



TITULO: "Optimización de la producción mediante la sustitución de tornos automáticos de levas por tornos de Control Numérico Computarizado (CNC)"

MODALIDAD DE TITULACIÓN
Trabajo Profesional

NOMBRE DEL ALUMNO: Enrique Laborde Dovalí.

NÚMERO DE CUENTA: 9256620-0

SUPERVISOR: Dr. J. Javier Cervantes Cabello

ÁREA DE CONOCIMIENTO: Mecánica

NOMBRE DE LA EMPRESA: Maquinados Especializados Rusave.

INDICE

INTRODUCCIÓN	3
Descripción de la empresa.	3
OBJETIVO	8
CAPÍTULO 1	8
Antecedentes	8
Problema a solucionar	8
CAPÍTULO 2	11
Actividades desarrolladas en el proyecto	11
Aportaciones	11
A) Elaboración de cotizaciones	12
B) Elaboración de planos 3D en CAD	13
C) Planeación del proceso de producción, selección de herramientas y elaboración de programas CNC	14
D) Montaje de herramientas (ajuste, centrado, etc)	15
E) Producción de primer pieza, ajuste de medidas, liberación de máquina	16
CAPÍTULO 3	17
Resultado del proyecto	17
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXOS	25

INTRODUCCIÓN

A lo largo de este trabajo se pretende mostrar cómo fue creciendo y evolucionando la compañía Maquinados Especializados Rusave, S.A. de C.V. (MERSA), principalmente a partir de la adopción de la tecnología por Control Numérico Computarizado (CNC) en sus procesos de producción y cómo dejó de ser un “taller de torno” (micro empresa) para convertirse en una empresa seria con 170 empleados (PYME).

La adquisición del equipo CNC así como la colaboración de personal capacitado fueron pieza clave en esta transformación, MERSA es ahora una empresa maquiladora reconocida y respetada por sus clientes y proveedores tanto nacionales como extranjeros. Los principales clientes de MERSA se encuentran en la industria de baños, cocinas y calentadores de agua.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Nombre: Maquinados Especializados Rusave, S.A de C.V (MERSA)

Dirección: Carlos B. Zetina N° 22, Col. Industrial Xalostoc

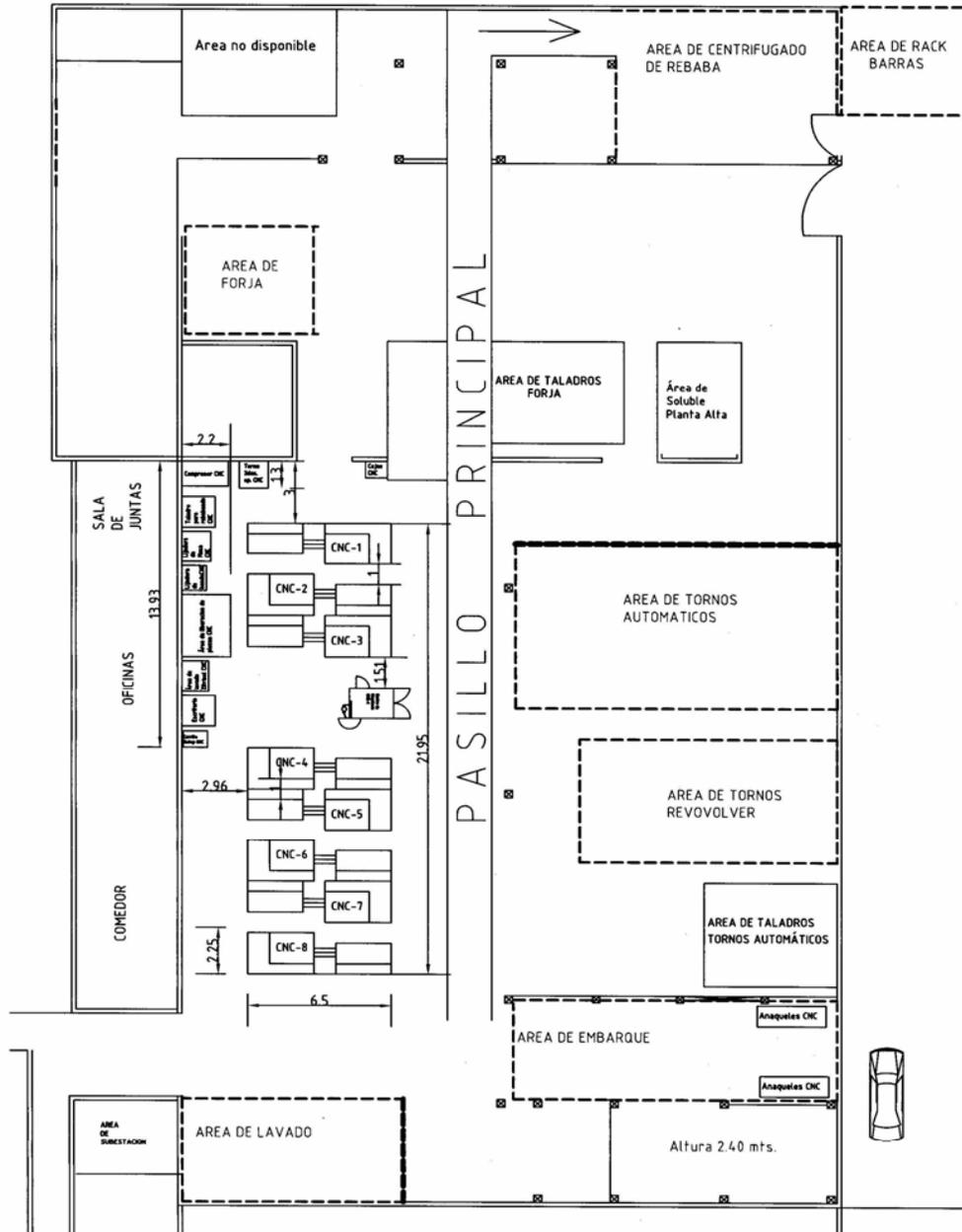
La empresa Maquinados Especializados Rusave se funda en el año 1964 por tres socios de apellidos Ruiz, Saavedra y Vélez. Nace como un taller de torno con 5 empleados (4 obreros y un supervisor) y con 5 máquinas. El taller se ubicaba en la calle de Manuel Villalongín, Col. Cuauhtémoc, en México D.F., lugar donde permaneció hasta el año 2005.

MERSA se dedica primordialmente a la maquila (fabricación) de piezas de latón para cocinas y baños, así como también conexiones para gas.

La empresa se divide en tres áreas principales que son: área de Forja, área de Tornos Automáticos y segundas operaciones y área de Control Numérico Computarizado. La principal materia prima es la barra de latón, de la cual se procesan alrededor de 60 toneladas mensuales incluyendo todas las áreas.

A continuación se muestra el plano de distribución de la empresa y algunas fotos recientes (octubre 2008) del área de producción principal (CNC, tornos automáticos y segundas operaciones).

PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE MERSA







Misión: Cumplir con las necesidades de nuestros clientes a través de un excelente servicio y productos de la más alta calidad mediante la capacitación y mejora continua en todos nuestros procesos.

Visión: Ser la mejor empresa de maquila de piezas de latón en México.

Las principales actividades desarrolladas en este proyecto fueron poner en práctica el conocimiento adquirido durante la carrera al mismo tiempo que se reforzó y complementó con la investigación de la tecnología de punta disponible al momento del inicio del proyecto, tanto en maquinaria como en software de diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD-CAM) y también en herramientas. Aplicando todo lo anterior con el fin de mejorar los procesos de producción de MERSA

OBJETIVO

Optimizar la producción de la empresa MERSA mediante la sustitución de tornos automáticos de levas por tornos de control numérico computarizado, así como mejorar la calidad y disminuir el porcentaje de desperdicio, tiempos muertos y segundas operaciones.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En 1998 MERSA contaba con 9 tornos automáticos de levas, 8 tornos revólver, 2 tornos paralelos, un torno multihusillo, 5 taladros de piso y otras máquinas más.

Había 30 empleados encargados de operar las máquinas, lavar y empacar las piezas y hacer algunos ensambles.

Los principales productos que fabricaba la empresa en ese entonces eran conexiones para gas como son codos, niples, espreas y tuercas cónicas para una prestigiosa empresa de calentadores de agua; así como también manijas de lujo para WC, las cuales se vendían a un intermediario conectado con una importante compañía fabricante de muebles para baño. En esta época se producían alrededor de 30 productos diferentes.

PROBLEMA A SOLUCIONAR

Al poco tiempo de haber ingresado a MERSA, me di cuenta que el equipo ya era viejo y obsoleto y en muchos casos ya se encontraba en muy malas condiciones, toda vez que al medir con el calibrador las dimensiones de las piezas, éstas presentaban mucha variación y no se mantenían dentro de la tolerancia que exigía el cliente a través de sus planos teniendo como consecuencia problemas de calidad y rechazos de los clientes y para el caso de las manijas de lujo de WC, que son piezas de ornato, tampoco se lograba el acabado superficial deseado, con lo cual se elevaban los tiempos y costos de pulido.

Muchas de las piezas requieren tolerancias de 0.1 mm o menos y el equipo existente no lograba mantener las piezas dentro de esas tolerancias. En los tornos manuales el operador con su habilidad daba las dimensiones a la pieza, pero en el transcurso de la jornada el cansancio influía tanto en la precisión de las dimensiones como en la productividad, además del propio desgaste de las máquinas.

En los tornos convencionales no se pueden mover simultáneamente los ejes X y Z de una forma sincronizada, por lo que para hacer piezas con ángulos o líneas curvas se requiere utilizar herramientas afiladas previamente con la forma deseada y al cambiar de una pieza a otra diferente se requería también cambiar las herramientas de forma

Cada pieza que se fabricaba en los tornos automáticos requería sus buriles afilados con la silueta de la misma, así como su juego de levas exclusivo. Aunque los tornos automáticos son más económicos con respecto a los de Control Numérico, se debe invertir en herramientas y levas exclusivas para cada pieza diferente que se fabrique en los primeros, por lo que no resulta tan rentable en piezas de bajo volumen.

Los tornos automáticos de levas resultaban y siguen resultando ser una buena opción para piezas de alto volumen (mayor o igual a 30,000 pzas/mes), pero cuando se trata de piezas de mediano o bajo volumen (10,000 pzas/mes o menos), como las manijas, no resultan tan ideales ni tan versátiles puesto que los tiempos para herramienta las máquinas son elevados y típicamente tardan entre 6 y 8 horas para cambiar de una pieza a otra, ya que se tienen que desmontar las herramientas y levas de la pieza que deja de producirse, montar las de la nueva pieza y hacer varios ajustes para lograr la primer pieza dentro de tolerancia.

Para el caso particular de palancas se hacen evidentes las debilidades de los tornos automáticos debido a que no se logran las formas deseadas ni el acabado superficial, así como tampoco se logran mantener las dimensiones; además, los tiempos de montaje de herramientas los hacen poco versátiles para los volúmenes de producción relativamente bajos y para la relativamente alta diversidad de modelos diferentes de palancas que empezaban a solicitar los clientes.

No obstante lo anterior, otros de los problemas que se detectaron dentro de los productos que se fabricaban en la empresa eran los siguientes:

Al usar buriles con la silueta de la pieza, los cuales atacan la barra radialmente, la superficie (o línea) de contacto entre herramienta y barra es grande con lo cual la barra tiende a flexionarse, problema que se agrava cuando las herramientas pierden filo. Esto provoca variación en los diámetros y medidas en general alterándose la silueta original, cuando se pierde filo se generan vibraciones y/o rayas provocando un deficiente acabado superficial y mayores variaciones dimensionales y de forma. Las herramientas de forma se pueden afilar, pero en ocasiones también se altera la silueta de la propia herramienta agravando aún más el problema.

Cuando revisaba algún producto en específico pero de lotes diferentes, llegué a detectar variaciones de forma muy evidentes, en ocasiones parecía que se trataba de modelos diferentes. Varios modelos, debido a su forma tan caprichosa y ornamental salían del torno automático con una parte de la silueta únicamente y el resto de la silueta se hacía en otro torno.

Todos estos aspectos ocasionaban mucho desperdicio, rechazos internos y varias veces rechazos por parte de los clientes, por lo cual después de un profundo análisis se determinó que la tecnología CNC resultaba ser la más adecuada a nuestras necesidades

CAPÍTULO 2

ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL PROYECTO

Mi participación inició desde el momento en que se detectaron las áreas de oportunidad, cuando se pensó en modernizar la tecnología existente en la empresa y se decidió adquirir tornos de control numérico computarizado (CNC).

Comencé asistiendo a exposiciones para evaluar distintas opciones e intervine en la toma de decisiones sobre la marca y modelo de torno que resultaba más conveniente para nuestras necesidades.

Una vez que se eligió y se adquirió el equipo adecuado se procedió a seleccionar cuáles de las piezas que fabricábamos resultaban ser las más idóneas para torno CNC y posteriormente adquirir las herramientas apropiadas tanto para la máquina como para las piezas a fabricar.

Después que se seleccionaron las piezas hubo que dibujarlas en 3D utilizando un paquete de dibujo asistido por computadora (CAD) para posteriormente hacer el programa CNC.

También participé en la instalación del equipo CNC supervisando que se cumpliera con todas las recomendaciones del fabricante y seleccionando su ubicación más adecuada dentro de la planta.

Una vez que se contó con el equipo, las herramientas, los dibujos y los programas, se procedió a montar las herramientas, cargar el programa y maquinar las primeras piezas.

APORTACIONES

Mi principal aportación fue iniciar el área de producción CNC que a la fecha cuenta con 10 tornos y un Centro de Maquinado así como con 20 empleados a mi cargo. A lo largo de casi 7 años desde que se adquirió el primer torno CNC he desarrollado más de 300 piezas diferentes.

Para cada una de estas piezas he realizado los dibujos 3D en CAD y en algunos casos el diseño o rediseño ha sido por parte mía. También he hecho propuestas para reducción de costos siempre muy apreciadas por los clientes, las cuales han propiciado más pedidos por parte de ellos

Cuando un cliente requiere una nueva pieza, normalmente manda un plano y/o muestra física (VER ANEXO 1), y se siguen las siguientes etapas:

A) Elaboración de cotizaciones

Cuando se recibe un nuevo plano y/o muestra física, se determina qué medida de barra se utilizará y cuántas piezas saldrán de una barra tomando en cuenta la longitud de la barra (12 pies = 3.66 m.), la longitud de la pieza a fabricar y el desperdicio (sobrante de barra). Esto sirve para calcular la cantidad de material que se requiere para cada pieza (peso bruto) y me ayudo de una tabla de excel donde tengo todas las medidas de barra y su peso en función del volumen de la barra y la densidad del material (VER ANEXO 2).

Para las siguientes fórmulas, utilizadas en la elaboración de cotizaciones, se emplea la siguiente nomenclatura.

Pb = Peso barra
Lb = Longitud barra
 ρ = Densidad del material
tan = Tangente
Mb = Medida barra
PB = Peso Bruto
Np = Número piezas
CB = Costo Bruto

Barras redondas

$$Pb = \frac{1}{4} \times \pi \times (Mb)^2 \times Lb \times \rho$$

Barras hexagonales

$$Pb = 1.5 \times (Mb)^2 \times \tan(\pi/6) \times Lb \times \rho$$

Barras cuadradas

$$Pb = (Mb)^2 \times Lb \times \rho$$

En dicha tabla también elaboré una fórmula para determinar cuántas piezas salen de una barra completa en función de su longitud

$$Np = \frac{\text{long barra} - \text{long sobrante}}{\text{long pza} + \text{long corte}}$$

$$PB = \frac{Pb}{Np}$$

Con el peso bruto se determina el costo bruto de materia prima

$$CB = PB \times \text{precio barra}$$

Luego se debe determinar el peso neto de la pieza pesando una muestra física o con ayuda del modelo en 3D del paquete de CAD, donde el *software* permite calcular el peso de la pieza terminada (peso neto).

Conociendo el peso bruto (PB) y el peso neto (PN) se puede determinar la cantidad de rebaba y/o desperdicio que genera cada pieza y con esto calcular el costo neto (CN) de materia prima de la pieza

Nomenclatura empleada en las siguientes fórmulas:

PV = precio de venta

CN = Costo neto de materia prima

CM = Costo de maquinado (incluye tiempo máquina, mano de obra y costo de herramientas)

I = Costos Indirectos (renta nave, energía eléctrica, transporte, empaque, etc)

U = utilidad

$$\text{Rebaba} = PB - PN$$

$$CN = CB - (\text{rebaba} \times \text{precio de rebaba})$$

Para calcular el precio de venta de la piezas utilizamos la siguiente fórmula:

$$PV = CN + CM + I + U$$

B) Elaboración de planos 3D en CAD

Elaboro un bosquejo con una polilínea trazando todo el perfil de la pieza (VER ANEXO 3).

Una vez que se tiene un perfil cerrado, con ayuda del software lo convierto en "perfil inteligente" (VER ANEXO 4).

Después se le agregan dimensiones y/o restricciones hasta que el perfil queda completamente restringido (VER ANEXOS 5.1, 5.2 y 5.3).

Luego genero un sólido de revolución girando sobre el eje de la pieza (VER ANEXOS 6.1, 6.2 y 6.3).

Posteriormente, cuando se requiere, le hago barrenos (VER ANEXOS 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4).

Por último se generan la(s) vista(s) necesaria(s) de la pieza y determino las coordenadas diametrales (X) y longitudinales (Z) de los puntos inicial y final de todas las líneas que componen la silueta de la pieza (VER ANEXOS 8.1, 8.2 y 8.3).

C) Planeación del proceso de producción, selección de herramientas y elaboración de programas CNC.

Cuando llega una nueva pieza se debe determinar:

a) En qué máquina se va a fabricar, en función de la medida de barra y si la pieza a fabricar tiene o no maquinados laterales; para el ejemplo que estoy mostrando (el chapetón A907570), se requiere una máquina 600 con paso de barra de hasta 60 mm de diámetro, pues en la 300 el paso de barra máximo es de 42 mm. de diámetro. En esta pieza no hay maquinados laterales, por lo que no se requiere herramienta viva.

b) Con qué herramientas (torneador, tronzador, roscador, brocas, machuelos, herramientas especiales, etc.). En el chapetón A907570 se determinó que las mejores herramientas son las siguientes (VER ANEXO 9):

- Una broca PTR que puede funcionar como cualquier broca para barrenar en macizo cuando está centrada, pero además puede hacer torneados interiores o exteriores sacándola de centro y programando la silueta que debe de seguir, puede hacer chaflanes (matar filos) con la parte posterior del inserto
- Una barra gorton para hacer el desahogo de la cuerda
- Un machuelo para hacer la rosca hembra M28x1.5. Alternativamente se pudo haber escogido un roscador de interiores y hacer la rosca fileteada, pero debido a que muchas de nuestras piezas tienen rosca hembra M28x1.5 llegué a la conclusión de que el machuelo era la mejor opción pues de una sola pasada termina la cuerda por lo que resulta más rápido que la rosca fileteada

- Un buril de forma con pastilla soldada de carburo en “L” para el ranurado frontal, alternativamente se pudo escoger una herramienta para ranurados frontales que usara insertos intercambiables, pero no encontré una herramienta que abarcara todos los diferentes diámetros y profundidades de las distintas piezas que fabricamos, por lo que decidí que lo mejor para esta operación era hacer un buril especial para cada pieza.
- Un tronzador de 3 mm. de ancho y 20 mm de profundidad de corte con inserto intercambiable para el torneado de la silueta exterior pues con esta herramienta puedo hacer los desbastes y torneado el acabado tanto de este chapetón como de muchas otras piezas. No se utilizó un torneador debido a que se tuvo que sacar el chapetón con la forma exterior apuntando hacia el husillo pues era la única forma de que saliera terminado (con todos los diámetros interiores, con cuerda y con la ranura de 3 mm. de profundidad), esto ocasionó que el espacio quedara muy reducido para utilizar una herramienta de torneado. La herramienta de forma también se descartó pues se necesitaría una herramienta diferente para cada modelo como ocurre con los tornos automáticos, con lo cual se perdería la versatilidad que tiene el CNC sobre los demás tornos.

c) Cuál es la secuencia lógica de las operaciones, pues es recomendable maquinar primero la parte más alejada del husillo y dejar al final lo que está más cerca de éste, pues si maquinamos muy cerca del husillo dejando un diámetro delgado y la pieza está muy volada se generarían vibraciones o inestabilidad en las medidas, lo cual no es deseable. Para esta pieza se escogió un torno 600 con doble programa que permite maquinados frontales y laterales simultáneamente, por lo que además de lo anterior se debe tener especial cuidado de que las herramientas frontales y laterales no choquen entre sí.

Una vez que se determina esto, se procede a elaborar el programa de CNC (VER ANEXOS 10.1, 10.2 y 10.3).

D) Montaje de herramientas (ajuste, centrado, etc)

Cuando se va a empezar a fabricar una pieza, primero se deben colocar las herramientas de una forma lógica para evitar que choquen, se estorben o bien simplemente para minimizar los desplazamientos; luego se deben centrar en “Y”, posteriormente en “X” y finalmente posicionar en “Z” y grabar dichas posiciones en la tabla de longitudes de herramienta en el renglón correspondiente a cada herramienta de acuerdo al número que se le asignó en el programa (VER ANEXOS 11.1, 11.2, 11.3, 11.4 y 11.5).

E) Producción de primera pieza, ajuste de medidas, liberación de máquina

Una vez que se tiene el programa y se montaron y ajustaron las herramientas en la máquina, se procede a ejecutar el programa y fabricar una primera pieza, ya que se obtiene la primera pieza se miden todas sus dimensiones con calibrador y si se requiere se ajustan las herramientas para que todas las medidas queden dentro de tolerancia y preferentemente en el punto medio entre las medidas mínimas y máximas que indica el plano de acuerdo a las tolerancias permitidas.

En ocasiones también se le deben hacer ajustes al programa cuando la pieza sale vibrada, o chillan las brocas (se atasca la rebaba) o se fuerzan o rompen los insertos o herramientas. En estos casos se deben revisar las profundidades de corte, el avance de la herramienta, la velocidad angular del husillo, la profundidad de corte de cada pasada en el caso de las brocas (VER ANEXOS 12.1, 12.2, 12.3, 12.4 y 12.5).

CAPÍTULO 3

RESULTADOS DEL PROYECTO

La compra de equipo CNC ha permitido reducir enormemente los tiempos muertos cuando se cambia la producción de un modelo a otro, es decir, alrededor de 10 minutos, lo cual lo hace muy versátil. Las herramientas de forma que solíamos utilizar en los tornos automáticos se desafilaban más seguido que los insertos que utiliza CNC y frecuentemente se desportillaban o se rompían.

El tiempo de maquinado (ciclo para fabricar una pieza) era ligeramente mayor en CNC, pero con la práctica lo fuimos igualando a los tiempos que lográbamos en los tornos automáticos y con la incorporación de alimentadores automáticos logramos aumentar la velocidad angular del torno (las rpm) disminuyendo el tiempo de ciclo de maquinado puesto que son inversamente proporcionales (a mayores rpm, mayor es el avance de la herramienta y por lo tanto menor es el tiempo requerido para completar un ciclo), además se van optimizando los programas reduciendo lo más posible dicho ciclo y en algunas piezas hemos logrado reducir hasta en 40% el ciclo de maquinado con respecto a un torno automático, sin contar el ahorro de tiempos muertos, de segundas operaciones y de pulido.

El costo de las herramientas para CNC aparentemente es muy elevado en comparación con los buriles, pero su tiempo de vida es mucho mayor, además una misma herramienta puede servir para una infinidad de siluetas, pues la silueta depende del programa CNC y no de la forma de la herramienta

El equipo CNC casi no requiere atención por lo que se reduce el costo de mano de obra; la cantidad de reprocesos y segundas operaciones también han disminuido significativamente, lo cual ha contribuido de manera importante en tener clientes satisfechos

Todas estas reducciones en costos y tiempo han permitido lograr mayor utilidad o en su defecto seguir siendo competitivos. Asimismo han permitido incrementar significativamente el número de piezas diferentes que se fabrican en la empresa así como también han permitido a MERSA desarrollarse como proveedor de varios clientes nuevos.

En la siguiente tabla se muestran algunos parámetros que reflejan el crecimiento de MERSA desde 1998 hasta la fecha.

año	empleados	equipos (máquinas)	equipos cnc	códigos totales	códigos cnc	códigos cnc/códigos totales	producción anual total	producción anual CNC	producción cnc/total
1998	30	25	0	35	0	0%	3,700,000	-	0%
1999	33	25	0	37	0	0%	4,070,000	-	0%
2000	37	25	0	40	0	0%	4,477,000	-	0%
2001	39	30	1	53	5	9%	4,800,000	300,000.00	6%
2002	40	30	1	60	7	12%	5,078,579	360,000.00	7%
2003	43	35	2	75	15	20%	5,868,017	648,000.00	11%
2004	60	50	2	96	27	28%	7,907,573	720,000.00	9%
2005	90	55	6	330	105	32%	10,519,910	2,160,000.00	21%
2006	145	63	8	490	180	37%	14,212,332	2,880,000.00	20%
2007	163	67	11	770	291	38%	15,266,856	3,960,000.00	26%
2008	171	69	11	900	350	39%	16,793,542	3,960,000.00	24%

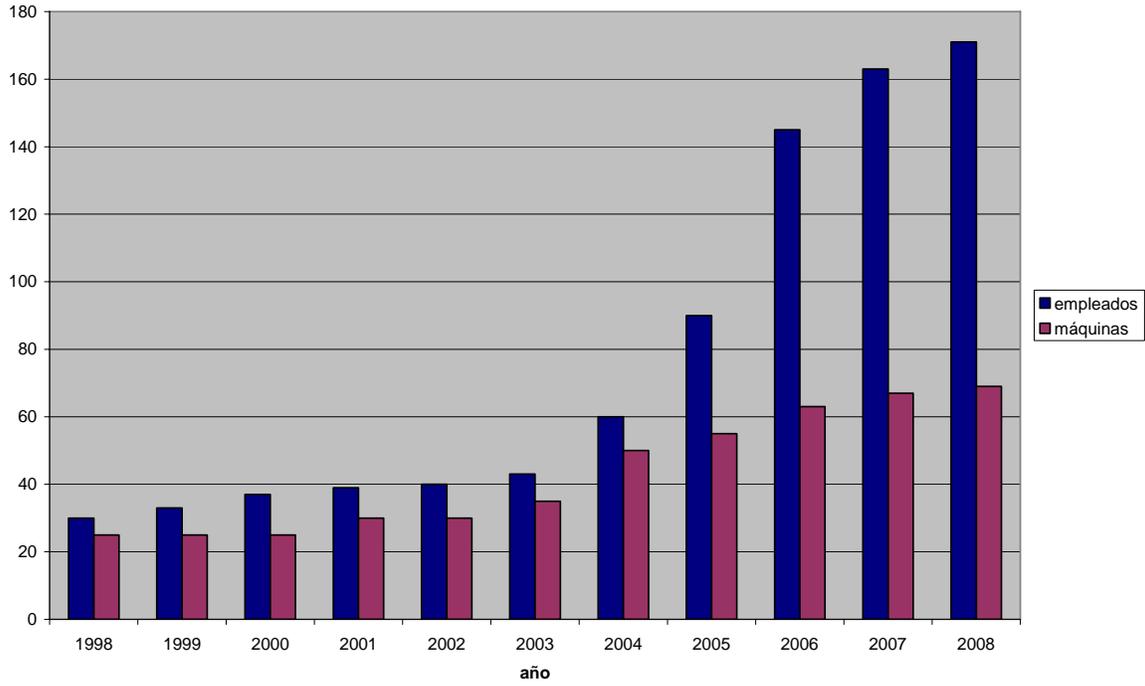
Para ilustrar más claramente dicho crecimiento a continuación se presentan varias gráficas que muestran el comportamiento de diferentes indicadores a lo largo del periodo mencionado.

En la **gráfica 1** se ve claramente que entre los años 2003 y 2006 se da el crecimiento más significativo en cuanto al número de empleados se refiere. Sin embargo el número de máquinas no crece en la misma proporción, lo cual parece contradictorio con la idea de automatizar mediante CNC, pero si consideramos que hasta el 2004 se trabajaba un solo turno de lunes a sábado y que a partir de 2005 se empezó a trabajar con dos turnos en toda el área de producción y desde el año 2006 el área de CNC trabaja 24 horas diarias, siete días de la semana; ya no resulta tan ilógico.

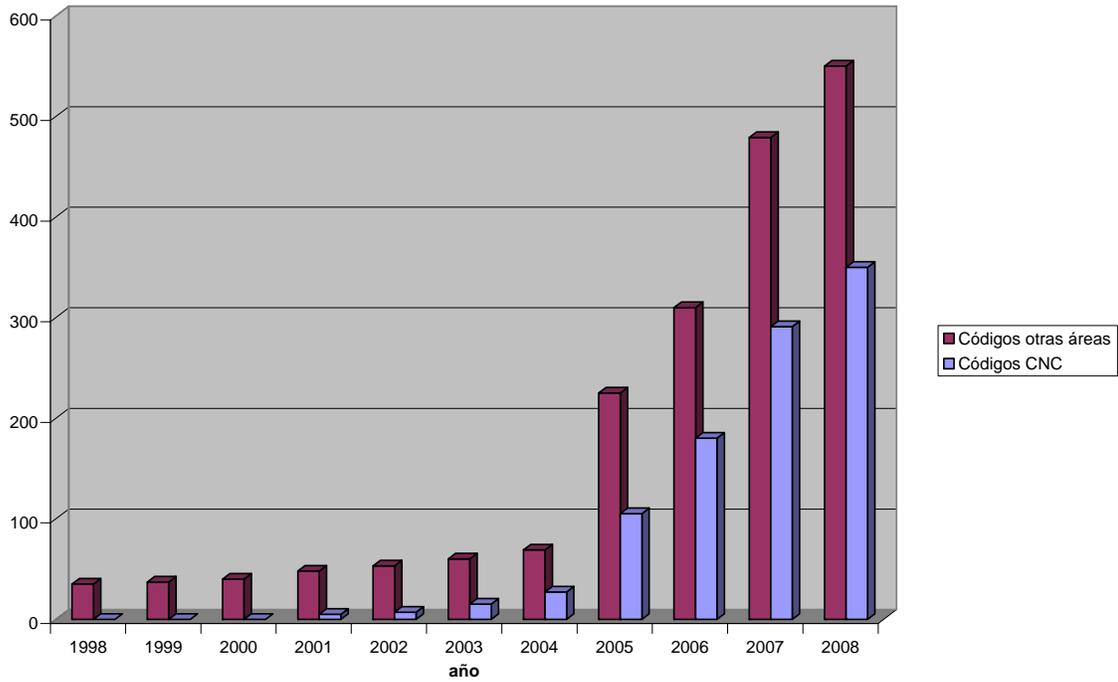
A partir del año 2004 se dispara de forma importante el número de piezas diferentes o códigos que se fabrican en toda la empresa y en particular dentro del área de CNC, lo cual se refleja en la **gráfica 2**.

La **gráfica 3** compara la producción anual del área de CNC con la producción anual del resto de las áreas. Definitivamente las otras áreas tienen mayor volumen de producción, pero recordemos que el equipo CNC es ideal para piezas complejas y de mucha precisión, pero de mediano o bajo volumen de producción; de modo que las piezas de alto volumen resultan más adecuadas para otro tipo de equipos.

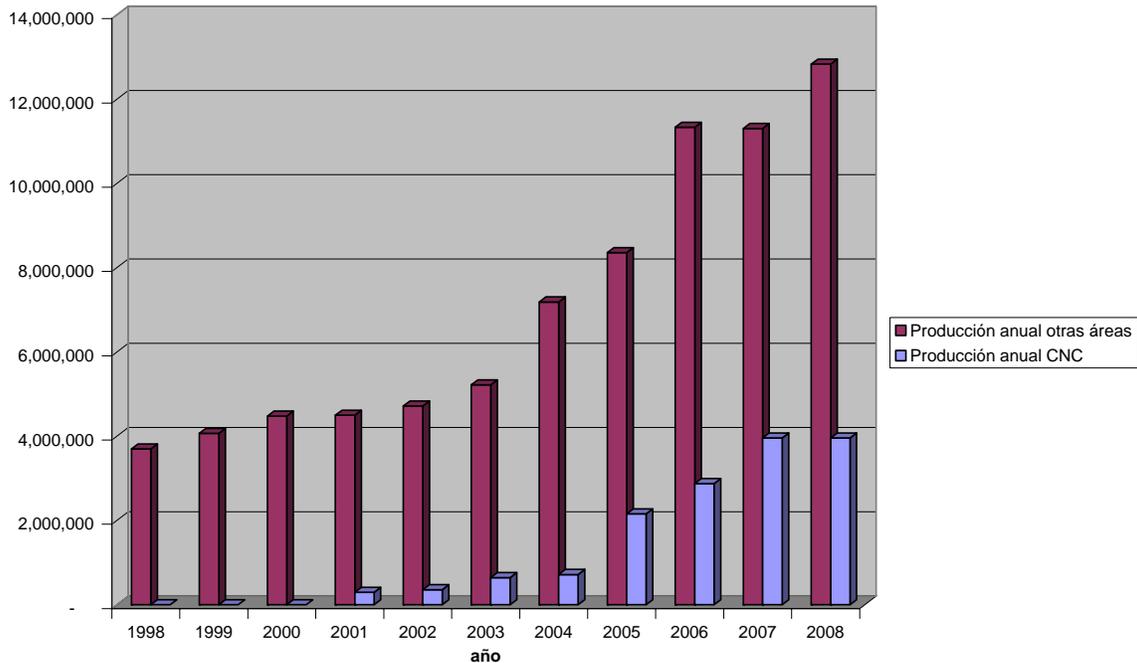
Gráfica 1



Gráfica 2

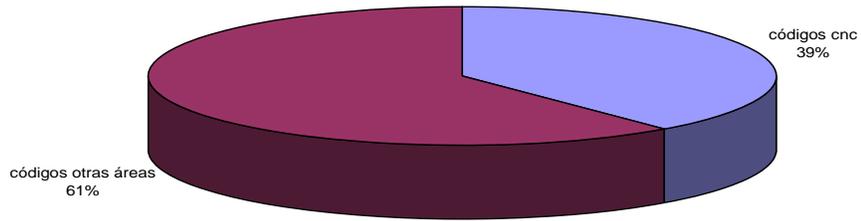


Gráfica 3

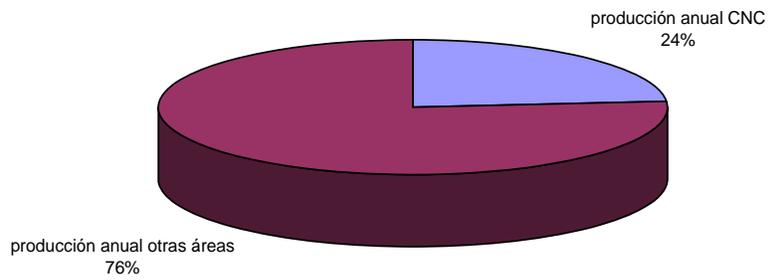


En el año 2001 MERSA introdujo la tecnología CNC en sus procesos de producción y al día de hoy el área de CNC tiene una participación significativa. Casi el 40% de los distintos códigos que se fabrican actualmente en MERSA se producen en el área de CNC y prácticamente la cuarta parte de la producción total sale de la misma área y si no olvidamos que CNC fabrica los códigos de mediana y baja producción resulta más significativa esta participación. Esto se ilustra más claramente en la **gráfica 4** y en la **gráfica 5**.

Gráfica 4



Gráfica 5



CONCLUSIONES

MERSA no habría llegado hasta donde hoy se encuentra de no haber adoptado la tecnología CNC en sus procesos de producción, todas las ventajas de esta tecnología tratadas a lo largo de este trabajo han permitido que MERSA no solo se mantenga como una empresa competitiva, sino que además ha provocado su crecimiento de entre cinco y seis veces a lo largo de los últimos diez años y la tendencia es a seguir creciendo.

La tecnología CNC ha permitido mejorar significativamente la calidad de nuestros productos, reduciendo casi a cero los reprocesos y segundas operaciones. Entre los planes a corto plazo está el conseguir la certificación ISO-9000.

La adquisición de tornos CNC, ha permitido a MERSA aumentar enormemente el volumen de producción y la diversidad de piezas, ha permitido fabricar piezas que antes eran impensables, ha ayudado a desarrollar nuevos productos y nuevos clientes. Al mismo tiempo se ha notado una reducción de costos gracias al descenso que se ha logrado en los niveles de desperdicio, así como la disminución en tiempos muertos al cambiar de un modelo a otro. Los costos de producción también se han minimizado gracias a la eliminación o reducción de segundas operaciones y pulido dado que se logran piezas terminadas y con un acabado superficial que muchas veces no requiere pulido o en su defecto requiere sólo de un ligero abrillantado.

La incorporación de equipo CNC dentro del proceso de producción, no solamente ayudó a mejorar enormemente la producción y la calidad de los productos que fabrica MERSA, sino que también me permitió practicar algunos aspectos de mi carrera como corte de materiales y diseño y manufactura asistidos por computadora. Los conocimientos de dichas materias me ayudaron enormemente a abordar el problema, aunque tuve que aprender por mí mismo muchas otras cosas como dominar bien el CAD. Muchos de los conocimientos que requiero en mi trabajo no me fueron proporcionados en la Facultad, pero sí creo que recibí los fundamentos necesarios. En mi caso particular me hubiera ayudado mucho, mayor énfasis en las materias mencionadas, y mayor contacto real con las máquinas, pues mis conocimientos de CNC se basaron sólo en simuladores.

En mi trabajo profesional he aprendido a dominar *software* de diseño, pero constantemente se desarrolla nuevo *software* por lo que debo mantenerme actualizado; también he logrado programar tornos CNC gracias a los conocimientos adquiridos en la facultad y al curso de capacitación impartido por el fabricante de los tornos y me siento capaz de hacer programas CNC para cualquier tipo de pieza torneada.

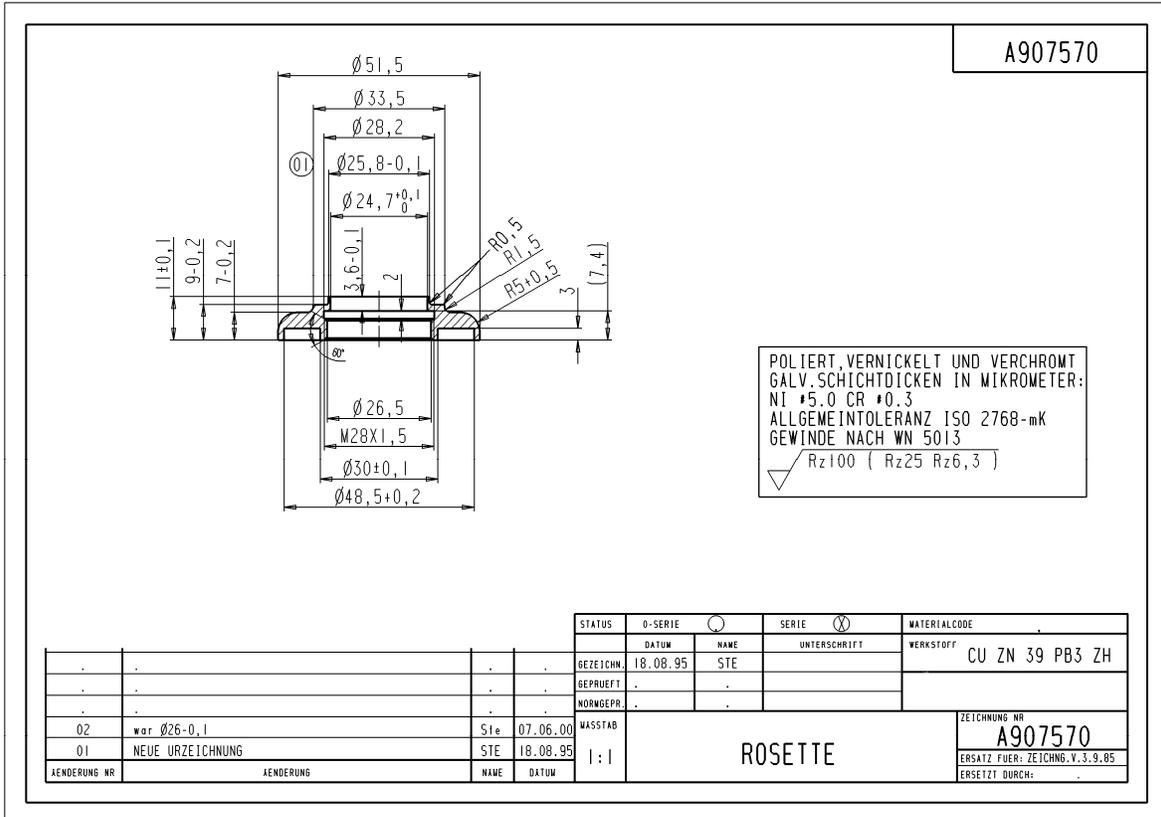
BIBLIOGRAFÍA

- Misión y Función del Supervisor
- Cuaderno de Trabajo de las Cinco Eses
Agosto 2005
- Reglamento de Maquinados Especializados Rusave
- Curso de C.N.C. de Torno Guss & Roch
Octubre 2003
- Curso de C.N.C. de Centro de Maquinado Guss & Roch
Octubre 2003
- Programming Guide (300E)
División CNC
Guss & Roch
- User's Guide Smart Model 300 E
División CNC Guss and Roch
- Ect. Drawing, Ect. Parts list, I/O/A Bits Meaning, PLC Ladder, G.M. Code
Meaning (Smart Model: 300E)
División CNC
Guss & Roch
- Main Catalog
Sandvik Coromant
2008
- Nuevas Herramientas
Sandvik Coromant
2008
- <http://www.quiminet.com.mx/pr7/tornos+cnc.htm>
- www.quicktech.com.tw
- www.poliangolar.com
- Mitsubishi AC Spindle Drive. MDS-A-SPJA Series
Specifications and Maintenance Manual

- Catálogo Horn. Herramientas de metal duro de ranurado 2005/2006
- Mitsubishi General Purpose AC Servo
MELSERVO-J2-Super Series. General Purpose Interface MR-J2S-_A
Servo Amplifier. Instruction Manual
- Mitsubishi Transistorized Inverter. FR-A500. Instruction Manual

ANEXOS

ANEXO 1



ANEXO 2

Microsoft Excel - CONSUMO MATERIALES

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Arial 10

	A	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Q
1				densidad tablas	densidad teórica		long. Barra	sobrante barra	long. Efect				
2				(Kg/m3)	(Kg/m3)		(m)	(m)	(m)				
3				8492	8470		3.66	0.16	3.5				
5						A	B						
6	Código	Forma	medida	medida	peso barra	long.	corte	A+B	pzas/	pzas/	barras/	bruto	
7	Pieza	Barra	pulg	mm	Kg/barra	pza. (m)	(m)	(m)	barra	24 hr	24 hr	Kg/pza	
13	A903005	redonda	1 1/16	26.988	17.7790	0.027	0.004	0.031	112	300	3	0.1587	
14	A903057	redonda	15/16	23.813	13.8417	0.047	0.004	0.051	68	1200	18	0.2036	
15	A903798	redonda	9/16	14.288	4.9830	0.053	0.01	0.063	55	300	6	0.0906	
16	A903807	redonda	5/8	15.875	6.1519	0.057	0.01	0.067	52	300	6	0.1183	
29	A911353	redonda	1 1/16	26.988	17.7790	0.03	0.006	0.036	97	1000	11	0.1833	
31	A911406	hexagonal	1 1/16	26.988	19.70410	0.089	0.006	0.095	36	1200	34	0.5446	
37	A917364	redonda	7/16	11.113	5.0144	0.08	0.004	0.084	41	1000	25	0.0735	
38	A918061	redonda	1 3/16	30.163	22.2083	0.042	0.004	0.046	76	1000	14	0.2922	
47	M903700	redonda	9/16	14.288	4.9830	0.059	0.01	0.069	50	700	14	0.0997	
93	A907570	redonda	2 1/16	52.388	66.9941	0.011	0.004	0.015	233	1200	6	0.2875	
94	A907628	redonda	2 3/16	55.563	75.3606	0.017	0.004	0.021	166	1200	8	0.4540	
96	A909718	redonda	2 3/8	60.325	88.8333	0.006	0.004	0.01	350	1500	5	0.2538	
173													
174	PALANCAS												
175	SM	redonda	11/16	17.463	7.4438	0.063	0.004	0.067	52			0.1431	
182	HERITAGE	redonda	13/16	20.638	10.3967	0.077	0.004	0.081	43	1500	35	0.2418	
183	ANTIQUITY	redonda	13/16	20.638	10.3967	0.042	0.004	0.046	76	1500	20	0.1368	

BARRAS / Lat. Red. / Lat. Hex. / Lat Cua. / ONE-AGOSTO / fer / pg / one /

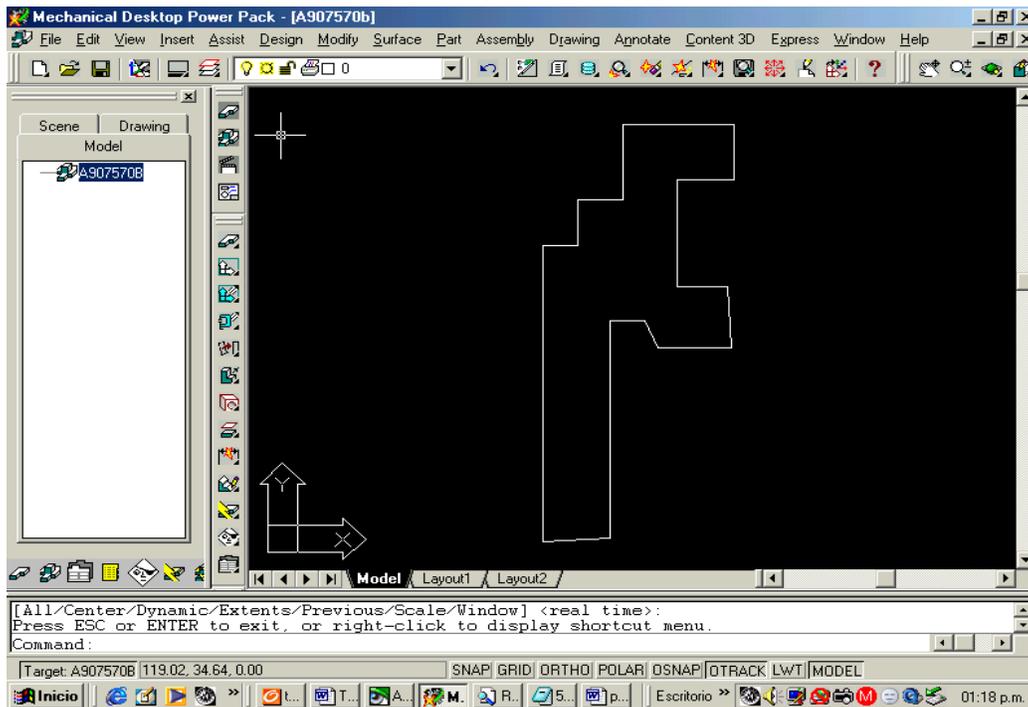
Listo NUM

Inicio | Escritorio | 06:08 p.m.

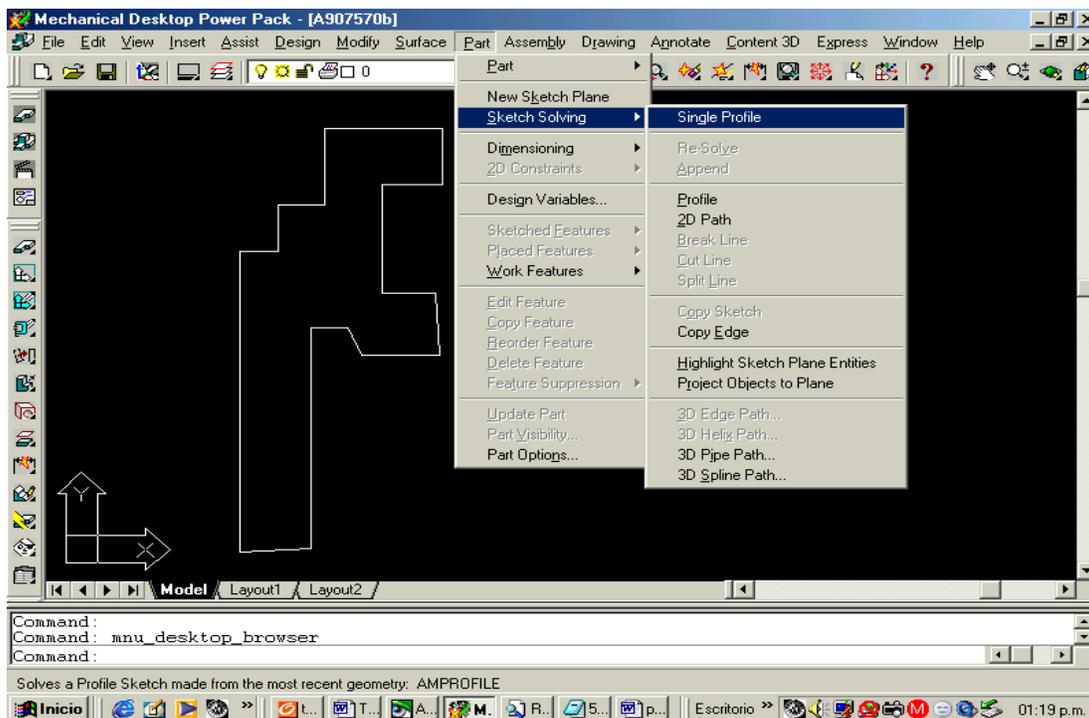
Fórmula para barras hexagonales

Fórmula para barras redondas

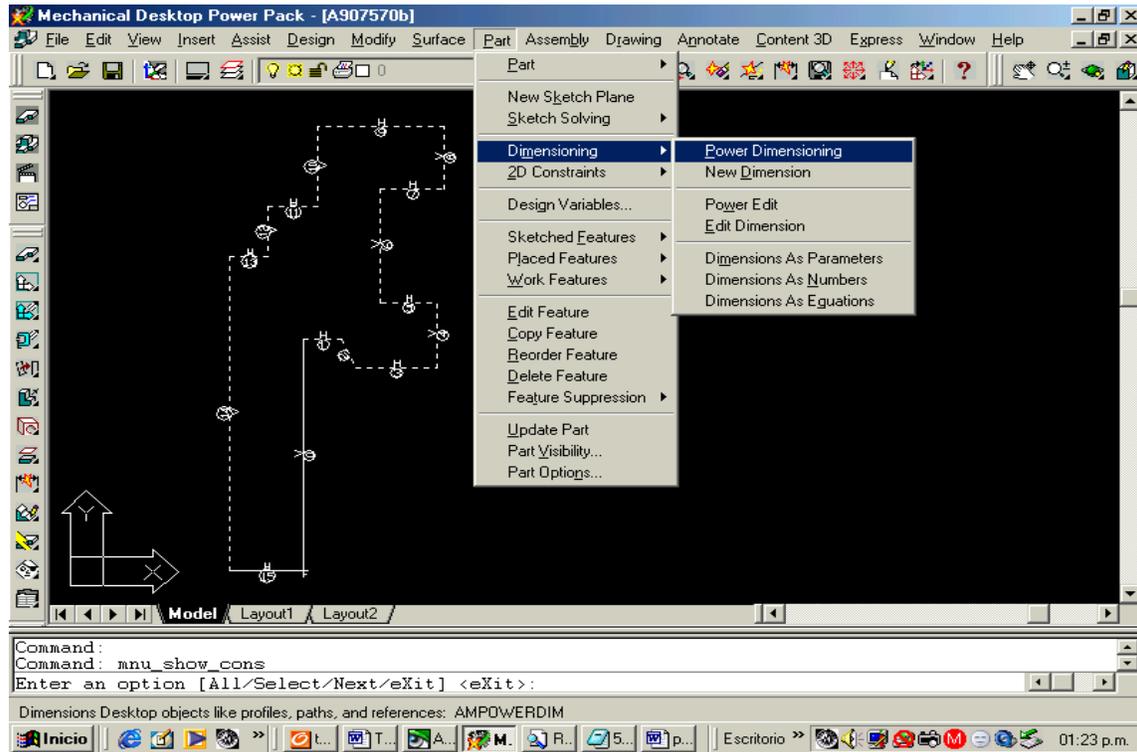
ANEXO 3



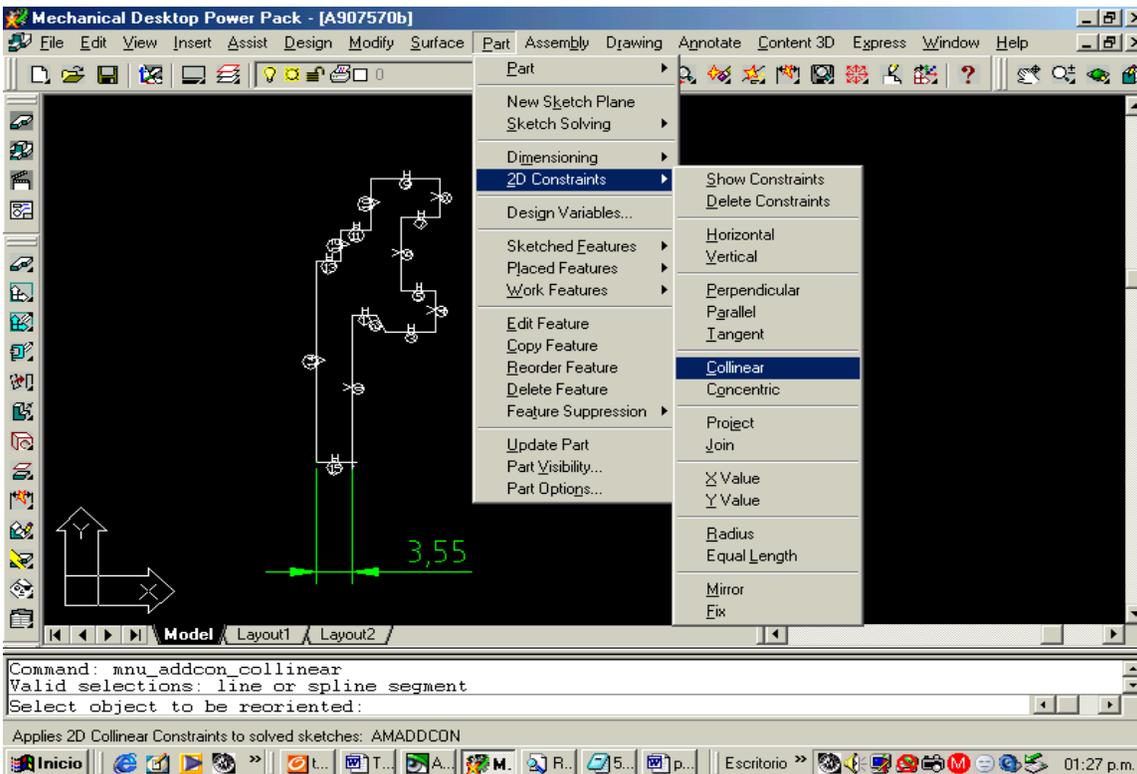
ANEXO 4



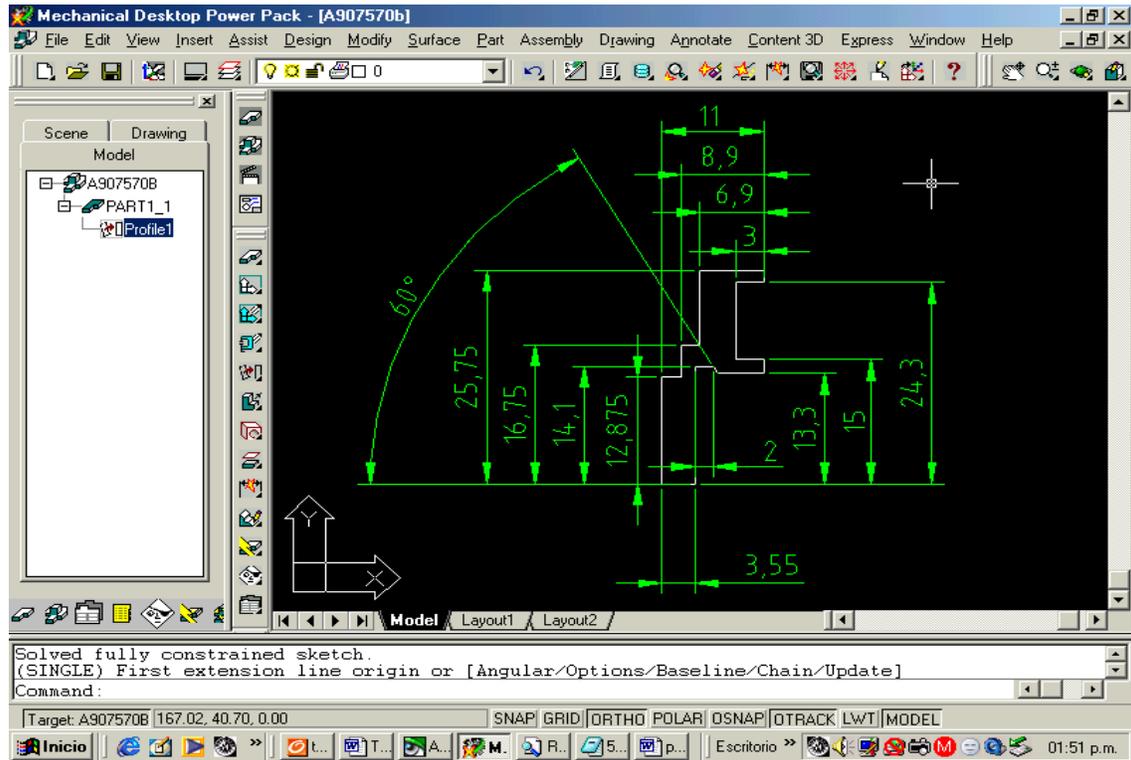
ANEXO 5.1



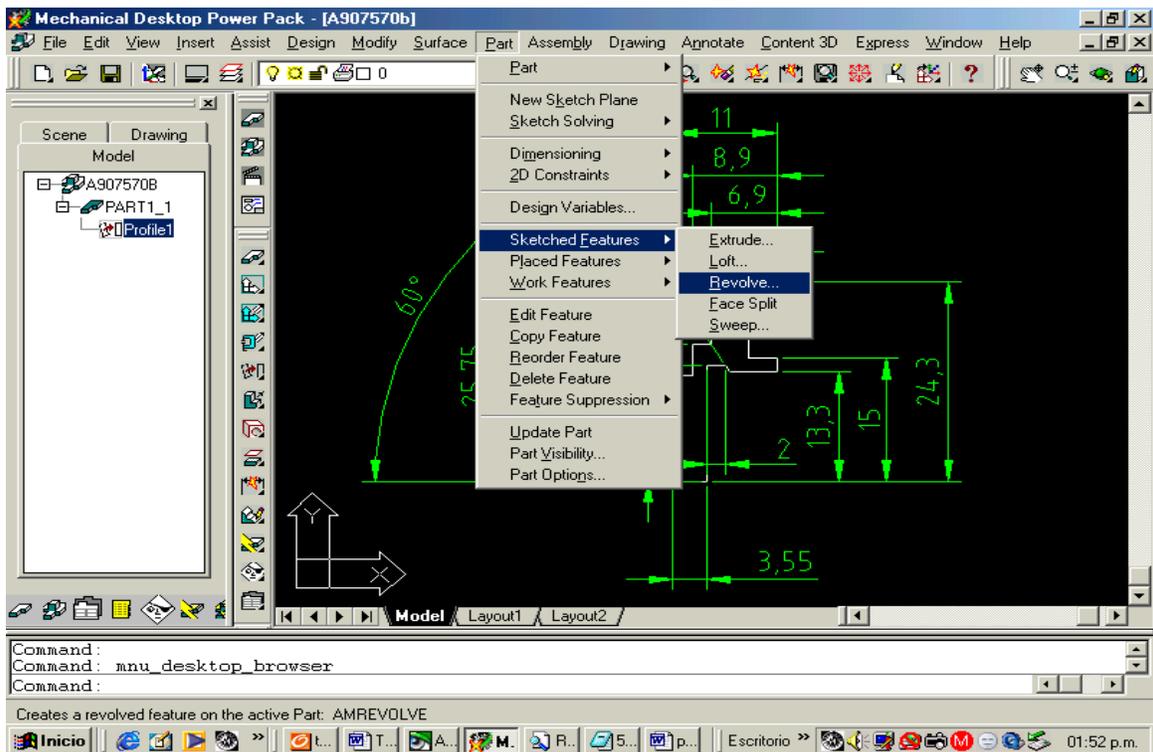
ANEXO 5.2



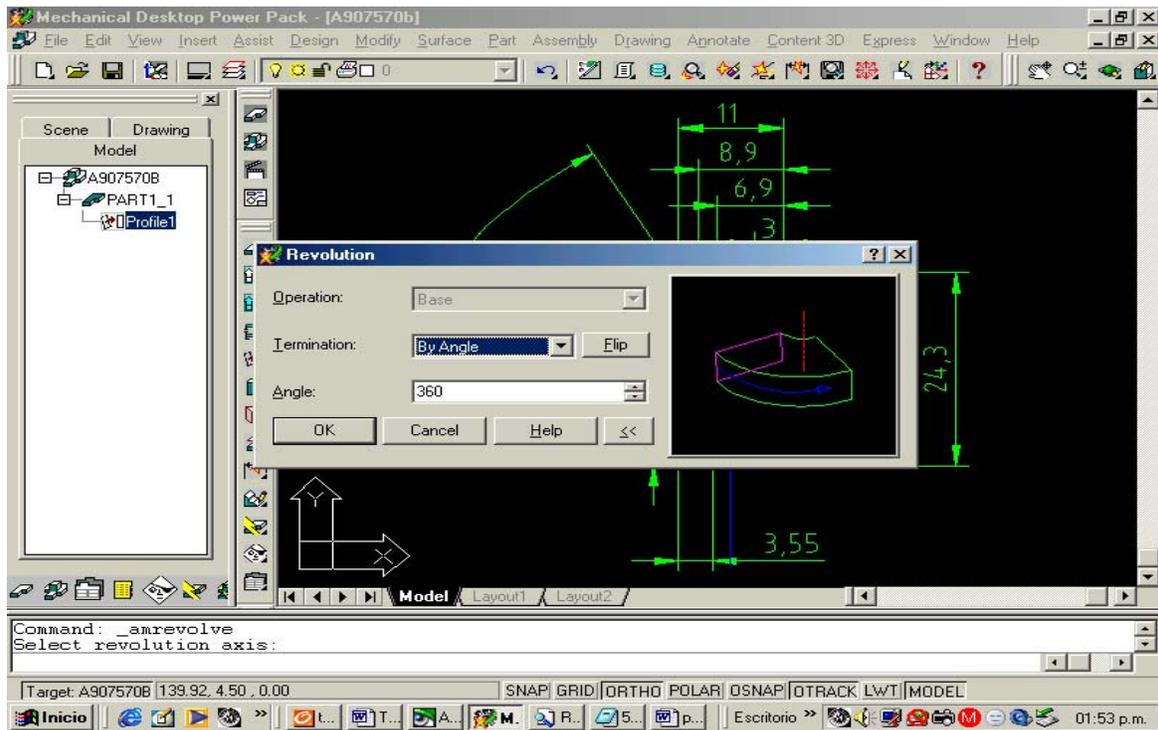
ANEXO 5.3



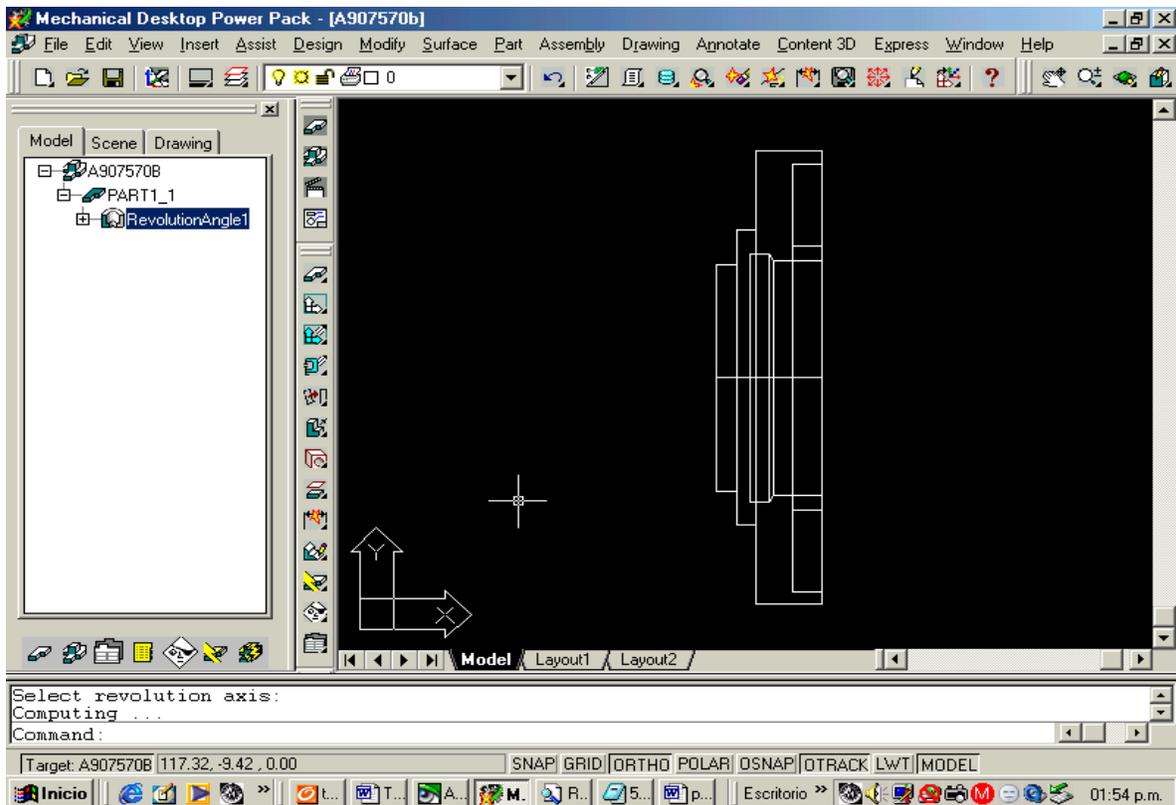
ANEXO 6.1



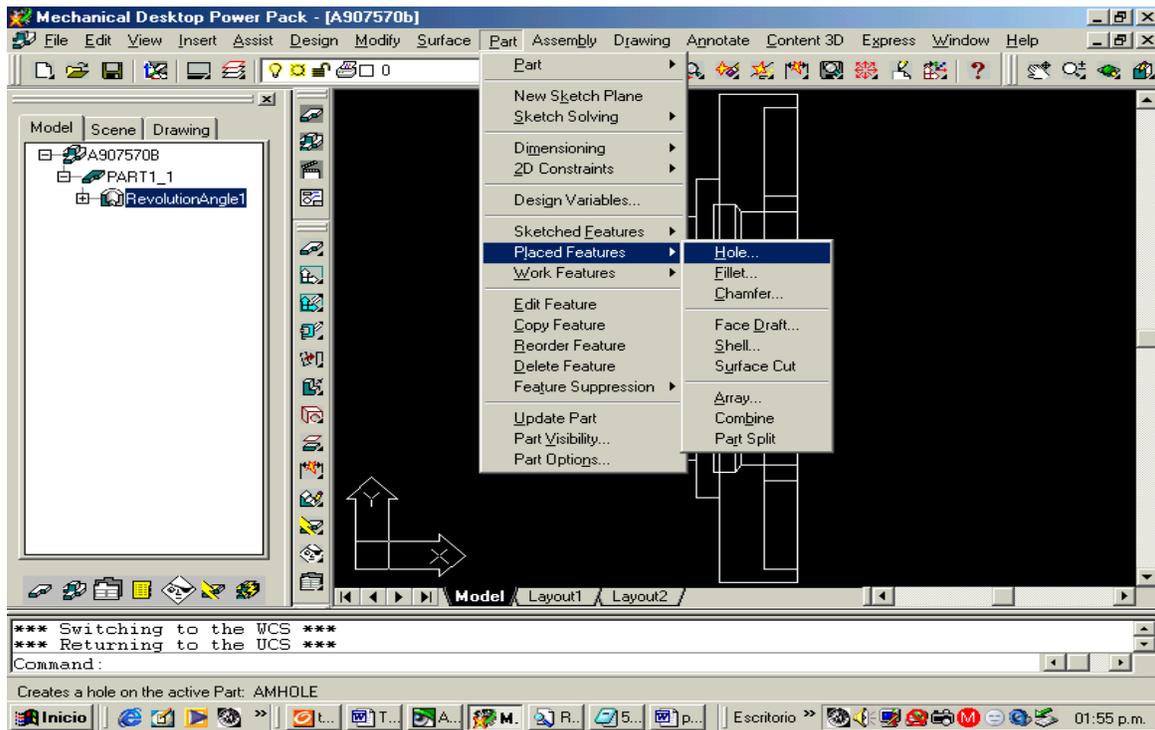
ANEXO 6.2



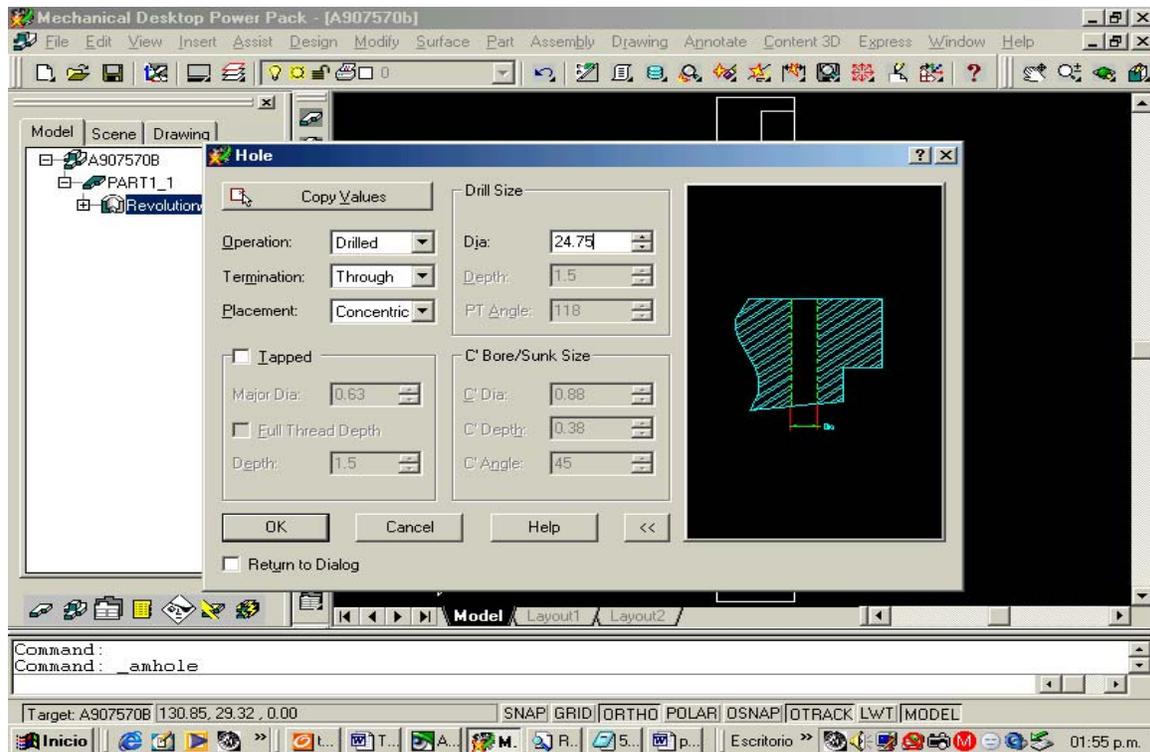
ANEXO 6.3



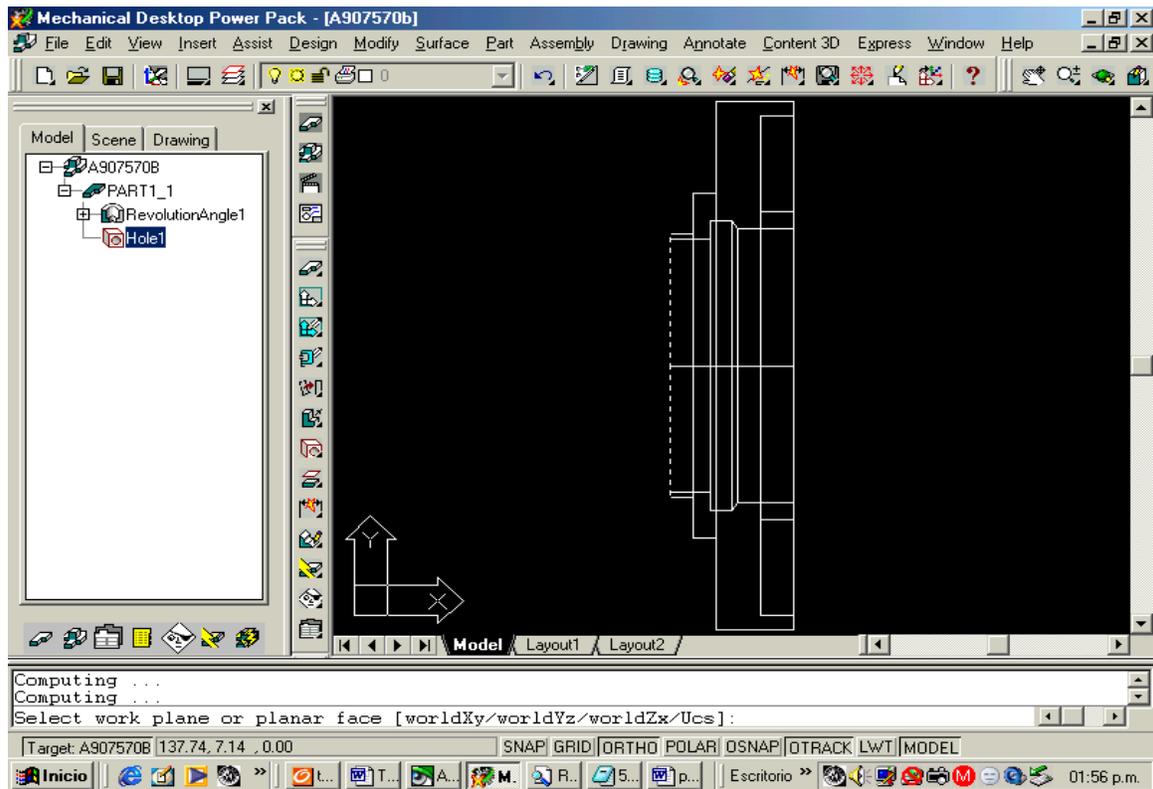
ANEXO 7.1



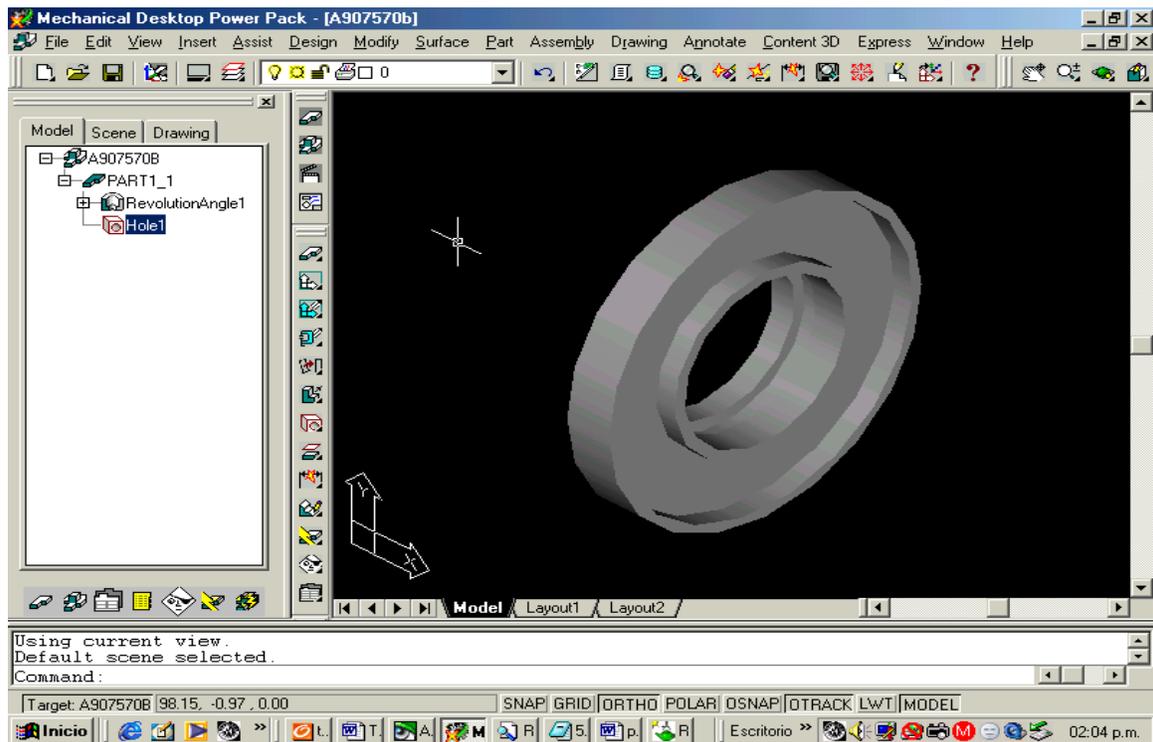
ANEXO 7.2



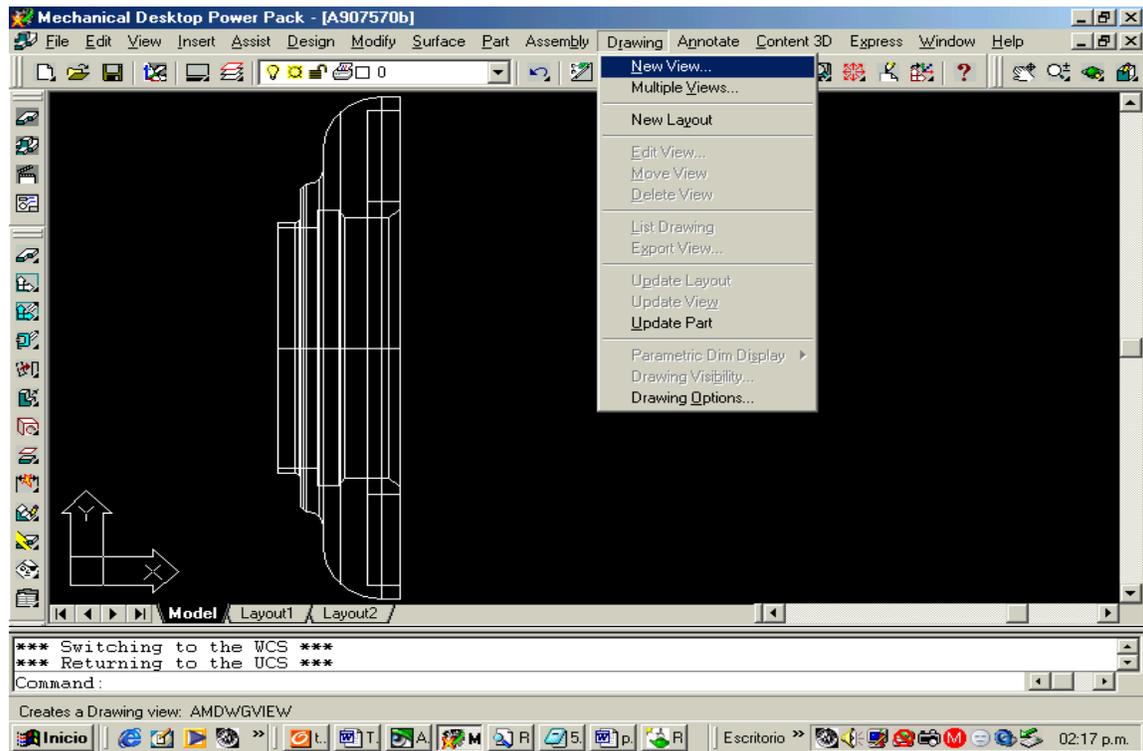
ANEXO 7.3



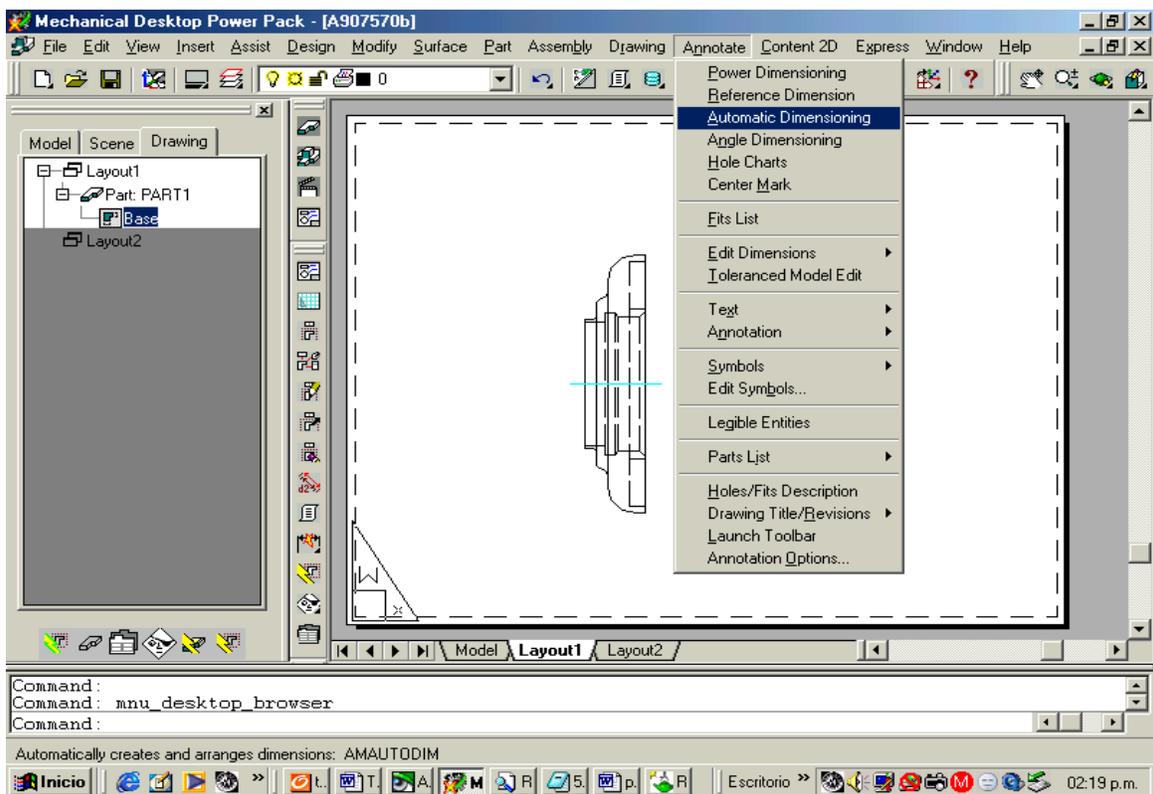
ANEXO 7.4



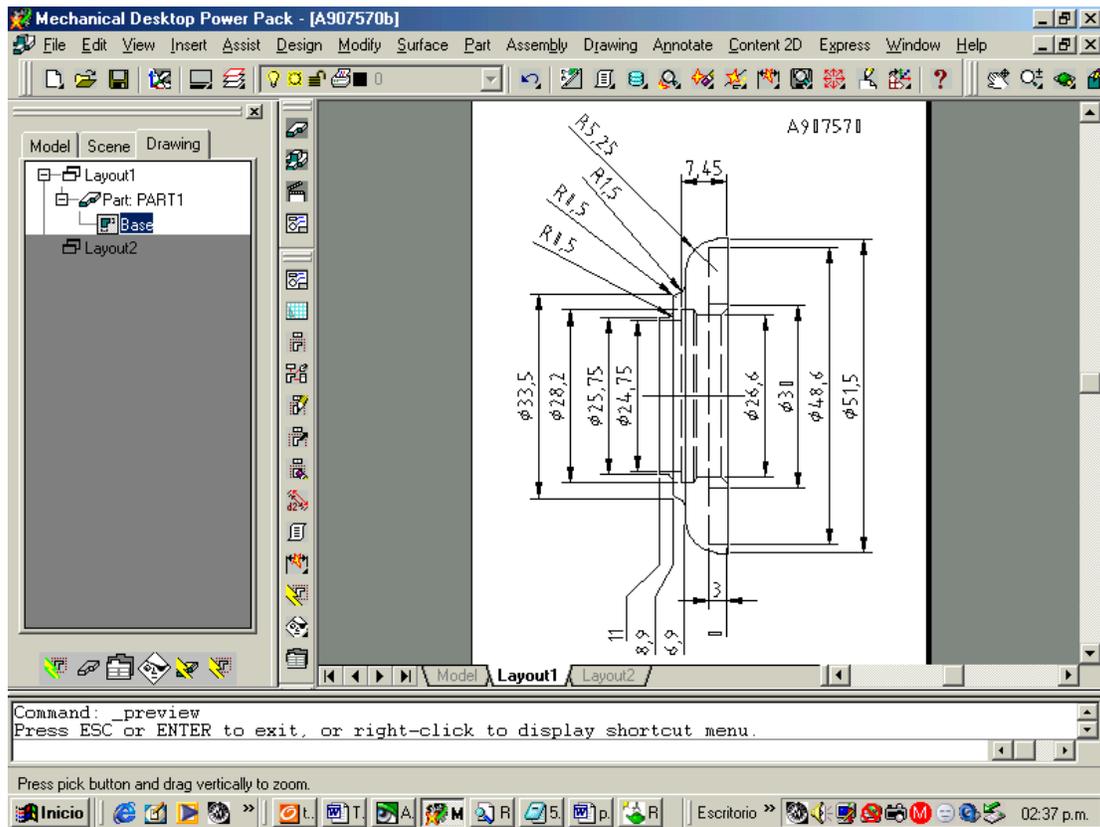
ANEXO 8.1



ANEXO 8.2



ANEXO 8.3



ANEXO 9



ANEXO 10.1

```

A907570 - Bloc de notas
Archivo Edición Buscar Ayuda
PROGRAMA A907570 BARRA 33/16)
$1
G04.1P1
G90G71G97G40G80G53
(G53X-25.0Z-125.0)
G54

N1(ALIMENTACION BARRA)
T10(TOPE)
G00X0.0Z20.0
M01
M05
M09
Z3.0

/M05
/M11
/G00Z-41.0
/M20
/M00

/G00X15.0Z60.0

/M21
/G94F2500

/X0.0Z-40.0
/G04X17.0
/X0.0
/M20
/M00
/G04X3.0
/M10
/M21
/G04X1.0
    
```

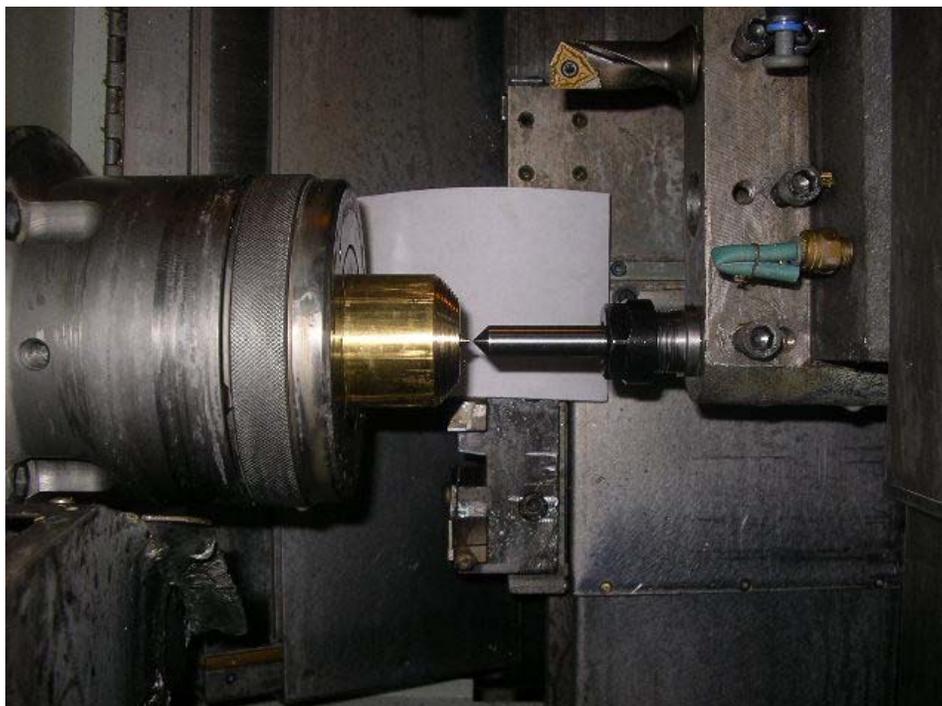
ANEXO 10.2

LINEA	X	Y	Z	FECHA	HORA	PROGRAMA
92	5402	06/07/07	09:06	pm	PROGRAMA A906671 BARRA 2-3/8	
A906692	2351	06/07/07	11:54	pm	PROGRAMA A906671 BARRA 2-3/8	
A906190	2074	05/15/08	04:10	pm	PROGRAMA A906190 BARRA 2-1/16	
A907522	6124	09/21/07	00:52	pm	PROGRAMA A907522 BARRA 2-1/4	
A907522B	6540	07/29/07	11:04	am	PROGRAMA A907522 BARRA 2-1/4	
A907523	1000	08/07/07	09:57	am	PROGRAMA A907523 BARRA 1-3/8	
A907570	6460	05/22/08	08:45	am	PROGRAMA A907570 BARRA 33/16	
A907620	7121	01/24/08	06:37	pm	PROGRAMA A907620 BARRA 9/4	
A907975	2679	01/09/07	10:40	am	(PROGRAMA A907975 BARRA 2-3/8)	
A909720	2610	01/11/08	06:57	pm	(PROGRAMA A909720 BARRA 1-1/2)	
A909721	2763	11/26/07	10:43	pm	(PROGRAMA A909721 BARRA 1-3/4)	
A914412	3001	05/20/07	00:35	am	PROGRAMA A907604 BARRA 1-15/16 0 2	
A914453	2006	06/13/07	00:25	pm	PROGRAMA A914453 BARRA 2"	
AD900547	1946	06/13/07	00:09	pm	(PROGRAMA A900547 BARRA 2-1/8 0 2-1/4)	
AD907620	7132	01/24/08	07:39	pm	PROGRAMA A907620 BARRA 9/4	
AD909720	2579	03/20/07	06:29	pm	(PROGRAMA A909720 BARRA 1-1/2)	
B907565	5690	04/17/08	07:09	pm	PROGRAMA A907565 BARRA 33/16	
CHAPETON	1770	12/11/05	06:40	pm	PROGRAMA BASE ACCESORIOS BARRA 2 PULO	
D303	4117	03/14/08	03:02	pm	PROGRAMA M921303 BARRA 1-11/16	
D565	5754	04/17/08	09:42	pm	PROGRAMA A907565 BARRA 2-1/16	
D900506	2531	04/01/08	04:20	pm	PROGRAMA M900506 BARRA 2 3/16 0 2-1/4	

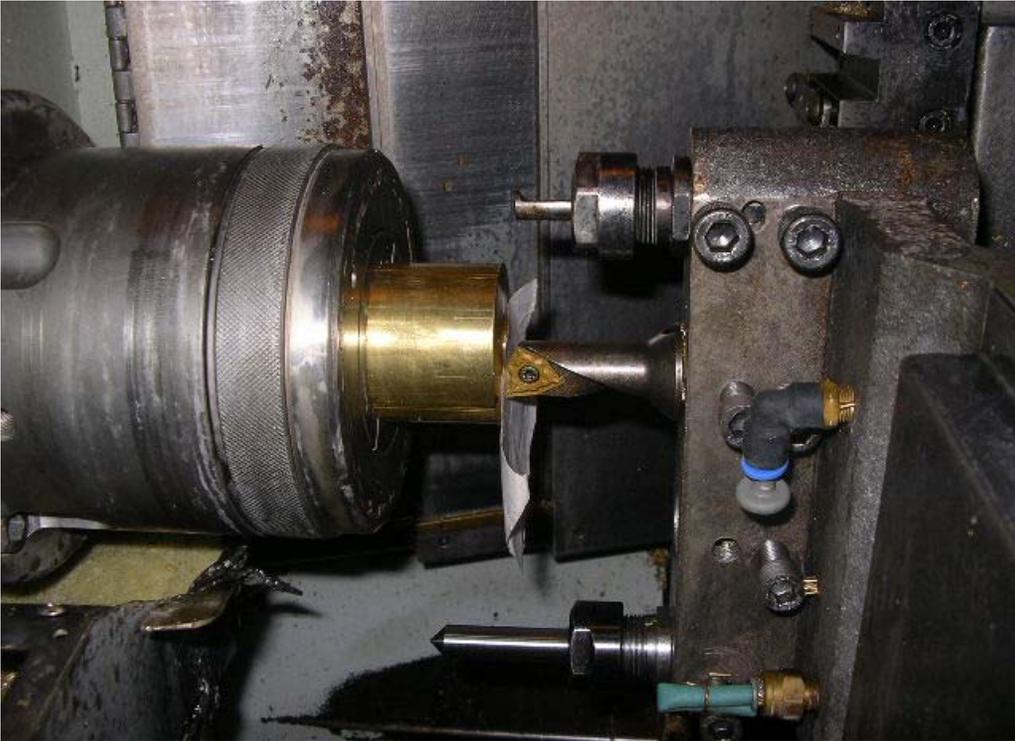
ANEXO 10.3



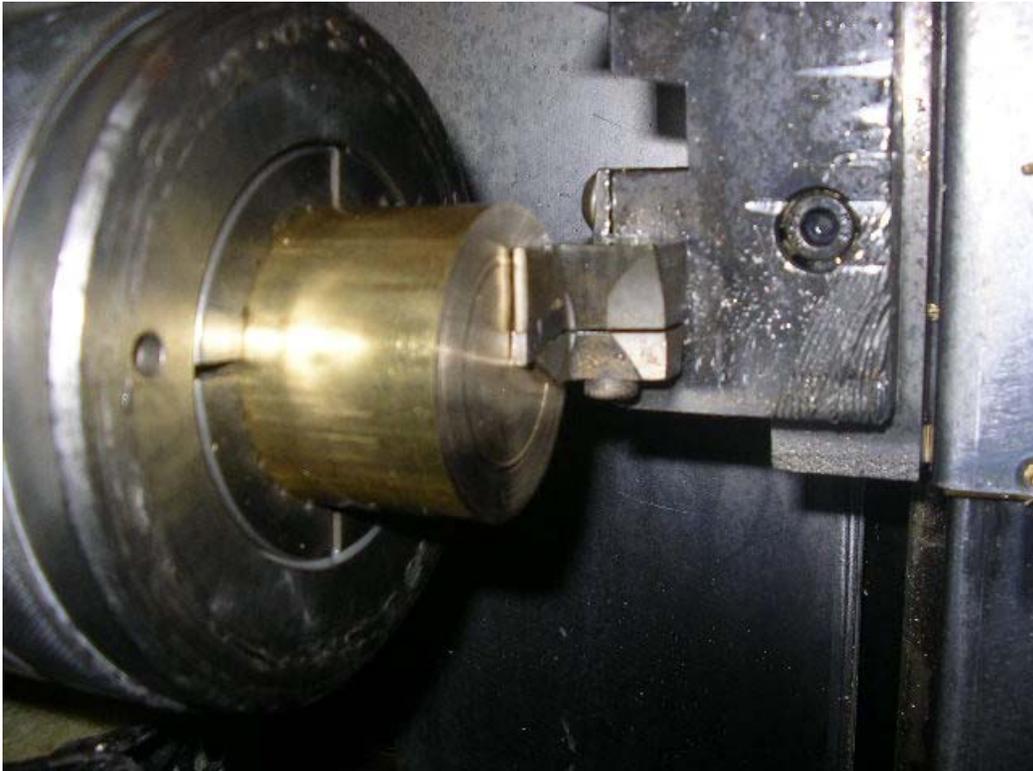
ANEXO 11.1



ANEXO 11.2



ANEXO 11.3



ANEXO 11.4



ANEXO 11.5

GS4 8987578 NB L1 MONITOR 28:03:25 2008/06/02

MODO (A:ABS.; I:INC.) INC
(X..Z:PRESENTA)

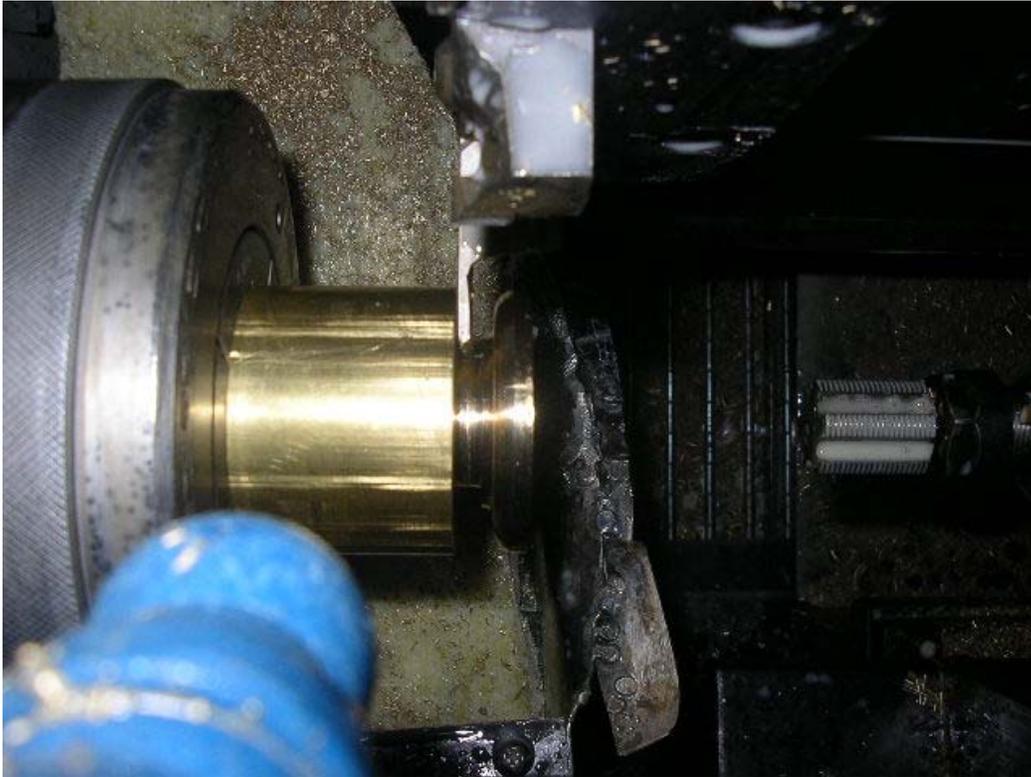
LONG. HTA. ABSOLUTA

	X LONG.	Y LONG.	Z LONG.	X1 LONG.	Z1 LONG.	X	Z	Y	X1
13	0.000	0.000	0.000	-292.999	163.439	-119.200	-186.705	21.000	-210.231
14	0.000	0.000	0.000	48.622	-49.960				
15	0.000	-72.398	0.000	0.000	0.000				
16	-177.396	-103.030	-106.483	0.000	0.000				
17	-177.771	-72.400	-122.236	0.000	0.000				
18	-106.077	-40.700	-102.203	0.000	0.000				
19	-170.969	21.900	-73.634	0.000	0.000				
20	-150.600	20.531	-105.340	0.000	0.000				
21	0.000	0.000	0.000	-302.190	-159.070				
22	0.000	0.000	0.000	-192.527	-101.070				
23	0.000	0.000	0.000	-67.076	-121.430				
24	0.000	0.000	0.000	45.407	-102.000				

READY INC

DESCASTE HTA.	LONG. HTA.	HARTZ HTA.	BEBIDA HTA.
---------------	------------	------------	-------------

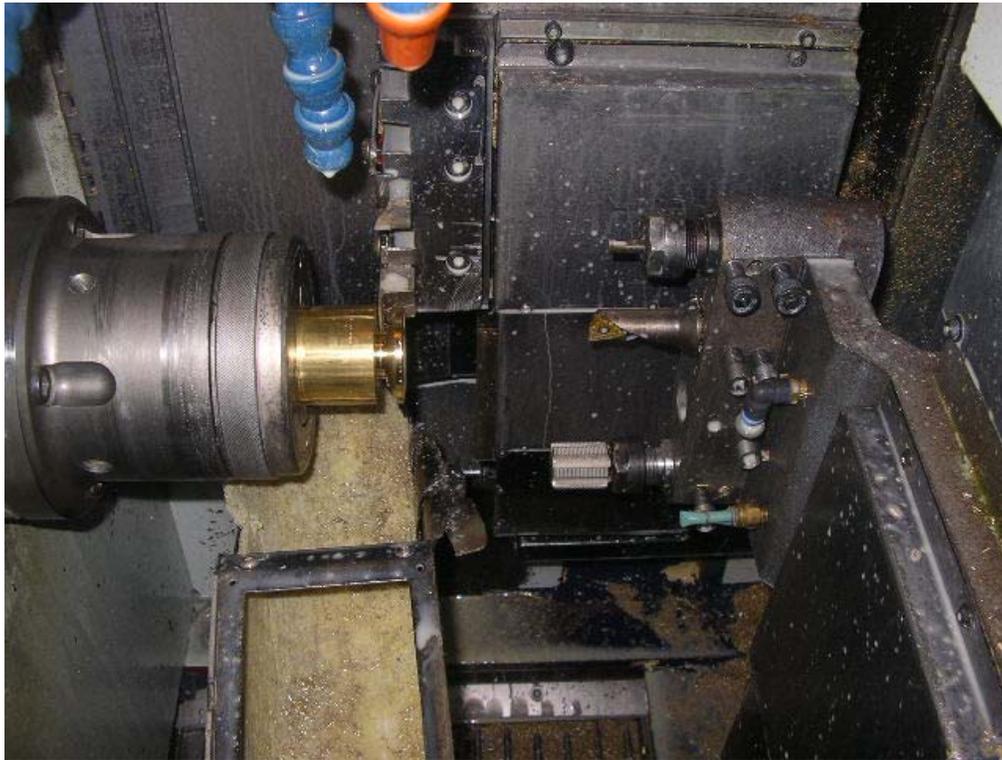
ANEXO 12.1



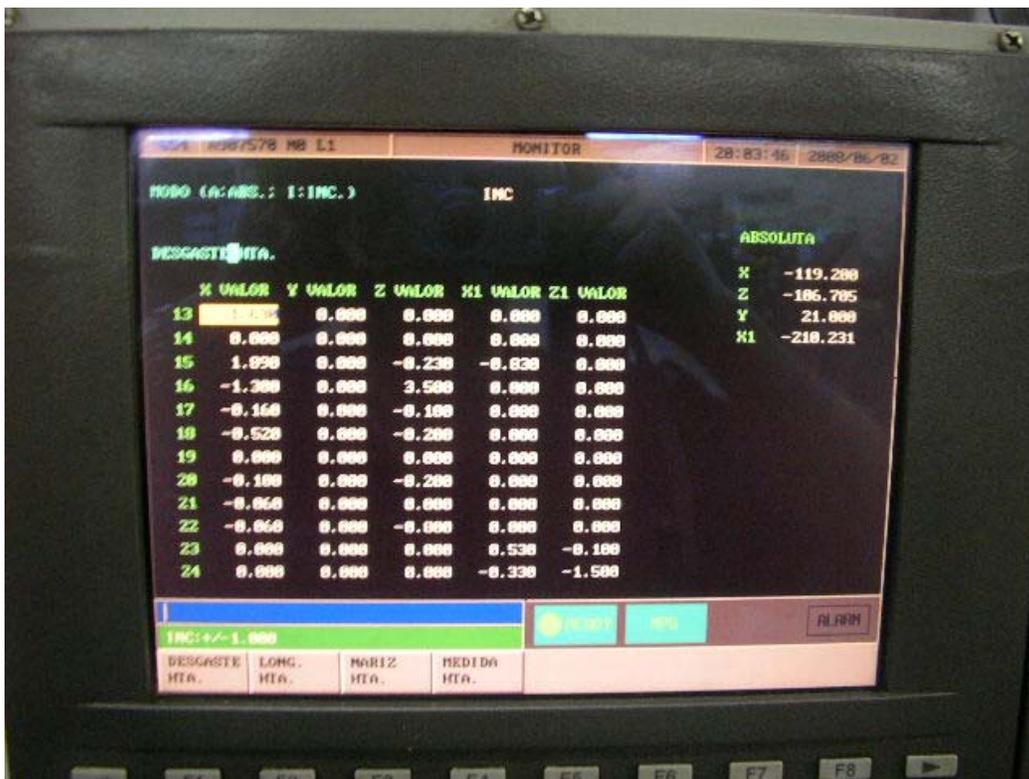
ANEXO 12.2



ANEXO 12.3



ANEXO 12.4



ANEXO 12.5

