc., Falls Church, VA

**A untreated**  
SURFACE ROUGHNESS  
rms = 0.772 micrometers

**B treated**  
SURFACE ROUGHNESS  
rms = 0.431 micrometers

**A untreated**

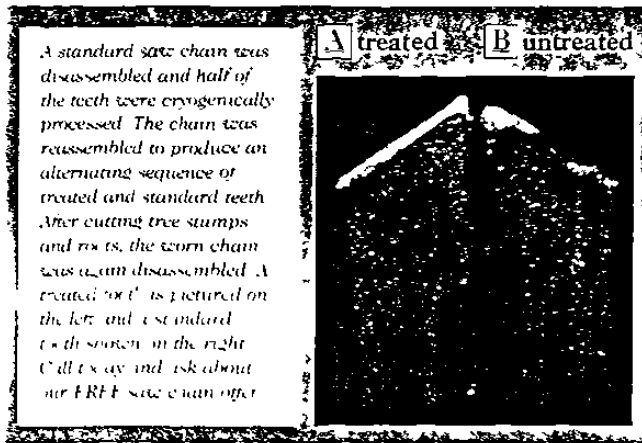
**B treated**

Two M42 shear knives after cutting 20,000 bundles of steel wire. Figure A shows a standard untreated knife with wear at the cutting edge as indicated. Figure B shows the surface of a knife which had been treated by Applied Cryogenics, Inc. Even after 20,000 trimming operations, the cutting knife is virtually as sharp.

# Cryogenic Processing

## THE BENEFITS

- Dramatically reduce consumption of perishable tooling. Treated tools typically yield two to five times the production of non-treated tools before regrinding is required.
- Cryogenic treatment will result in the permanent volumetric enhancement of metal properties. Treated components may be ground after treatment and the benefits of treatment are retained.
- Reduce the frequency and cost of tool regrinding. Worn treated tools require less material removal to restore a uniform cutting edge. Hence, treated tools may be reground more times before falling below minimum acceptable dimensions. This represents yet an additional cost savings.
- Substantially reduce machine downtime attributable to tool replacement.
- Reduce the scrap rate for machined forgings and castings by cryogenically treating prior to final machining for better stability and surface finish.



# APPLIED CRYOGENICS, INC.

11 Wall Street • Waltham, MA 02154  
Phone 781-642-7860



## Cryogenic treatment moves from 'snake oil' to a surprising, yet proven, performance enhancer

by Dr. Jeff Levine  
President,  
Applied Cryogenics, Inc.  
Waltham, Mass.

"Cryogenic treatment is ineffective on properly heat treated components."

"No solid state transformations occur below the martensite finish temperature."

"Non ferrous materials are not affected by cryogenic treatment because they contain no retained austenite for transformation to martensite."

Oh, well. Once upon a time, everyone thought the earth was flat and the sun and stars rotated around us.

Fortunately, I was unaware of the conventional wisdoms concerning cryogenic processing when I was first introduced to it 18 years ago.

My background had been in physics, specifically non-linear spectroscopy and quantum electronics. A high school course in metallurgy in the '60s provided the basis for my understanding of metals. And, consequently, I didn't realize that cryogenic treatment was essentially "snake oil."

I had only the observations made by reasonable people who had availed themselves of treatment services, that remarkable improvements in performance could result from cryogenic processing.

Based on this admittedly non-scientific study, I undertook a radical career change with a partner, Bruce Norian. We formed Applied Cryogenics, Inc. to offer cryogenic treatment services and eventually, to design, manufacture, and sell cryoprocessing equipment.

Having come from a sheltered academic background, I was ill prepared for the response of some prospective customers, even after we had demonstrated the technical capabilities and cost effectiveness of the process. A particular encounter, now nearly two decades old, remains vivid in my memory.

We had successfully treated a guilloché blade for a major manufacturer. The engineer who supervised the test reported three times more production from the treated blade, compared with an untreated blade.

When asked if he'd like to treat a meaningful quantity of tooling, the engineer replied, "If cryogenic treatment was so good, then we would have been doing it years ago." Period. End of sales call.

This otherwise rational individual was telling me that he was not about to believe his own eyes. He hadn't learned about cryogenic treatment in school — his superiors (at a large multinational company) hadn't either — and he wasn't going to fall into a trap set by some crafty snake oil salesman!

Years have passed since this sobering encounter, and along the way there have been additional rebuffs, but there have also been many instances of courageous acceptance of this very cost-effective technology. Scores of new service providers have entered the market in the past few years, spreading the message and helping to educate the manufacturing community.

In the early days, the responses to my sales calls ranged from restrained skepticism to outright dismay. We had trouble giving it away!

To day, the situation has improved dramatically. Due to the collective effort of many "pioneers" to get the word out, we now routinely receive unsolicited requests for treatment services and for processing equipment.

This increased activity has produced a wealth of feedback attesting to the validity of cryogenic treatment as a productivity enhancer. Novel and unexpected applications are discovered on a regular basis.

- Silver and brass instruments and instrument strings have their acoustic properties altered slightly during treatment — and musicians like the change!
- Compact disks and vacuum tubes become less microphonic and hence do their thing a little better when treated.
- High performance internal combustion engines yield somewhat higher performance.
- Guns shoot straighter and vegetable seeds germinate sooner.
- Figure skaters glide easier, sur-



Dr. Jeff Levine

geons cut cleaner, and baseball players and golfers hit the ball greater distances.

If this is snake oil, then someone ought to bottle the stuff!

Over 2,000 years ago, Eratosthenes demonstrated that the earth is spherical. By using simple instruments, a protractor and measuring stick, he was able to accurately estimate its diameter. Copernicus suggested that the earth is not the center of the universe, and Johannes Ke-

pler proved it by painstakingly constructing a mathematical model that accurately reproduced the best observations of the day.

In doing so, these remarkable men gave us the foundation of celestial mechanics and ushered in a new, rational way of understanding nature, displacing mythology and astrology.

Prior to their work, the concepts they promulgated were denuded as snake oil by the great authorities. Aristotle, Plato, Ptolemy, and others. Careful observation, followed by rational thought and mathematical modeling, is the essence of the scientific method that enables us to understand the world, turn nature to our benefit, and improve our lives.

This is what distinguishes us

from all the other species on earth.

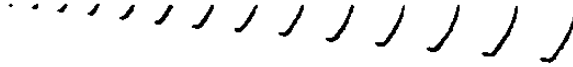
The benefits of cryogenic processing are established; the observation phase has proceeded for the past 40 years. It's time to move on to a better understanding of its underlying mechanisms by applying the methodology of science.

In so doing, we gain intellectually, we hopefully refine the technology, and most importantly, we help to dispel the skepticism that impedes widespread acceptance of a process that can help make better products available at reduced costs to everyone.

Some day, hopefully soon, cryogenic treatment will be a routinely specified manufacturing process that will benefit us all.

# cryosa

Tratamiento Criogénico

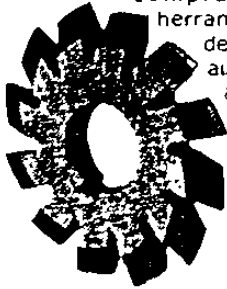


**Una empresa de  
Servicios Industriales  
especializada en  
Tratamiento Criogénico.**



## ¿Quiénes somos?

**CRYOSA** es una empresa de servicios industriales especializada en "tratamiento criogénico". Nuestro objetivo principal es disminuir a nuestros clientes sus costos relacionados con compras y mantenimiento de herramientas o piezas expuestas a desgaste. El tratamiento criogénico aumenta la resistencia al desgaste abrasivo y corrosivo de los materiales, los resultados obtenidos son de un 25% a un 400% en el aumento de vida útil del material.



## Tratamiento Criogénico

El tratamiento criogénico enfocado a disminuir el desgaste en los materiales, es una aplicación relativamente nueva, que fue desarrollada por la industria aeroespacial, y comercializada en la industria de transformación durante las dos décadas pasadas. Hay dos tipos de tratamiento criogénico, el profundo, que se realiza a  $-196^{\circ}\text{C}$  con nitrógeno líquido; y el no profundo o sub-zero que se enfría solo a  $-78^{\circ}\text{C}$  con hielo seco. EL tratamiento que cryosa ofrece, es el profundo, con el cual se obtienen mejores resultados.

El objetivo de este tratamiento es aumentar el tiempo de vida de los materiales, para así disminuir costos ocasionados por compra de nuevas herramientas, paros en la producción, costos relacionados con procesos de rectificado, entre otros. Los resultados obtenidos en el aumento del tiempo de vida útil son hasta 400%. El proceso criogénico es completamente ecológico, ya que su fuente principal de energía es nitrógeno líquido, elemento que constituye el 78% del aire que respiramos.



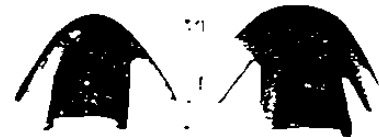
El tratamiento criogénico de cryosa, modifica el 100% del material, por lo que es necesario aplicarlo solamente una vez. Debido a esto, los resultados obtenidos con el tratamiento se obtienen antes y después de cada uno de los rectificados.



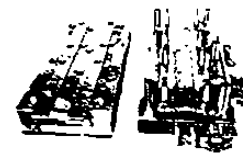
## El proceso de cryosa.

El proceso de cryosa, está basado en un ciclo térmico predeterminado que consiste en enfriar las herramientas/piezas en una cámara criogénica completamente controlada. El material se enfría lentamente ( $-1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) hasta alcanzar  $-196^{\circ}\text{C}$  y se mantiene a esta temperatura entre 20 y 40 horas, luego se regresa a temperatura ambiente sin añadir ninguna fuente externa de calor más que la convección natural. Este proceso, evita cualquier posibilidad de choque o esfuerzos térmicos ocasionados por cambios bruscos de temperatura. El ciclo del tratamiento criogénico dura aproximadamente 72 horas.

El proceso criogénico no es un sustituto de otros tratamientos térmicos, sino una extensión del ciclo de temple y revenido (para aceros). En el caso de aceros, el ciclo criogénico también requiere de un bajo revenido a  $150^{\circ}\text{C}$ .



Estas dos cuchillas fueron colocadas juntas para cultivar 3600 acres. Visiblemente se puede notar como la cuchilla tratada criogénicamente (derecha) tuvo un desgaste mucho menor.



## Beneficios y Resultados

**Aumenta la resistencia al desgaste abrasivo.**

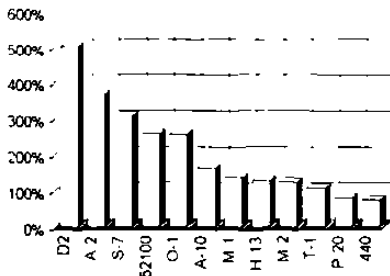
**Transforma casi el 100% de la austenita retenida en martensita revenida.**

**Cambia toda la microestructura.**

**Cambia toda la microestructura, no solo las superficies, por lo que:**

- Solo requiere un tratamiento permanente.
- Los beneficios continúan aún después de rectificadas o afiladas.

Incrementos en el tiempo de vida



- **Aumenta el tiempo de vida entre 25 y 400%.**
- Crea una estructura molecular más densa, con la cual se reduce la microrugosidad, y por ende se disminuye la fricción, calentamiento y desgaste.
- Disminuye esfuerzos residuales.
- Disminuye la fragilidad, aumenta la tenacidad.
- Aumenta la resistencia ténsil.
- Aumenta la estabilidad dimensional.
- No afecta propiedades de maquinado.

Cryosa ofrece el tratamiento con dos etapas:

• **seca**

(de temperatura ambiente a  $-160^{\circ}\text{C}$ ) con nitrógeno gas

• **húmeda**

(de  $-150^{\circ}\text{C}$  a  $-196^{\circ}\text{C}$ ) con nitrógeno líquido, para eliminar choque térmico y así alcanzar la temperatura de ebullición del nitrógeno ( $-196^{\circ}\text{C}$ ). Temperatura que los procesadores del tipo 100% secos no pueden alcanzar.

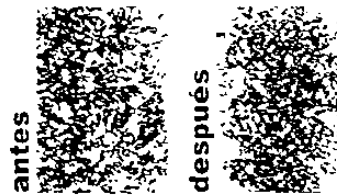
## Cambios microestructurales: El porqué de las mejoras

Dos cambios microestructurales principales, ocurren a través del tratamiento criogénico de cryosa:

Primero, la austenita retenida (estructura suave no deseada, presente siempre después de un tratamiento térmico) es convertida en una estructura más dura y de mayor vida ante el desgaste llamada martensita. La cantidad de austenita residual después del templado, puede variar entre 50% y 3% según la habilidad del operador y la precisión del equipo con que fue templado. Después del tratamiento criogénico, la cantidad de austenita residual solamente es de 0.1 a 0.01%. Además, la martensita se refina después del tratamiento, como se muestra en la figura. Estos cambios incrementan la dureza entre 1 y 3 puntos HRC y la resistencia al desgaste.

Segundo, se forman unos pequeños eta-carburos dentro de toda la matriz, los tipos de carburos dependen de los elementos de aleación con que cuente el material (carburos de tungsteno, carburos de cromo, etc.). Estas partículas finas llenan la matriz haciéndola una estructura más densa y homogénea, ya que los carburos ya presentes se acomodan de manera proporcional.

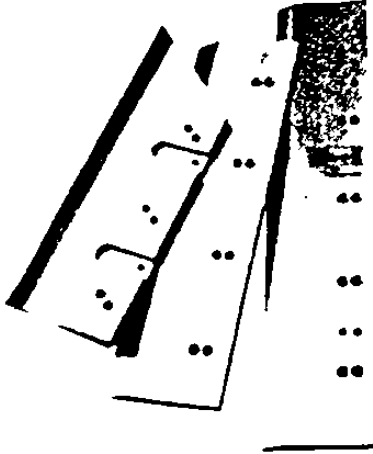
Aún si la herramienta o pieza, no es de acero, el aumento en su vida se da después del tratamiento criogénico, ya que a tan bajas temperaturas, los defectos moleculares conocidos como vacancias, traslapos, dislocaciones, etc., se eliminan y se forma una estructura molecular homogénea y sin defectos que muestra mejores propiedades contra el desgaste.



Refinamiento de la martensita después del tratamiento criogénico

## Materiales a los que se puede dar tratamiento criogénico

- Todos los tipos de acero
- Aleaciones no ferrosas
- Carburos de Titanio
- Plásticos
- Cobre
- Nylon
- Aluminio
- Bronce
- Vidrio
- y otros.



## Aplicaciones

"Todo lo que esté sujeto a desgaste"

### Industria Metal Mecánica

- Brocas
- Punzones
- Insertos
- Cuchillas
- Buriles
- Moldes
- Dados
- Rodillos
- Engranés

### Industria Cementera, Minera, Petroquímica

- Cuchillas
- Trituradoras
- Perforadoras
- Todo tipo de dientes

### Industria Agrícola

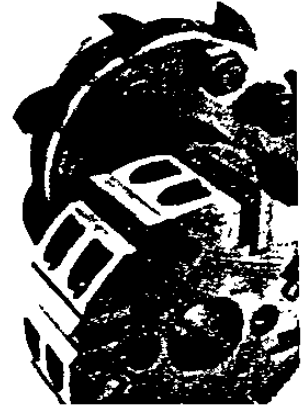
- Discos
- Cuchillas
- Zapatas
- Aspas
- Todo tipo de implementos

### Industria Maderera y Papelera

- Discos de corte
- Sierras
- Cuchillas
- Dados
- Punzones
- Perforadoras
- Navajas

### Motores y autopartes

- Camisas del motor
- Engranés de transmisión
- Arbol de levas
- Sinfín de dirección
- Pistones
- Caja diferencial
- Cigüeñales



## cryosa

Tels: (8) 335 44 56, (044) (8) 171 19 39

Tel/Fax: (8) 335 04 56

e-mail: irias@prodigy.net.mx

*www.cryosa.com*

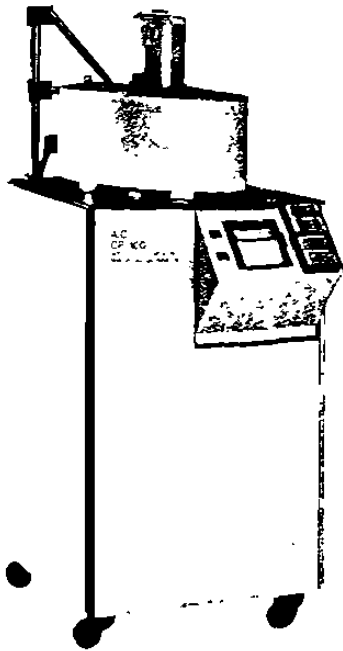
### Oficina

Monte Aventino #316 / Col. Fuentes del Valle / C.P 66220

Garza Garcia, N.L.

*Now*

# CRYOGENIC PROCESSING



In Your Own Facility...

APPLIED CRYOGENICS, INC.

# THE CP-100 CRYOPROCESSOR

from

## APPLIED CRYOGENICS, INC.

A computer controlled, vacuum insulated environmental chamber capable of executing complex time-temperature prescriptions in the temperature range of  $-320^{\circ}\text{F}$  to  $+300^{\circ}\text{F}$  gives you the capability to:



- Perform cryogenic processing, enhancing the wear resistance of steel and cemented carbide, chromium or TiN coated tools and wear parts, and copper resistance welding electrodes;
- Dimensionally stabilize metal optics and precision ground parts prior to final polishing/grinding to produce a superior surface finish;
- Stress relieve forgings and castings to ensure dimensional stability during final machining;
- Dimensionally stabilize nylon components;
- Stress relieve metals for tear-free drawing.

# CP-100 Specifications

**USABLE INTERIOR DIMENSIONS:** Vacuum insulated stainless steel chamber  
17"(dia) x 30"(deep)

**MAXIMUM PAYLOAD:** 500 pounds

**EXTERIOR DIMENSIONS:** 27"(w) x 27"(d) x 70"(h)

**TEMPERATURE RANGE:**

- -320 degrees F to +300 degrees F
- Convective cooling
- Convective heating
- Cooling rate 0 degrees F/minute to 7 degrees F/minute
- Heating rate 0 degrees F/minute to 15 degrees F/minute

**CONTROLS:**

- Digital Programmable
- Up to 99 ramp/soak segments
- Up to 9 programs
- Up to 99.9 hours/segment
- "Guaranteed soak" for user selected segments
- LED display of set point, chamber temperature, program and segment identification, time remaining in current segment
- Chart recorder

**POWER REQUIREMENTS:**

- 120 VAC, 30 Amperes
- Liquid Nitrogen supply required (approx. 200 liters LN<sub>2</sub> processes 400 lbs. steel)

***FOR FURTHER INFORMATION CONTACT:***

**APPLIED CRYOGENICS, INC.**

1191 Chestnut Street  
Newton, MA 02464  
617-552-6200

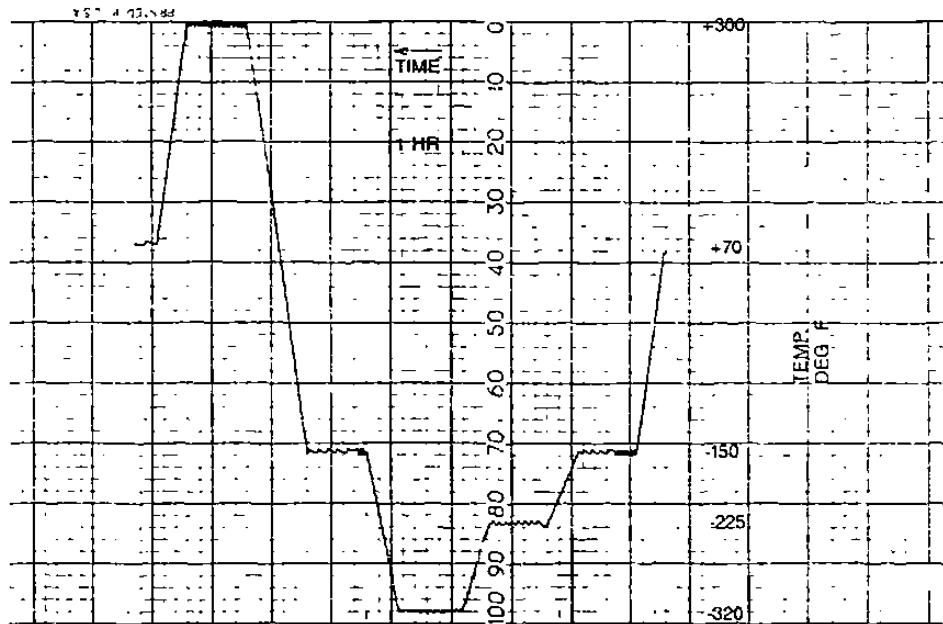


# Principles of Operation

The CP-100 cryoprocessor is capable of automatically cycling payloads between the temperatures of  $-320^{\circ}\text{F}$  and  $+300^{\circ}\text{F}$ . Payload temperature is reduced by cooling an internal heat exchanger with a controlled flow of liquid nitrogen while a fan circulates dry gaseous nitrogen between the payload and the heat exchanger. Cooling is via gas kinetics, the payload is never in contact with the cryogenic liquid. Electric resistance heat is provided to increase the payload temperature. The circulator fan provides convective heat exchange to minimize temperature gradients.

A digital computer is provided for the programming and storage of complex time-temperature prescriptions. An integral temperature sensor and controller form a servo system to meter liquid nitrogen or electric heat to ensure compliance with the program. The system is capable of unattended operation for periods of days. A chart recorder provides a permanent record of the thermal history of the payload.

## An Actual Time-Temperature Trace



# APPLIED CRYOGENICS, INC.

## The CP-500vi Cryoprocessor

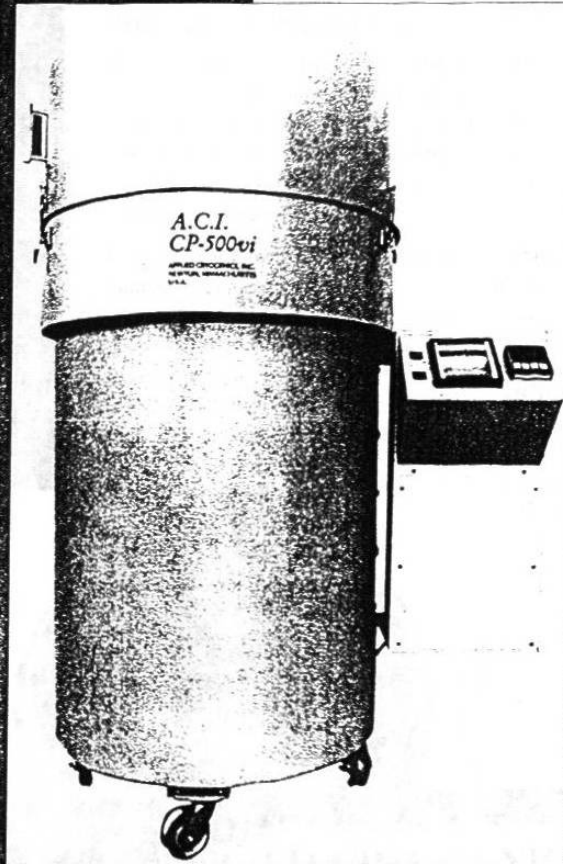
A computer controlled, vacuum insulated environmental chamber capable of executing complex time-temperature prescriptions in the temperature range of -300 °F to

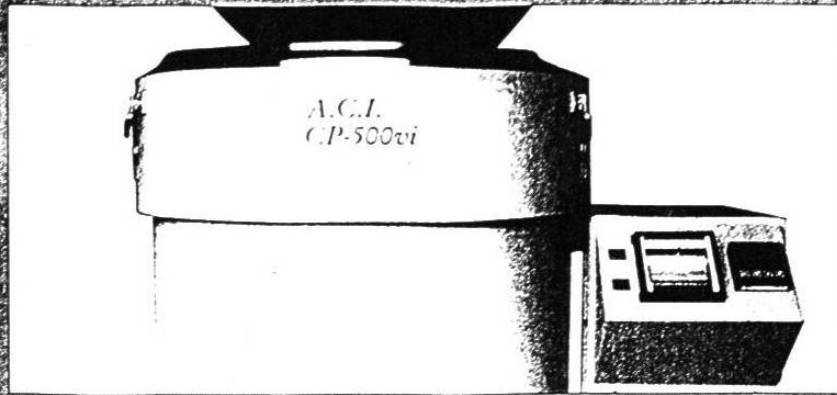
+300 °F, provide the capability to:

- Perform cryogenic processing to enhance the wear resistance of steel and cemented carbide, chromium or TiN coated tools and wear parts, and copper resistance welding electrodes;

- Dimensionally stabilize metal optics and precision ground parts prior to final polishing/grinding to produce a superior surface finish;

- Stress relieve metals for tear-free drawing and enhanced acoustic characteristics.

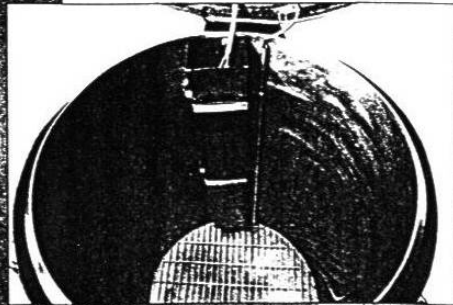




### Principles of Operation

The CP-500vi cryoprocessor is capable of automatically cycling payloads between the temperature limits of -300 °F and +300 °F. Payload temperature is reduced by cooling an internal heat exchanger with a controlled flow of liquid nitrogen while a blower circulates dry gaseous nitrogen between the payload and the heat exchanger to minimize temperature gradients.

A digital computer is provided for the programming and storage of complex time-temperature prescriptions. An integral temperature sensor and controller form a servo system to meter liquid nitrogen or electric heat to ensure compliance with the program. The system is capable of unattended operation for periods of days. A chart recorder provides a permanent record of the thermal history of the payload.



### SPECIFICATIONS

- Internal dimensions: 31" (Dia) x 46" (H)
- Overall external dimensions: 70" (H) x 46" (W) x 49" (D)
- Overall height (lid open): 92"
- Controls: Digital programmable with 6 ramp/soak segments per program, up to 8 programs; expandable.
- Power requirements: 120VAC, 30 AMP, 60 Hz. or 240 VAC, 20 AMP, 50 Hz. Low pressure liquid nitrogen required.

## APPLIED CRYOGENICS, INC.

1194 Chestnut Street • Newton, MA 02464  
Phone: 617-969-6490 • Fax: 617-969-6266  
E-mail: NSEngine@aol.com

**Anexo 7**  
**Tratamientos de Superficie de**  
**Herramienta**

# MSI METAL TREATMENT

## *the PROCESS*

If a tool is placed under a microscope, imperfections are revealed on both new and reground tools. The MSI process begins with placing the imperfect tools in the heating reservoir of a MSI 2000 treatment machine and raising the temperature of the tools to 140 degrees Fahrenheit. The surface asperities (imperfections) of the tools expand. Then the tools are transferred to the tool treatment reservoir. As the tools cool, MSI's CVR particles are trapped in the surface asperities creating a smoother tool surface and increasing lubricity without modifying the physical tool dimensions.

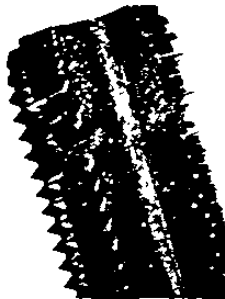


The view of a tool surface under a microscope reveals a field of peaks and valleys. These surface asperities expand when heated in the MSI 2000 heating reservoir and trap the MSI resins as the surface cools in the treatment reservoir.

## *FIELD RESULTS*

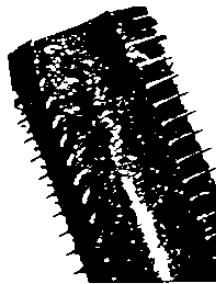
| Tool                                   | Life-Untreated    | Life-Treated       |
|--|-------------------|--------------------|
| 1.32 mm HSS drills/deep drilling       | 3 hours           | 9 hours            |
| Carbide keyway cutter/8620 steel       | 22,000            | 29,248             |
| Broaching operation/caps               | 42,000            | 64,000             |
| HSS oxide coated drills/crankshaft     | 2,000             | 4,200              |
| Carbide tipped drills/Fe lifter bodies | 4,800             | 24,000             |
| HSS step drills/cast block             | 5,400             | 12,300             |
| Carbide tipped saw blades/1/2" A-2     | 630 square inches | 2500 square inches |
| 10mm HSS drills/6061 Al.               | 500 holes         | 2000 holes         |
| Oil galley drills/cast block           | 14000 holes       | 28000 holes        |

Untreated Tap  
HSS Steam Oxide



400 holes tapped  
Crankshaft Flange

MSI Treated Tap  
HSS Steam Oxide



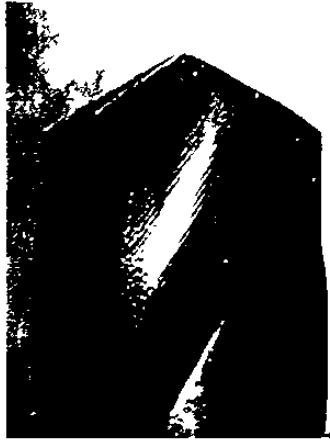
1929 holes tapped  
Crankshaft Flange

MSI Customers report similar results to those stated above in stainless steel, exotic metals, aluminum, magnesium, cast iron, plastics and wood.

**INDEPENDENT LABORATORY PROVES  
MSI 2000 TOOL TREATMENT PROCESS  
REDUCES FRICTION AND WEAR!**

Untreated HSS Twist Drill

MSI Treated HSS Twist Drill



The laboratory photographs, at left, prove the life extension of MSI Tool Treatment.

3600 holes total failure  
gray cast iron test plates  
drill blind holes - dry

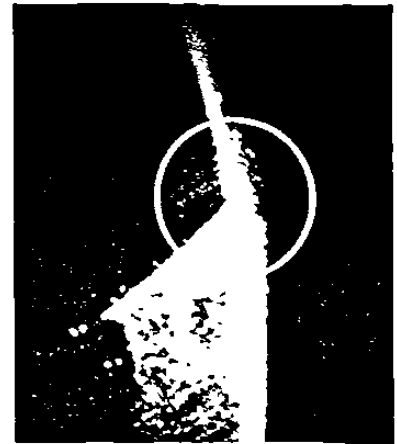
3600 holes avg. margin wear .011"  
gray cast iron test plates  
drill blind holes - dry

**INDEPENDENT LABORATORY PROVES  
MSI 2000 TOOL TREATMENT PROCESS  
IMPROVES PARTS QUALITY AND TOOL PERFORMANCE!**

Untreated Drill

MSI Treated Drill

The laboratory photographs, at right, prove the reduced margin wear of the MSI treated drill when using a 10% soluble oil flood coolant.



1200 Holes

Margin wear unevenly distributed at .0098" and .026". The non-uniform and high rate of wear led to decreased part quality and tool performance.

1200 Holes

Margin wear evenly distributed at .0066". The uniformly reduced wear led to improved parts quality and tool performance.

# MACRO SPECIALTY INDUSTRIES INC. CUTTING EDGE TECHNOLOGY

THE MSI TOOL TREATMENT PROCESS PATENT ISSUED SEPTEMBER 16, 1997 IS ONE OF SEVERAL PATENTS ISSUED TO MACRO SPECIALTY INDUSTRIES INVOLVING ITS PROPRIETARY RESIN TECHNOLOGY.

**MACRO SPECIALTY INDUSTRIES IS PROUD TO PRESENT THE TOOL TREATMENT PROCESS TO YOUR COMPANY. IN 30 MINUTES AND FOR LESS THAN 40¢ PER TOOL, THIS PROVEN NEW TECHNOLOGY WILL REDUCE YOUR COST OF TOOLING, WASTE, AND ENERGY CONSUMPTION WHILE INCREASING PRODUCTIVITY AND QUALITY CONTROL.**

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Overall Dimensions            | 32.5" L x 24" W x 16" H          |
| Working Height                | Table Top                        |
| Weight (Empty)                | 125 lbs.                         |
| Basket Dimensions             | 12.5" L x 8.5"W x 6" H           |
| Basket & Cabinet Construction | Stainless Steel                  |
| Power Source                  | 110 Volts/1 Phase                |
| Heating Reservoir             | 2.5 gallons (20 lbs.)            |
| Treatment Reservoir           | 2.5 gallons (15 lbs.)            |
| Manufacturer                  | Macro Specialty Industries, Inc. |
| Warranty                      | Limited 1 Year                   |

#### Available Options

- ◆ Machines customized to fit the size and shape of your tools
- ◆ Stands
- ◆ Timers

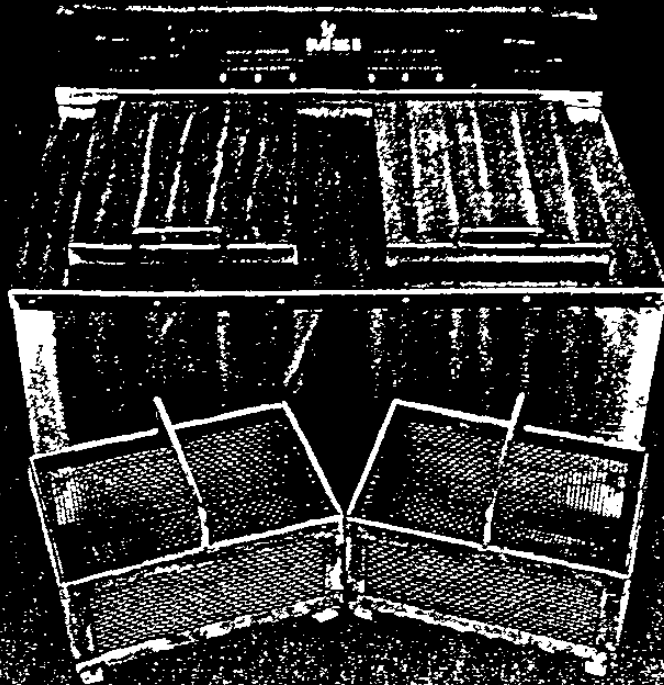
FOR MORE INFORMATION OR A FREE TEST

CALL MACRO SPECIALTY INDUSTRIES OR YOUR LOCAL DISTRIBUTOR!

A patented process of:  
Macro Specialty Industries, Inc.  
12-457, Road P-3 / P.O. Box 107  
Napoleon, Ohio 43545  
Phone: 419.599.7010  
Fax: 419.599.7020  
E-mail: MSI@Bright.net

*Distributed by:*

# MACRO SPECIALTY INDUSTRIES, INC.



MSI 2000 TOOL TREATMENT MACHINE

**Give your tools the treatment!**

- Extends cutting tool life
- Improves performance of HSS, carbide and coated tools
- Adds lubricity and smooths tool surface
- Does not alter metal substrate or tool geometry
- Tools can be treated after being reground
- Reduces down time and tool inventory
- Tools may be treated on location



