



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON**

23

**UTILIZACION DE MAQUINAS HERRAMIENTA DE
CONTROL NUMERICO EN INDUSTRIA METAL
MECANICA DE ALTA PRODUCCION**

Sist. 45030

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

RAYMUNDO CEDILLO MENDEZ

MEXICO, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

RAYMUNDO CEDILLO MENDEZ
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 18 de agosto del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSE LUIS CORNEJO CASTANEDA pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " UTILIZACION DE MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO EN INDUSTRIA DE ALTA PRODUCCION ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., septiembre 22 de 1986
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO GUERRERO VERDEJO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería (26)
Unidad Académica
Departamento de Servicios Escolares
Asesor de Tesis

SGV/AMCP/bro.

LIC. ARTURO MUÑOZ COTA PEREZ
JEFE DE LA UNIDAD ACADÉMICA
P R E S E N T E .

[Handwritten mark]

Por medio de la presente me permito comunicar a usted que el señor RAYMUNDO CEDILLO MENDEZ, pasante de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica del Área Mecánica, ha concluido su trabajo de tesis cuyo título es:

"UTILIZACION DE MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO EN LA INDUSTRIA DE ALTA PRODUCCION"

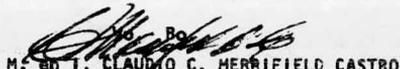
Este trabajo ha sido revisado y aprobado por el suscrito, por lo que agradeceré a usted se sirva autorizar su impresión y se fije la fecha para el Examen Profesional.

Sin otro particular aprovecho la ocasión para reiterarme a sus apreciables y distinguidas órdenes.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

San Juan de Aragón, Edo. de México, junio 2 de 1987.


ING. JOSÉ LUIS CORNEJO CASTAÑEDA
DIRECTOR DE TESIS


M. EN I. CLAUDIO C. HERRIFIELD CASTRO
COORDINADOR DEL AREA DE INGENIERIA

EGU/luz.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON
UNIDAD ACADÉMICA

M. en I. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO
COORDINADOR DEL AREA DE INGENIERIA,
P R E S E N T E .

En relación a su solicitud de fecha 3 de junio del año en curso, por la que se comunica que el alumno RAYMUNDO CEDILLO MENDEZ, de la carrera de INGENIERIA MECANICA ELECTRI CA, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "UTILI ZACION DE MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO EN LA IN DUSTRIA DE ALTA PRODUCCION", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión, así como la iniciación de los trámites correspondientes para la ce lebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi atenta con sideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., junio 4 de 1937.
EL JEFE DE LA UNIDAD

LIC. ARTURO MUÑOZ COTA PEREZ

 c.c.p.- Gra. Gloria Bech Germán.- Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
- Asesor de Tesis.
~~- Interesado.~~

'ejc.



A mis padres.

A mis hermanos, maestros, condiscípulos, compañeros de trabajo y amigos que de alguna forma directa o indirecta recibí su ayuda.

A la U.N.A.M.

Por brindarme la oportunidad de superación.

I N D I C E

| | Págs. |
|---|-------|
| INTRODUCCION..... | 1 |
| CAPITULO I. | |
| CONTROL NUMERICO | |
| 1.1 Generalidades..... | 6 |
| 1.2 Proceso de control numérico..... | 11 |
| 1.3 Posición del factor humano ante equipo de control numérico computarizado..... | 19 |
| CAPITULO II. | |
| MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO | |
| 2.1 Clasificación de los equipos de control numérico computarizado..... | 21 |
| 2.2 Elementos constitutivos de las máquinas de control numérico computarizado..... | 34 |
| 2.3 Operación de las máquinas de control numérico computarizado..... | 42 |
| 2.4 Programación de las máquinas de control numérico computarizado..... | 52 |
| CAPITULO III. | |
| APLICACION DE EQUIPO DE CONTROL NUMERO EN EMPRESA DE ALTA PRODUCCION | |
| 3.1 Criterios de fabricación de piezas | |

| | Págs. |
|--|-------|
| en control numérico computarizado..... | 80 |
| 3.2 Ventajas de la utilización de equipo | |
| de control numérico computarizado..... | 82 |
| | |
| CAPITULO IV. | |
| ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MAQUINAS CONTROLADAS NUMERICAMENTE Y MAQUINARIA CONVENCIONAL | |
| 4.1 Eficiencia de Manufactura..... | 86 |
| 4.2 Gastos de fabricación..... | 93 |
| | |
| CONCLUSIONES..... | 95 |
| | |
| COMENTARIO..... | 99 |
| | |
| ANEXOS | |
| 1.- GLOSARIO DE PALABRAS EN INGLES AL ESPAÑOL..... | 100 |
| 2.- ALGUNOS COMPONENTES DE MAQUINARIA QUE SE MANUFACTURAN EN INAMEX DE CERVEZA Y MALTA..... | 103 |
| 3.- TABLAS PARA SELECCION DE PARAMETROS Y HERRAMIENTAS DE CORTE..... | 112 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA..... | 123 |

I N T R O D U C C I O N

La investigación que se desarrolla, pretende justificar la utilización e implementación del sistema de manufactura que emplea equipo C.N.C. (Control Numérico Computarizado) en INAMEX de Cerveza y Malta (Industria Nacional Metal Mecánica para Equipo Extranjero de Cerveza y Malta); como una posible solución a sus problemas en el maquinado de piezas que requieren de bastante precisión por el hecho de ser componentes que deben ensamblar en todo un conjunto que forma una máquina, lavadora, llenadora, etiquetadora, pasteurizadores, emparadoras, siendo estas las que le permiten elaborar la cerveza embotellada a la Cervecería Modelo de México, la cual ha suprimido la importación y gastos que ésta origina al contar con un proveedor de refacciones para el mantenimiento preventivo y correctivo de su equipo.

No obstante, que INAMEX se enfrenta a varios conflictos entre los más sobresalientes está, cumplir las exigencias con 9 máquinas convencionales y una de control numérico, que actualmente resultan ineficientes debido a la complejidad, cantidad y calidad de piezas solicitadas, por otro lado el rechazo y desperdicio de piezas y materia prima en cada lote de producción que en la mayoría de las veces es del 15% aproximadamente al utilizar máquinas herramientas convencionales.

Una forma sofisticada de las máquinas de control numérico computarizado es el centro de maquinado. Esta máquina es generalmente una fresadora con varios ejes de control y con cambio de herramienta automático. Las herramientas se sujetan generalmente en un proveedor rotatorio y los cambios son dirigidos de acuerdo a las operaciones programadas. Así con un centro de mecanizado puede efectuarse completamente una pieza complicada en todas las caras con excepción de la base con una combinación de fresado, taladrado, mandrinado, refrentado, rimado y roscado con machuelo.

Este equipo opera en forma automática, controlado numéricamente para efectuar el mecanizado de diferentes piezas, bastando para ello cambiar el programa según sean las operaciones a realizar. Esto es, partiendo de la materia prima en barra o fundición se enlistan una serie de operaciones que habrán de efectuarse en una máquina herramienta cuyos movimientos son controlados por una computadora diseñada para interpretar instrucciones de mecanizado y bajo estas comandar por medio de impulsos eléctricos cualquier máquina, ya sea torno, fresa, rectificadora, electroerosionadora, etc., y de esta manera producir lotes de pieza en poco tiempo con una exactitud dada. Esta unidad de control o cerebro para comandar se auxilia de cuatro subconjuntos y cada uno de ellos realiza una función específica de manera que a través de una cinta perfo-

rada o teclado se introducen los datos como: velocidad, profundidad y avance de corte así como también cambio de r.p.m., herramienta y salida de refrigerante, en lenguaje de máquina que de acuerdo a normas ISO (Organización de Estándares Internacionales) es el APT (Automatically Programed Tool), dicha información se da en formatos que componen bloques numerados progresivamente, tanto como extenso sea el programa de mecanizado, codificado en sistema binario decimal. Una vez que se han interpretado y memorizado los datos se procede a realizar los cálculos internamente hasta digerir completamente la información que posteriormente será enviada a los diferentes ejes coordenados.

Un equipo de control numérico computarizado en conjunto con un buen paquete de herramientas de corte, aporta beneficios tales como: una mayor productividad y calidad del producto con menor desgaste de herramientas de corte, debido a la selección y control óptimo de velocidades y avances de corte además de abatir el costo de producción y aún más nos permite alcanzar una superación en las técnicas actuales de manufactura, facilitando el trabajo del hombre y sin lugar a dudas se logra un progreso considerable en la industria nacional.

Al seleccionar o adaptar un sistema de producción - -

dentro de una empresa, se consideran ciertos factores, primordialmente dependerá de la naturaleza de la pieza a producir y de las operaciones requeridas, además de la cantidad y calidad deseada en el producto, asimismo bajo éstos y otros lineamientos se analiza en este trabajo la eficiencia de los equipos computarizados y de esta manera justificar la utilización de este en la industria manufacturera, que por su flexibilidad en el maquinado de piezas facilita a la compañía desarrollar sus actividades productivas en condiciones favorables, devengando beneficios que le permiten ser competitiva y solvente, tanto económica como socialmente dentro de nuestro país. Por otro lado considerando que el desarrollo social y económico dependen en gran medida del proceso de producción, vemos que los países que han desarrollado mejor tecnología se encuentran en condiciones económicas favorables y con capacidad plena para satisfacer las necesidades de su población. Por ello es necesario que en México se desarrolle un grado de automatización más avanzado que el actual. Aun cuando dicha disciplina conlleva a sustituir el factor humano mediante el uso de máquinas.

Si bien es cierto que la automatización de un proceso reemplaza el empleo de operadores por el uso de máquinas y/o instrumentos, existen procesos cuya operación será prácticamente imposible sin un grado avanzado de automatización como ejemplo una central eléctrica, una refinería petrolera, etc.

Existen, por otro lado tipos de procesos que si por -- una parte pueden ser regulados manualmente dicha regulación - daría por resultado un producto con normas inferiores de control de calidad; asimismo hay procesos en los que emplear mano de obra produciría una baja tan notable en la productivi-- dad que no se justificaría su uso, como ejemplo en conmuta- - ción telefónica.

Ahora si pensamos en que los diseños y componentes usa dos en la automatización pudieran ser hechos en el país nos - daríamos cuenta de que dicha automatización estaría desplazan do la fuerza de trabajo de un sector a otro más moderno.

Sin embargo, no son muchas las empresas en México que cuentan entre su maquinaria con ésta clase de equipo dando co mo resultado poca información y personal capacitado para su - preparación, programación y mantenimiento.

CAPITULO I

CONTROL NUMERICO

1.1 Generalidades

El control numérico no es una máquina herramienta para efectuar un proceso de mecanizado, sino un medio por el que se ordena a la máquina que ejecute el corte de una pieza, siguiendo una lógica programada. Se refiere a la operación de máquinas herramienta a través de datos numéricos almacenados en memoria de computadora, tarjetas, cinta perforada o magnética.

Mediante el programa almacenado en computadora se controla la máquina herramienta, dándole una serie de instrucciones codificadas en forma matemática, estipulando la posición sucesiva o continua de la mesa y la herramienta, avance, profundidad, velocidad de corte, cambio de r.p.m., y herramienta. Una vez programada y herramentada la máquina opera automáticamente obteniéndose altos volúmenes de producción con alta precisión y en el menor tiempo posible, proporcionando el mayor grado de seguridad en el trabajo y menor desperdicio de material.

La secuencia de operaciones lógicas la establece el programador, quien después de estudiar el dibujo de definición -

de la pieza prevé las operaciones que la máquina herramienta va a realizar para el mecanizado, prepara un programa poniendo en lista las instrucciones que definen la secuencia, especifica las herramientas de corte que se emplearán, los dispositivos de sujeción y su localización. Define un punto de referencia u origen entre la pieza y la herramienta y a partir de éste se realizarán los movimientos de los carros que habrán de efectuar las operaciones sobre el material.

Al emplear el sistema productivo manual se ha comprobado que el trabajo humano resulta más agotador y menos eficiente. Por tanto la inteligencia del hombre ha optado por la -- creación de máquinas herramienta que se ajusten a los principios de la economía, propiciando el desarrollo tecnológico e industrial. Ha ido cambiando paulatinamente de las máquinas manuales a semiautomáticas y más aún las ha desarrollado completamente automáticas, para cualquier proceso de mecanizado.

Anteriormente para satisfacer las demandas era necesario trabajar al doble la capacidad, lo que incrementa los costos de fabricación, existiendo problemas de rechazo por precisión y acabado, debido al aumento de producción decrecía la - precisión. Sin embargo para favorecer más ampliamente a la - industria metal mecánica se diseñaron máquinas semiautomáti--cas en las que el factor humano interviene alternadamente con

movimientos dados por la máquina automáticamente, a través de sistemas hidráulicos o mecánicos. No obstante se tenían problemas de maquinado y control de la producción.

Buscando nuevos métodos de producción y de acuerdo a las exigencias tecnológicas en maquinaria automotriz, aeronáutica y otras, en el año de 1873 se diseñaron y contruyeron -- tornos cuyo control es a base de levas, el que consiste de un árbol de levas previamente diseñadas, considerando el avance y profundidad de corte, de tal manera que el perfil de la leva a través de un seguidor de punta da movimiento a los carros, longitudinales, superiores y transversales, y así efectúa el mecanizado de una pieza sobre el material.

Entre las desventajas de esta máquina se encontraba -- que los costos de maquinado se incrementan por el tiempo empleado en diseñar y fabricar las levas (planas y cilíndricas), que han de efectuar el proceso, la mano de obra es muy elevada y la preparación de la máquina es muy tardada, además de -- que esta máquina restringe su uso a piezas pequeñas.¹ Sin embargo se sigue utilizando y sólo se justifica su uso en grandes lotes de producción.

(1) Myron L. Begeman; et al. Procesos de manufactura, Versión S.I., pág. 572, 3ra. Ed. Agosto de 1981.

Por otro lado la industria aeronáutica requería hélices de turbina, las que instalaría en sus nuevos modelos para eso se tienen que elaborar matrices para hélices con mayor rapidez y exactitud; el fabricante John C. Parsons, de la Parsons Corporation, en el Estado de Michigan, U.S.A., adaptó a un taladro de mesa un equipo de computadora, con el cual movía a discreción, mesas y husillo por medio de tarjetas perforadas.

Para el año de 1940, debido a que las modificaciones para los nuevos aeroplanos, así como sus diseños de partes eran cada vez más difíciles e improvisados, el departamento de materiales de la fuerza aérea de los EE.UU. se vio en la necesidad de hacer un contrato con la Parsons Co. y con los laboratorios de servomecanismos del tecnológico de Massachusetts; y así, en el año de 1951 se completó el trabajo encomendado para una mandriladora hidráulica marca Cincinnati, la que se dio a conocer en el año de 1952, al mismo tiempo que el término de "control numérico" por el tecnológico ya mencionado.

Para 1957, cerca de 7 fabricantes de máquinas herramienta dieron a conocer nuevos tipos de máquinas mandriladoras. Sin embargo, pronto la fabricación de máquinas herramienta se efectuó para un concepto de control numérico mucho

más simple. De esta manera para 1960, se encontraban más de 100 máquinas herramienta equipadas con control numérico en -- una exposición efectuada en Chicago III, la mayoría de las -- cuales fueron aplicaciones sencillas del sistema punto a punto.²

(2) Glenn Ertel; Numerical Control, pág. 32, 1ra. Ed., 1969.

1.2 Proceso del Control Numérico

El proceso de manufactura con máquinas de control numérico se muestra en la figura 1A; consta de las siguientes etapas.

A la orden de producción se cuenta con un dibujo de la pieza que se va a mecanizar, de éste, se conocen primordialmente las dimensiones, material y especificaciones que se han de maquinar; dependiendo de la complejidad del proceso y a -- consideración del programador es conveniente realizar un dibujo adicional a manera de esbozo que nos permita concentrarnos por completo en la o las operaciones que deben efectuarse. - Generalmente se dibuja la mitad de la pieza, cuyo perfil se -- va a maquinar en un torno, por ejemplo o en la localización -- sobre un plano de los barrenos a efectuar en un taladro o cen -- tro de maquinado.

Una vez estudiado el dibujo se procede a la elabora- - ción del programa, no sin antes haber obtenido información -- previa que nos permita obtener un buen programa y así traba- -- jar en óptimas condiciones. Básicamente se debe conocer lo - siguiente:

1) Características de la pieza a maquinar, como son ma -- terial, excedente del mismo a remover, dureza, perfil deseado

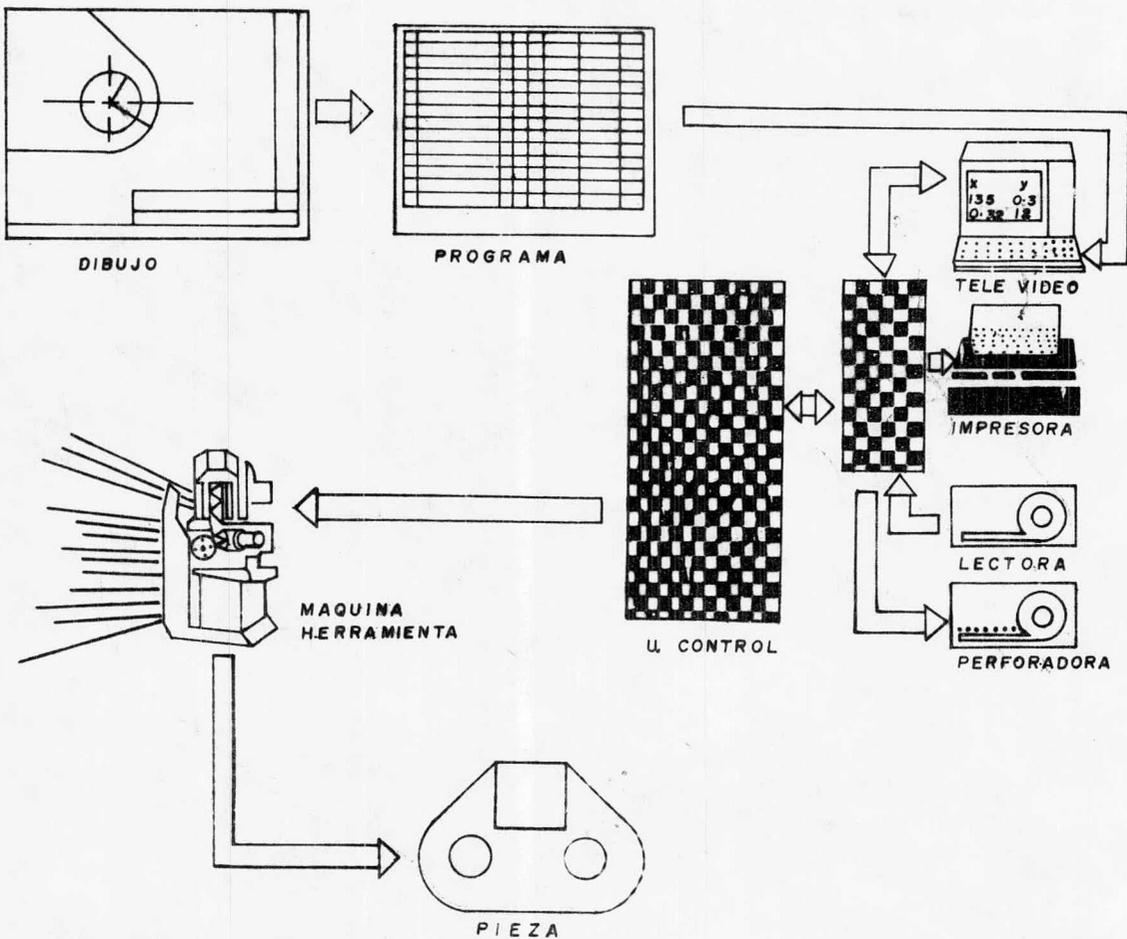


FIG. 1A PROCESO BASICO DE OPERACION EN C.N.C.

en la pieza, acabado, en caso de ser pieza procedente de fundición, ver condiciones de sujeción, etc.

2) Herramental a utilizar: Es de vital importancia conocer con qué tipo de herramental contamos para corte, puesto que de acuerdo al material y herramienta se harán los cálculos de velocidad, avance, r.p.m. y profundidad de corte, necesarios para realizar un trabajo en condiciones de maquinado favorables.

A fin de complementar este capítulo, sobre herramientas de corte que se emplean en el herramentado de una máquina controlado numéricamente, en el anexo 3 se da una breve explicación con el auxilio de tablas que contienen datos técnicos que nos permiten conocer y seleccionar parámetros y herramientas de corte para diferentes condiciones de maquinado, de - - acuerdo al fabricante KENNAMEX.

Contar con herramienta necesaria para efectuar el mecanizado, facilita el trabajo y optimiza el tiempo de proceso - permitiendo la fabricación más rápida (finalidad de produc - ción). Para lograr mayor productividad y precisión, contando con máquinas controladas numéricamente, se han diseñado herramientas de corte para cada operación, ya sea cilindrado, ranurado, roscado, tronzado, fresado, etc., empleándose para cada

una de ellas insertos especiales con más de dos aristas o filos cortantes los que permiten al operador cambiar de arista una vez que se ha desgastado, sin necesidad de desmontar y -- afilar herramienta y para facilitar este cambio se cuenta con porta inserto, el que aloja y sostiene la pastilla, permaneciendo fijo para conservar el centrado y posicionamiento inicial durante el corte, minimizando el tiempo en cambio de herramienta.

Estas herramientas debido a su diseño, en condiciones favorables de corte (que se sugieren en tablas), garantizan mayor durabilidad en el maquinado, rapidez en el proceso y -- dan mejor acabado y precisión a la pieza.

Después que se ha seleccionado y considerado el herramienta y operaciones se procede a efectuar la programación -- (lista de instrucciones para operación lógica de mecanizado - en lenguaje de máquina APT), optimizando el proceso de manufactura de la pieza mediante la utilización de cierto código de programación que reduzca al mínimo, tanto los movimientos de posicionamiento de la herramienta, como los posicionamientos de los carros respecto a la pieza, y también los movimientos efectuados por la máquina herramienta durante el avance - de corte, tomando en cuenta la calidad del producto terminado, abatiendo así el tiempo de maquinado.

En cuanto a programación, actualmente se cuenta con la alternativa de hacerlo de la siguiente manera:

- 1.- Programación Manual.
- 2.- Programación Directa.
- 3.- Programación Automática.

En la programación manual, el programador enlista la secuencia de operaciones o programa, dando la lógica de proceso y efectúa todos y cada uno de los cálculos para definir el perfil de la pieza, si éstos son: radios, chaflanes, conicidades, etc.

En la programación directa, la unidad de control o microprocesador contiene subrutinas para efectuar radios, chaflanes, ángulos (conicidades), desbaste en los diferentes ejes, identificación de perfiles, de manera que el programador elabora el programa auxiliándose de estas subrutinas si así lo requiere, indicando el comando o función que identifique el perfil deseado, proporcionando datos complementarios, necesarios para efectuar el mecanizado.

Citando algunos ejemplos de identificación de subrutinas tenemos las siguientes:

| | |
|-----|-------------------------------------|
| DFP | Definición de perfil |
| SZP | Desbaste paralelo al eje Z |
| CLP | Copiado según perfil antes indicado |
| R | Radios |
| B | Chaflanes |
| A | Angulos (conicidades). |

Esta identificación varía dependiendo del fabricante - del equipo, sin embargo consultando los catálogos específicos del equipo que se tenga los podemos conocer. Empleando la -- programación directa el programador evita hacer cálculos.

En la programación automática, el programador introduce únicamente las cotas de los puntos que definen el perfil - de la pieza a maquinar, así como también proporciona toda la información necesaria a base de contestarle preguntas (en lenguaje similar al Basic) que aparecen en la pantalla del receptor del microprocesador conectado al que controla la máquina herramienta. La información consiste en decirle el tipo de - trabajo a realizar, posición de la herramienta en la torreta radio del inserto, rango de velocidades, profundidad de corte avance, etc.

Con estos datos el microprocesador genera el programa de proceso de maquinado en programación directa, siendo éste

el más óptimo de entre varias alternativas que pudieron haber existido, para efecto de tiempo y calidad del producto.

Cuando el programa se ha realizado el receptor lo reproduce en la pantalla para que el programador lo revise y a continuación pregunta si ha de imprimirlo, al contestar afirmativamente realiza la orden por medio de la impresora, si se desea ver la ejecución del programa se le indica, de manera que, a través de la mesa trazadora se efectúa el proceso de maquinado, mostrándonos el dibujo de la pieza, de la que únicamente se dieron las cotas de los puntos y algunos datos. Después de haber llevado a efecto el programa en el graficador, en la pantalla se nos pregunta si queremos que dicho programa sea introducido a la unidad de control de la máquina herramienta para que se efectúe la pieza sobre el material.

Pensando que se tiene equipo que se programa manualmente después de haber elaborado el programa, se introduce al microprocesador por medio del teclado, la información se almacena en memoria de computadora, y posteriormente se manda a impresión ya sea en cinta magnética o perforada para trabajos posteriores.

Las alternativas, entre utilizar las diferentes formas de programación antes descritas, las determina la complejidad

en el diseño de la unidad de control o microprocesador, sin embargo actualmente existen equipos altamente sofisticados en materia de control numérico.

El último paso del proceso de manufactura es la fabricación de la pieza en la máquina herramienta, a efecto del programa que se ha introducido. La que recibe información mediante pulsos eléctricos hasta los diferentes servomecanismos dispuestos en los ejes coordenados.

1.3 Posición del Factor Humano ante equipo de C.N.C.

Una máquina asistida por control numérico opera automáticamente mediante circuitos eléctricos integrados y servomecanismos que reciben información por medio de impulsos eléctricos, por lo que el esfuerzo físico del hombre se sustituye debido a que los movimientos de los carros y herramientas para efectuar una operación no dependen directamente de él, -- siendo estos más rápidos y precisos en una producción determinada de piezas.

El control numérico requiere de una persona capaz de comunicarse con la unidad de control para indicar y cuidar la ejecución de un proceso de mecanizado, a su vez ésta puede atender una o más máquinas controladas numéricamente. Así de esta manera el factor humano se reduce y tiende a ser sustituido por el uso de equipos de control numérico.

Ahora, es bien cierto que una máquina controlada numéricamente trabaja con mayor rapidez y precisión, lo que le permite obtener altos volúmenes de producción en menor tiempo y por otro lado, que el factor humano resulta agotador al controlar una máquina herramienta convencional, motivo por el cual disminuye la precisión y producción. Sin embargo, tanto el hombre como el equipo de control numérico, sólo pueden efectuar los trabajos para los cuales tienen medios disponi-

bles. Es decir, desde el punto de vista agotamiento físico, el hombre no superará a la máquina por sus características de diseño, pero podemos decir que la máquina no podrá superar al ser humano en inteligencia. "La inteligencia es la capacidad global del individuo para actuar con propósito, para pensar racionalmente y para conducirse adecuada y eficientemente en su medio ambiente."³ Por lo que visto de esta manera existen diferencias entre estos dos tipos de control, humano y numérico, la que radica en poder efectuar un razonamiento sistemático y cambiar su actitud psicomotora. Esto es si el ser humano descubre que su instrucción es hacer incidir la herramienta contra las mordazas del "shuck" de manera que se dañe, la actitud esperada será que éste suspenda la ejecución y corroborará la instrucción recibida. Sin embargo el control numérico procederá a ejecutar la instrucción sin más averiguaciones, puesto que el control numérico puede tomar sólo aquellas decisiones para las que fue diseñado a menos que el diseñador predetermine esta situación y de alguna manera bloquee toda información de esta índole, como vemos el raciocinio e inteligencia del hombre imperan en el diseño y control de la máquina, es decir que el hombre se facilita el trabajo físico al emplear equipos computarizados, por lo que se requiere mejor capacidad.

(3) Wechsler. cit. pos. Benavides T. Josette, Técnicas de evaluación de la personalidad, pág. 50, Facultad de Psicología UNAM, 1981.

CAPITULO II

MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO

2.1 Clasificación de los Equipos de Control Numérico

Como se mencionó anteriormente (Generalidades), en el año de 1960, se contaba con máquinas equipadas con control numérico, la mayoría fueron aplicaciones sencillas, por lo que limitaban su uso ya sea por el lenguaje APT (Automatically -- Programed Tool) o por el tipo de posicionamiento que empleaban. La técnica se ha ido desarrollando y así los países, como: EE.UU., Japón, Alemania, Checoslovaquia, Brasil, han diseñado y construido equipos de control numérico con máquinas herramienta apropiadas, que las hace más versátiles en el maquinado de piezas. Y de acuerdo a las variantes presentadas en un principio y actualmente por cada fabricante y considerando características como: Sistema de control, posicionamiento, almacenamiento de señales, se han clasificado de la siguiente forma:

A. Por su sistema de control

- 1.- Circuito abierto
- 2.- Circuito cerrado

B. Por su tipo de posicionamiento

- 1.- Trayectoria continua o de contorneado
- 2.- Trayectoria de punto a punto o de posición

C. Por la forma de almacenamiento de señales de mando

- 1.- Cinta perforada
- 2.- Cinta magnética

2.1.1 Máquinas de C.N.C. de circuito abierto

Trabaja de la siguiente manera: la cinta perforada es leída en la unidad llamada lector de cinta, de la cual parten las señales hacia los servo controles haciendo que éstos se muevan de acuerdo con la orden recibida, mas después de dada la orden en magnitud y sentido, no reciben ninguna otra orden adicional ni emiten respuesta de cómo se está efectuando la orden en proceso. Este tipo de control es el más simple, utilizándose cuando no se necesita gran exactitud, ver figura -- 1B.

2.1.2 Máquinas de C.N.C. de circuito cerrado

El circuito cerrado se efectua de la siguiente manera: del lector de cinta perforada es mandada una señal con la cota del punto por alcanzar, a una unidad de control, por otro lado se está recibiendo en la misma unidad la cota absoluta de la posición que se guarda actualmente, estos dos datos se procesan dentro de la unidad ya antes mencionada y se obtienen de ellos una diferencia que se llama error y que es la que hace actuar a los servomotores de la máquina, con una exactitud, magnitud y dirección tales que ese error tienda a volverse cero.

La diferencia básica con el de circuito abierto es que en éste se recibe información del eje hacia el control por un transductor el que transmite señales de posición, se conoce la manera de cómo se está efectuando el movimiento y así se puede controlar con mayor exactitud cada uno de los desplazamientos de éste, ver figura 2B.

2.1.3 Máquinas de trayectoria continua o de contorneado

En el tipo de trayectoria continua, la trayectoria de la herramienta es dada por órdenes menos frecuentes pero que son más descriptivas y muchas veces por funciones matemáticas, así para una diagonal dada, su control se podrá efectuar por medio de la función $X = Z^3$; el signo + o - estará sujeto al sentido necesario de corte de la herramienta y los valores de X y de Z vendrán dados por la distancia que se quiera cubrir con el maquinado. Cuando se trata de trayectorias circulares habrá que dar como variables de la función, el radio y las coordenadas de los puntos extremos. Este tipo de posicionamiento se emplea en máquinas cuando se requiere contornos de precisión.

En este tipo de posicionamiento la herramienta de corte, toca la pieza cuando tiene lugar el movimiento coordinado, como se ilustra en la figura 3B.

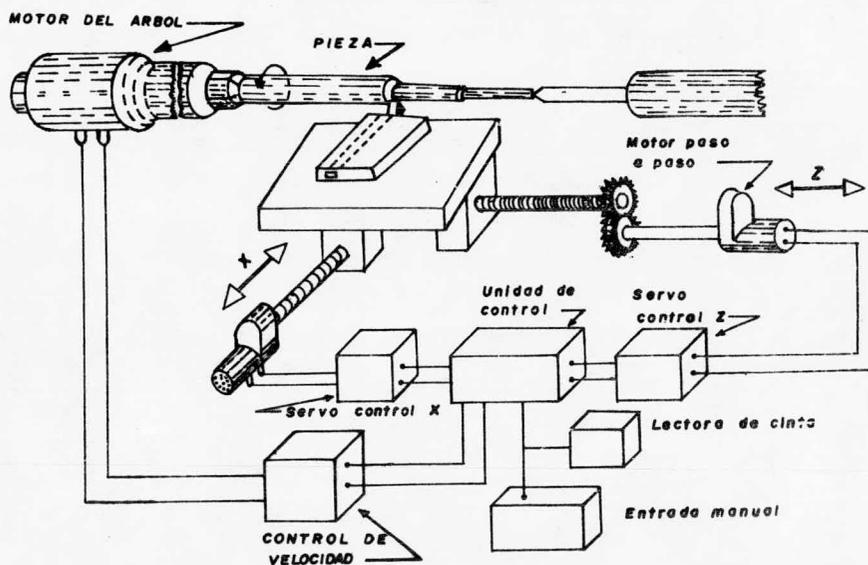


FIG. 1B SISTEMA DE CONTROL NUMERICO CIRCUITO ABIERTO

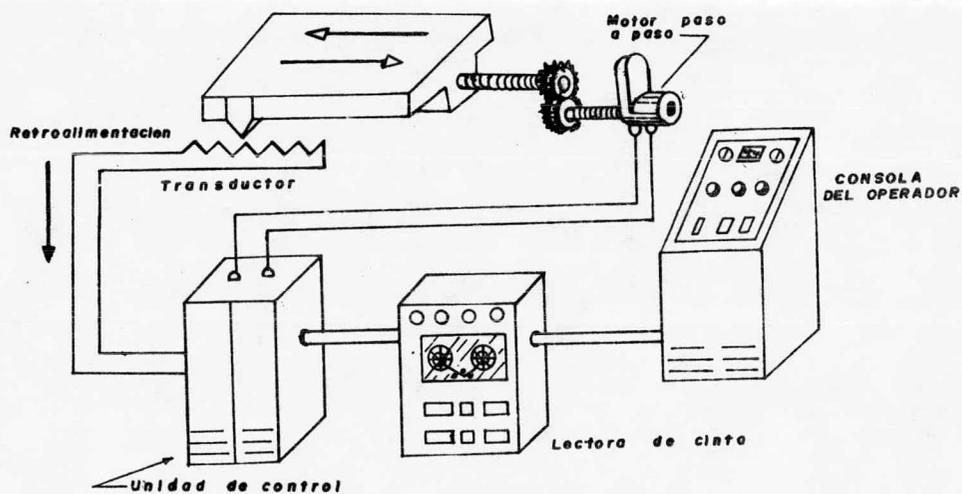


FIG. 2B SISTEMA DE CONTROL NUMERICO CIRCUITO CERRADO

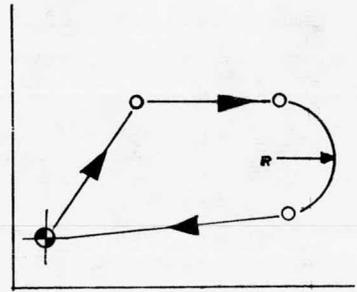
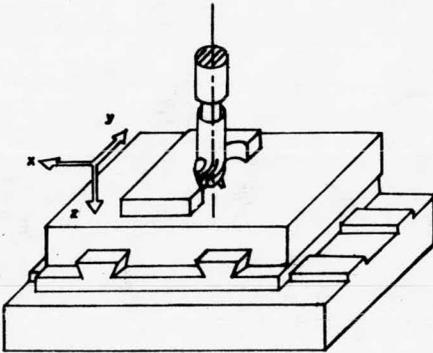
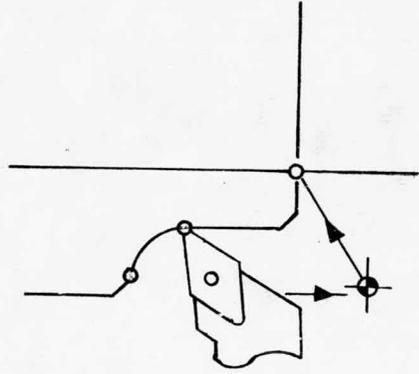
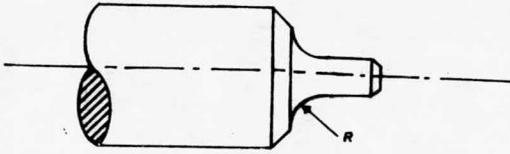


FIG. 3B CONTROL TRAYECTORIA CONTINUA

Los avances, la geometría de la herramienta, la colocación, la profundidad y los materiales intervienen en la lógica programada, es importante recordar la posición de comienzo y la posición final de la herramienta, ya que el camino de dicha herramienta se controla por la ecuación que cubre la dirección y la longitud entre los puntos de comienzo y final.

2.1.4 Máquinas de trayectoria punto a punto o posicionamiento

Es una manera de comandar a una máquina herramienta -- muy sencillo, la herramienta solamente puede efectuar desplazamientos en línea recta y paralelamente a los ejes.

Se controlan dos ejes, bajo éstos se fija la pieza de trabajo, a la máquina se le programa dando el punto por alcanzar, ésta desplaza sus ejes para localizar la intersección, se fija la herramienta y mediante el eje Z damos la profundidad de corte, en tanto que el husillo principal empieza a girar para efectuar el barrenado, al término del mecanizado, el cabezal se para. Posteriormente las mesas (ejes) se mueven para buscar el siguiente punto para efectuar la operación que puede ser, barrenado o machuelado, según sea la programación. La función de posicionamiento de la herramienta y efectuar el trabajo se realiza hasta que ya no exista información.

Una desventaja de este posicionamiento es que se re -

quiere una programación extensa, es decir el número de instrucciones es mayor, sobre todo cuando se trata de efectuar cortes no lineales, tales como una curva. Es apropiado para tareas de mecanizado donde no exista bastante complejidad, tales como taladro, machuelado, punzonado, fresado en línea recta y operaciones de soldadura de punto, la figura 4B ilustra el concepto.

2.1.5 Tipos de almacenamiento de señales.

La unidad de control para comandar una máquina herramienta recibe información por medio de tarjetas perforadas, cinta de papel perforada o magnética, dependiendo del fabricante. Las cintas o tarjetas son leídas por lectores a una determinada velocidad, estando las instrucciones registradas en la cinta de acuerdo al código de programación (ISO, EIA), los que veremos más adelante, instrucciones que pueden imprimirse mediante perforaciones o señales magnéticas y podrán ser leídas por lectores electrónicos en forma rápida y segura, algunos de ellos son capaces de leer 600 caracteres por segundo.

El método más comúnmente utilizado es la cinta perforada que puede ser como ya se dijo de papel o vinilo, es de una pulgada de ancho y consta de ocho canales en los que se deposita la información en sistema binario de codificado decimal.

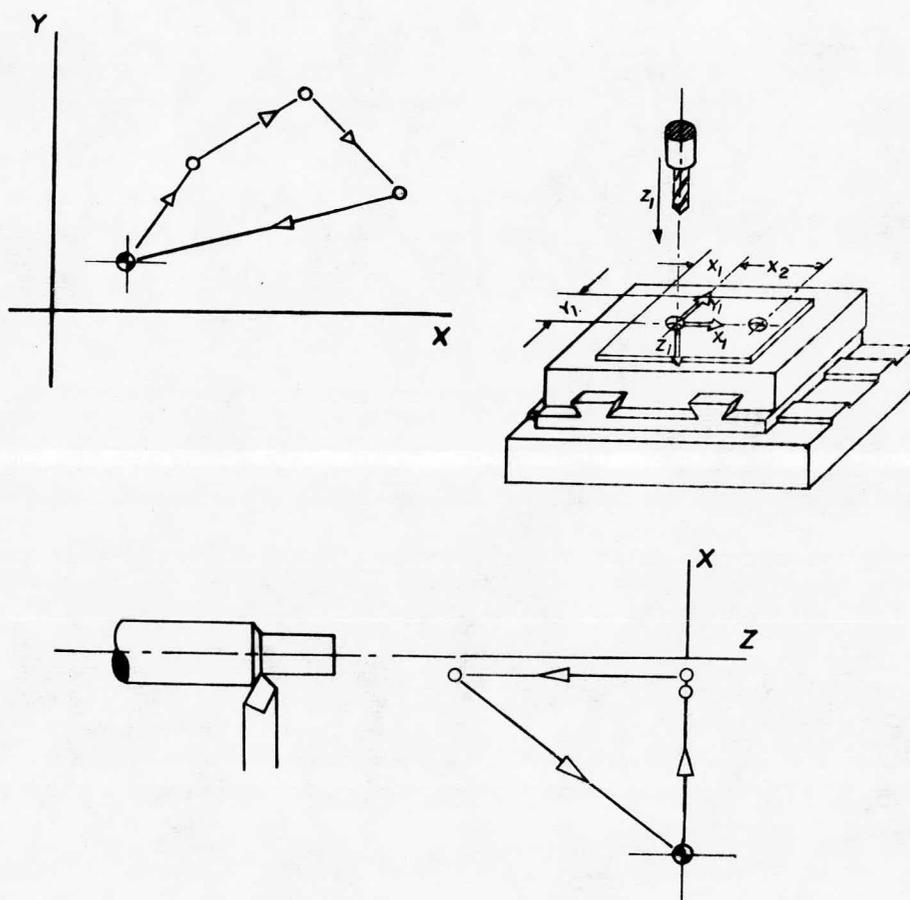
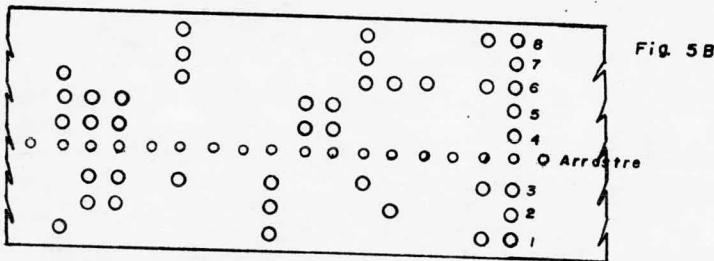


Fig 48 Control punto a punto

En la figura 5B se muestra el sistema binario de codificación decimal que es el que utiliza un 90% de las máquinas equipadas con sistema de control numérico en ella se pueden ver los 8 canales de información y una línea de agujeros que sirve para hacer que la cinta corra, denominado orificio de arrastre.



Los canales o pistas números 1, 2, 3 y 4 son para medidas lineales, velocidades u otros datos numéricos. Estos representan potencias de 2, es decir: $2^0 = 1$, $2^1 = 2$, $2^2 = 4$ y $2^3 = 8$; así tenemos que para representar el número 7, se necesitará perforar los canales números 1, 2 y 3, teniendo en total $1 + 2 + 4 = 7$; el número 9 estará dado por la perforación de las pistas 1 y 4. Para efectos de seguridad, tanto en la perforación como en la lectura, se tiene el canal número 5, cuya misión es hacer siempre que el número de agujeros perforados en cada línea de información sea impar, por ejemplo, pa

ra representar el número 2, es necesario perforar solamente - el canal 2 que a efecto de perforación es impar, pero para re presentar el número 9 como ya se dijo, sólo se necesitan los canales 1 y 4 pero perforando el canal 5 tenemos: número de agujeros en la línea (impar).

El canal número 6 nos sirve para identificar el valor 0; el canal 7 para efecto de mandos especiales, tales como: - accionar el refrigerante, etc., y el canal número 8 nos indica cuando un bloque de información se ha terminado y a la vez que sirve de separador, nos prepara a la recepción de un nuevo bloque.

El código anteriormente descrito, es el EIA (Electro-- nics Industries Association), que en cierta forma es el mismo que el (International Standards Organization) ISO. Trabaja - de la misma manera que el EIA, siendo la diferencia entre estos la codificación de cualquier carácter o símbolo, de manera que como ya se dijo en el EIA, el número de perforaciones debe ser impar y en el ISO es par. El EIA utiliza el canal 5 como "bit" de paridad impar, y en el código ISO el canal 8 el "bit" de paridad par.

Los equipos modernos de control numérico en su mayoría pueden trabajar con ambos tipos de codificación, y es sufi -

ciente con perforar el símbolo correspondiente al principio - de la cinta para que el control realice automáticamente el re conocimiento del código a utilizar. Si por descuido este sím bolo no es especificado al principio, toda la información pro porcionada antes de éste será ignorada. Cuando no existe per foración de paridad, el lector de cinta se para automáticamente. Los códigos empleados para perforación son mostrados en la figura 6B.

Detallando el sistema binario decimal, utilizado en má quinas de control numérico, tenemos:

| Sist. decimal | | | | Sist. binario | |
|---------------|---|---|---|---|--|
| 1 | | | | <u>1</u> <u>0</u> | |
| 2 | $\begin{array}{r} 0 \\ 1 \\ \hline 1 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0 \\ 0 \\ \hline 0 \end{array}$ | | | $1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 = 1$ |
| 2 | | | | <u>0</u> <u>1</u> <u>0</u> | |
| 2 | $\begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ \hline 0 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0 \\ 1 \\ \hline 1 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0 \\ 0 \\ \hline 0 \end{array}$ | | $0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^2 = 2$ |
| 4 | | | | <u>0</u> <u>0</u> <u>1</u> <u>0</u> | |
| 2 | $\begin{array}{r} 2 \\ 4 \\ \hline 0 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ \hline 0 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0 \\ 1 \\ \hline 1 \end{array}$ | $\begin{array}{r} 0 \\ 0 \\ \hline 0 \end{array}$ | |

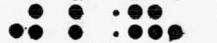
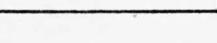
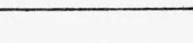
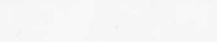
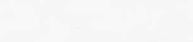
| | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| 8 | | | | | | | <u>0</u> | <u>0</u> | <u>0</u> | <u>1</u> | <u>0</u> |
| 2 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 8 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| | <u>0</u> | <u>0</u> | <u>0</u> | <u>1</u> | <u>0</u> | | <u>0</u> | <u>0</u> | <u>1</u> | <u>0</u> | <u>0</u> |

Por otro lado, para los diferentes canales tenemos la siguiente representación:

| Decimal | Binario |
|---------|-------------------|
| 1 | 1 0 |
| 2 | 0 1 0 |
| 3 | 1 1 0 |
| 4 | 0 0 1 0 |
| 5 | 1 0 1 0 |
| 6 | 0 1 1 0 |
| 7 | 1 1 1 0 |
| 8 | 0 0 0 1 0 |
| 9 | 1 0 0 1 0 |
| 0 | 0 0 0 0 0 0 |
| | Canal 1 2 3 4 5 6 |

Como se aprecia, el sistema binario decimal trabaja a base de 0 y 1. En donde toda perforación conduce 1 y la no perforación conduce 0. Por lo tanto todas las máquinas de control numérico emplean el sistema binario decimal, porque a base de dos dígitos (1 y 0), puede manejarse bastante información, tanta como sea necesaria para un proceso de mecanizado.

Fig. 6 B CODIGO DE PROGRAMACION

| DIN 66024 (ISO) | | EIA RS 244 | |
|---|-----|------------|--|
| 8 7 6 5 4 3 2 1 | | | 8 7 6 5 4 3 2 1 |
|  | NUL | — |  |
|  | BS | RT |  |
|  | HT | TAB |  |
|  | LF | LC |  |
|  | CR | ZWR |  |
|  | SP | UC |  |
|  | () | ENDE |  |
|  | % | · |  |
|  | . | /() |  |
|  | + | + |  |
|  | - | 0 |  |
|  | 0 | 1 |  |
|  | 1 | 2 |  |
|  | 2 | 3 |  |
|  | 3 | 4 |  |
|  | 4 | 5 |  |
|  | 5 | 6 |  |
|  | 6 | 7 |  |
|  | 7 | 8 |  |
|  | 8 | 9 |  |
|  | 9 | a |  |
|  | A | b |  |
|  | B | c |  |
|  | C | d |  |
|  | D | e |  |
|  | E | f |  |
|  | F | g |  |
|  | G | h |  |
|  | H | i |  |
|  | I | j |  |
| | J | k | |
| | K | l | |
| | L | m | |
| | M | n | |
| | N | o | |
| | O | p | |
| | P | q | |
| | Q | r | |
| | R | s | |
| | S | t | |
| | T | u | |
| | U | v | |
| | V | w | |
| | W | x | |
| | X | y | |
| | Y | z | |
| | Z | IRR | |
| | DEL | | |

2.2 Elementos constitutivos de Equipos de C.N.C.

Recordando sobre las máquinas herramienta convencionales sabemos que éstas poseen carros longitudinales (eje Z), - transversales (eje X), caja nortón, contrapunto, etc., partes que movidas por la mano del hombre le permiten efectuar el mecanizado de una pieza.

Así de esta manera un equipo de control numérico se compone de una máquina herramienta que posee servomotores paso a paso colocados en los ejes coordenados, los que son accionados por impulsos eléctricos enviados por la unidad de control que se encarga de comandar todos los movimientos desde cabezal, torres de herramienta y carros en diferentes posiciones a lo largo de los ejes coordenados.

Sin embargo para que la unidad de control, comande a la máquina herramienta se auxilia de varios subconjuntos, y así en un equipo de control numérico encontramos cuatro subconjuntos funcionales, los cuales son:

- 1 Unidad de entrada y salida de datos
- 2 Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes.
- 3 Unidad de cálculo
- 4 Unidad de enlace y coordinación con la máquina herramienta.

1) Unidad de entrada y salida de datos.

Esta unidad nos sirve para la introducción de datos en el equipo, mediante el uso de un lenguaje inteligible para ésta, siendo el método más generalizado para transmitir la información la cinta perforada, y en este caso el órgano principal de entrada de datos en el lector de cinta. También se puede introducir el programa por medio de cinta y discos magnéticos pero su vulnerabilidad y su precio los hace ser poco utilizados.

Hasta hace algunos años, el lector de cinta más utilizado fue de tipo electromecánico, el cual usa agujas palpadoras para determinar la existencia o no de orificios en las pistas de la cinta. La cinta en este caso carece de movimiento continuo y se mueve a saltos de un carácter a otro, según son detectados por las agujas sensoras. El movimiento de dichas agujas actúa sobre un conmutador cuyos contactos se abren o cierran, de acuerdo a la existencia o no de agujeros en la cinta.

En la actualidad se utilizan lectores fotoeléctricos de cinta, los cuales utilizan como elementos sensores componentes sensibles a la luz, celdas fotoeléctricas, fotodiodos o fototransistores. En este caso se coloca una fuente luminosa por encima de la cinta, de tal forma que al existir un agu

jero, el componente sensible emitirá una señal que será amplificada y suministrada al control como dato de entrada. Este tipo de lector permite un movimiento constante de la cinta -- que deriva en una velocidad de lectura muy superior.

Actualmente se tiene como órgano básico de entrada de datos también al teclado funcional, que permite la edición rápida y cómoda de programas para efectuar funciones como: re-
visar, cambiar, borrar o insertar desde un carácter hasta un bloque de información.

En cuanto a la salida de datos, encontramos el visualiizador de 7 segmentos tipo LED - con diodos emisores de luz. -
Teniendo en algunos equipos la visualización completa del blo-
que pero en la mayoría encontramos que sólo poseen un visualiizador de tipo universal que consta de varios dígitos, el pun-
to y el signo; que mediante diversos pilotos tipo LED, indi--
can la letra -X, Y, Z, G, etc., que corresponde a la parte numérica que se visualiza.

Hoy en día, en los equipos más sofisticados se encuen-
tra como medio de visualización la pantalla de rayos catódi--
cos, su capacidad varía de un equipo a otro, pero en todos --
los casos permite la visualización de varios bloques a la vez,
existiendo varios tipos de pantalla, siendo la más común la -

que utiliza una técnica análoga a la usada en los osciloscopios.

Por último diré que se han desarrollado nuevas técnicas para la visualización de datos con circuitos de estado sólido.

2) Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes.

Como es fácil de imaginarse, esta unidad es de suma importancia. Está dividida en dos secciones, la primera sección llamada memoria principal almacena el programa pieza del mecanizado, y la segunda sección, denominada memoria secundaria, almacena los datos de puesta en operación, parámetros máquina, como los datos: deceleración, aceleración, ceros de la máquina, compensación, etc.

En los equipos modernos es usual encontrar, como memorias internas, memorias no volátiles, de acceso aleatorio, ya sea del tipo permanente (ferríticas) o casi permanente (CMOS). La información en ambos casos permanece hasta por tres días - como mínimo en caso de haber falla en la red de alimentación, usándose para este fin baterías recargables de níquel cadmio de pequeña capacidad, de aquí el nombre de no volátiles.

Una memoria de acceso aleatorio es aquella en la que -

la selección de su información puede ser hecha en forma aleatoria, es decir, a partir de cualquier carácter.

Cuando la memoria almacena la información en bioestables no siendo necesario aplicar técnicas de refresco se dice que la memoria es del tipo permanente. Por otro lado, cuando se utiliza un condensador para dicho almacenamiento, se tiene una memoria del tipo casi permanente, y para que la información no se pierda es necesario renovarla con cierta frecuencia.

Por su parte, la unidad de interpretación tiene a su cargo indicarle a la unidad de cálculo el trabajo a efectuar y cómo ha de realizarse.

3) Unidad de cálculo.

La función de esta unidad es la de elaborar el conjunto de órdenes que se usan para gobernar los motores de la máquina herramienta y es por esto que se requiere de un perfecto acoplamiento entre ambos para lograr la buena calidad de los resultados. La unidad de cálculo proporciona la información necesaria para realizar las operaciones de maquinado, como lo son: cotas del nuevo punto a alcanzar, velocidad del trayecto y forma de realizar éste, rotación de la herramienta, compensación de la misma, etc.

Sabemos que el trayecto puede efectuarse en dos formas: de punto a punto y de contorneado. En el sistema de posicionamiento punto a punto se necesita únicamente de un equipo de cálculo (sumador-restador) para procesar diferencias de posición. Tratándose de curvas, convierte éstas en un conjunto de pequeños pasos unitarios a lo largo de ejes fijos. El signo de la diferencia entre la cota a alcanzar y la cota actual indica el sentido del desplazamiento.

El valor absoluto de la diferencia permite gobernar la velocidad del motor que acciona el desplazamiento de la herramienta.

En el sistema de contorneado se usa fundamentalmente un ordenador que simula en tiempo real la trayectoria que debe recorrer la herramienta, aquí se realizan dos procesos fundamentales: un proceso de translación y otro de interpolación. El primero consiste en encontrar todos los puntos intermedios necesarios para la definición de una curva. Esto es hecho generalmente por un computador de propósito general. El proceso de interpolación es la generación de la curva anteriormente aproximada y es efectuado por un interpolador. El interpolador es un dispositivo electrónico (a veces un computador de propósito especial y otras un minicomputador o microcomputador), que en función de la orden, que define el tipo -

de trayectoria a recorrer, crea dos salidas, una para gobernar el eje X y la otra para el eje Z, caso de interpolación en el plano. Estas salidas son trenes de impulsos que van relacionados con cada intervalo de tiempo dependiendo de la curva a generar. Cuando se trata de una recta con inclinación, la función que se utiliza es la pendiente de dicha recta; en el caso de arcos de circunferencia se utilizan las funciones seno y coseno.

4) Unidad de enlace y coordinación con la máquina herramienta.

Este subconjunto funcional de un control numérico abarca los conversores analógicos numéricos, los servomotores (los cuales accionan el movimiento de la herramienta a lo largo de los ejes), los preamplificadores de corriente con los que se accionan las servoválvulas, y en general todos aquellos componentes que sirven para informar a los circuitos de mando de los servosistemas, con objeto de llevar a cabo físicamente todas las operaciones del maquinado.

También se encuentran dentro de este subconjunto los detectores de parámetros determinados o de características propias de la máquina en cuestión (juego existente entre los dientes de los trenes de engranes, las masas de los carros, y los momentos de inercia de los órganos sujetos a aceleraciones y deceleraciones, etc.), debido a que la unidad de cálculo

lo no puede prescindir de esta información para la realización de sus funciones. De la bondad en la precisión constructiva de los órganos mecánicos dependerá en gran medida la calidad del trabajo realizado.

2.3 Operación de las Máquinas de Control Numérico

La operación de las máquinas herramienta equipadas con sistema de control numérico es más sencilla que la operación de máquinas herramienta convencionales, sin embargo un operador de máquinas de control numérico debe reunir las siguientes características fundamentales:

- 1.- Tener un conocimiento amplio sobre herramientas de corte, su uso y su cuidado.
- 2.- Tener nociones de trigonometría, y sobre todo, manejar bastante bien los signos algebraicos.
- 3.- Saber utilizar y leer los instrumentos de medición como lo son: calibrador de carátula o vernier, micrómetro, transportador, etc.
- 4.- Tener cierta experiencia en el manejo y cuidado de máquinas herramienta convencionales.

A continuación se describen las operaciones más comunes que el operador de una máquina con sistema de control numérico debe desarrollar, siendo algunas de éstas no sistemáticas.

1a.- Cuando se le ha de suministrar un programa a la máquina por medio de una cinta nueva, ya porque ésta sea la primera cinta o porque sea copia de una cinta que fue revisa-

da con anterioridad pero por su uso tuvimos que reemplazar, - es necesario que el operador efectue la revisión de dicha cinta, trabajando la máquina en vacío.

El operador empezará por borrar el programa pieza anterior e insertar el programa nuevo por medio del lector de cinta. Montar las herramientas y al mismo tiempo tendrá que - - ajustar los valores de los "offsets" de la máquina. Los "offsets" son un medio que tienen estos equipos, para compensar - los valores de la herramienta, sobre todo hablando de su longitud. Es evidente que la longitud de una broca, por ejemplo, tendrá que ser invariablemente distinta de cuando se montó -- por vez primera a cuando se monta después de afilar los filos de la misma, esto es, la longitud de una herramienta variará conforme se utilice; por decir, la longitud prefijada de un porta inserto, tomando en cuenta el filo cortante del inserto, será proporcionalmente distinta al desgaste del inserto. Cuando se tienen maquinados con una tolerancia estricta (del rango de ± 0.001 ") son muy útiles dichos "offsets", ya que de no existir éstos, se tendría que estar alterando el programa a cada cambio de inserto, y nunca se tendría un programa definitivo.

También se tienen "offsets" para diámetros, por ejemplo cuando se está contorneando una pieza por medio de un cor

tador y tenemos la necesidad de cambiarlo por otro de diferente diámetro, no es necesario cambiar las dimensiones del programa, bastará con cambiar el "offsets" correspondiente, por el adecuado, con lo que la unidad de cálculo hará los ajustes necesarios automáticamente.

Como se puede apreciar, los cambios de "offsets" no están programados y deben ser hechos manualmente por medio del teclado funcional. En algunos equipos este cambio es efectuado por medio de suministrarle el nuevo valor deseado, por - - ejemplo: si se tuviera un "offsets" de 0.037" y se requiere cambiar a -0.012", bastará con suministrarle este último. Pero en otros equipos es necesario llevarlo a cabo por medio de suma o resta algebraica, esto es, volviendo al ejemplo anterior, se tendrá que suministrar el valor de -0.049" para obtener el valor deseado de -0.012", de aquí parte de la importancia de que el operador conozca el manejo de los signos en las operaciones algebraicas. El único punto que hay que considerar al elaborar el programa con respecto a los "offsets" es - el de dar a cada herramienta un número correspondiente de - - "offsets" para poder efectuar los cambios necesarios posteriormente.

A continuación procederá a encender el interruptor denominado "Dry run" con el cual se logra que el avance de cor-

te especificado en el programa sea ignorado, y que los movimientos rápidos de posicionamiento sean hechos a una apropiada velocidad que nos permita observarlos y parar la máquina - en caso de haber una falla, por medio de los botones de emergencia. La máquina se moverá de acuerdo a la velocidad que seleccionemos con el interruptor denominado "Jog Feed rate", el cual tendrá funcionamiento al tiempo de encender el "Dry run" para ambos movimientos de corte y de posicionamiento, -- permitiéndonos esto hacer la revisión de la programación en forma segura y rápida.

Existen además otro interruptor llamado "Single Block" el cual nos permite transmitir el programa del control a la máquina bloque por bloque, con lo cual se pueden cotejar los movimientos uno a uno de acuerdo al programa y detectar exactamente dónde se encuentra el error en caso de existir.

La utilización de estos dos interruptores "Dry run" y "Single Block" pueden ser en conjunto o puede no serlo y cualquiera de los dos puede estar encendido independientemente -- del otro.

2a.- El operador debe conocer también la forma de cómo insertar, alterar, o borrar información en un programa que se encuentra almacenado en la unidad de memoria interna, esto

es simple y se efectua por medio de las teclas "insert"; "alter" e "erase", respectivamente. Para llevar a cabo esto se coloca el interruptor de "modo" en la posición "edit" y sólo es necesario traer a la pantalla el valor deseado y oprimir "erase" en caso de querer borrar; suministrarle el nuevo valor a través del teclado funcional y oprimir "alter" en el caso de una alteración; o fijar la letra del código a insertar, darles su nuevo valor por medio del teclado y oprimir "insert" para el caso de suministrar nueva información.

Para traer a la pantalla la información deseada se hace por medio de las teclas llamadas "scan" las cuales pueden explorar el programa carácter por carácter, ya sea hacia atrás o hacia adelante partiendo del número de bloque de información y éste a su vez es traído por medio de la tecla "input".

3a.- Dentro de las operaciones que se programan en ciertos tipos de piezas, encontramos el uso de los siguientes interruptores: "Optional block skip", "Optional stop", y "Manual operation".

El primero es muy útil en los dos siguientes casos: - cuando existen piezas muy similares pero que difieren en el maquinado (por ejemplo, algunos barrenos de más o menos, un bisel o una ranura, etc.). Al tiempo de hacer el programa se

le pone una clave al principio de los bloques que contienen - la información para ejecutar dicho trabajo, de tal forma que al encender el control la unidad de interpretación de órdenes ignorará esta información con lo que la máquina herramienta - no lo llevará a efecto, con esto nos evitamos el elaborar dos programas que en esencia serían los mismos.

El otro caso es cuando una misma pieza se proporciona en bruto o premaquinada, dependiendo de las necesidades de -- trabajo; aquí podemos elaborar el programa completo y poner - la clave sólo en las operaciones del premaquinado mencionado.

El segundo interruptor sirve para hacer un paro opcio- nal que puede servir para voltear la pieza (en el caso de un torno para hacer alguna medición importante, etc.), y sólo es necesario oprimir el botón de "Cycle start" para continuar -- con el programa.

El tercero es para las operaciones manuales, las cua-- les deben evitarse, pero cuando es necesario efectuarlas, el operador deberá, al momento de llegar a la parte donde habrán de efectuarse, cambiar el interruptor de "modo" de la posi- - ción "memoria" a operación "manual" y tomar nota de las coor- denadas, por medio de la pantalla de la posición de la herra- mienta, para que una vez terminado el trabajo, regrese esta a

su posición para continuar trabajando automáticamente. Esto generalmente es utilizado en piezas grandes y de fundición, - cuando existen dimensiones con variaciones considerables, y - fuera de control.

4a.- Por último tenemos las operaciones cotidianas -- del interruptor "Feed rate over ride" y de cómo empezar automáticamente a partir de cualquier bloque de información.

Como ya se ha mencionado, al elaborar el programa, se ha tomado en consideración muchos factores para el cálculo de la velocidad de avance, no obstante éste puede no ser el conveniente en algunas piezas, y esto debido a que por lo general las piezas son sometidas a un relevado de esfuerzos antes de ser maquinadas, resultando difícil controlar la homogeneidad de la dureza adquirida por dichas piezas, encontrándose - que pueden haber algunas piezas más duras y/o más suaves que el promedio general. Sin contar en lo común que es encontrar impurezas en piezas de fundición. El "Feed rate over ride" - es un interruptor que nos permite cambiar el avance programado, está marcado en incrementos porcentuales de éste último - (generalmente de 0 a 200%) con lo que el operador puede subir o bajar la velocidad de avance según sea conveniente. Sin embargo por razones obvias este interruptor es inefectivo al -- tiempo de estar efectuando un trabajo de roscado.

Para poder comenzar a trabajar automáticamente a partir de un determinado número de bloque, es necesario proporcionarle únicamente el número de éste, como ya se vio con anterioridad, siendo necesario proporcionarle anticipadamente los bloques donde se encuentren los datos necesarios para ejecutar el trabajo (número de herramienta, velocidades, etc.). Supóngase que en una operación se están efectuando 35 barrenos de una determinada medida, y que después de algunas piezas el operador nota que la broca se ha desafilado al tiempo que se encontraba en el barreno número 21, deberá parar la máquina y cambiar la broca o mandarla a afilar. Sería muy engorroso tener que empezar la operación a partir del primer barreno, siendo además una pérdida de tiempo inconcebible; por lo que esta técnica de poder empezar a trabajar a partir de cualquier bloque de información es una de las grandes y valiosísimas ventajas que poseen estos equipos de control numérico. La figura 7B y 8B muestran ejemplos de panel de operación de máquinas de control numérico, como podrán apreciar -- existen ciertas diferencias debido a que corresponden a fabricantes diferentes, sin embargo la manera de manejo es similar a la descripción anterior; consultar apéndice.

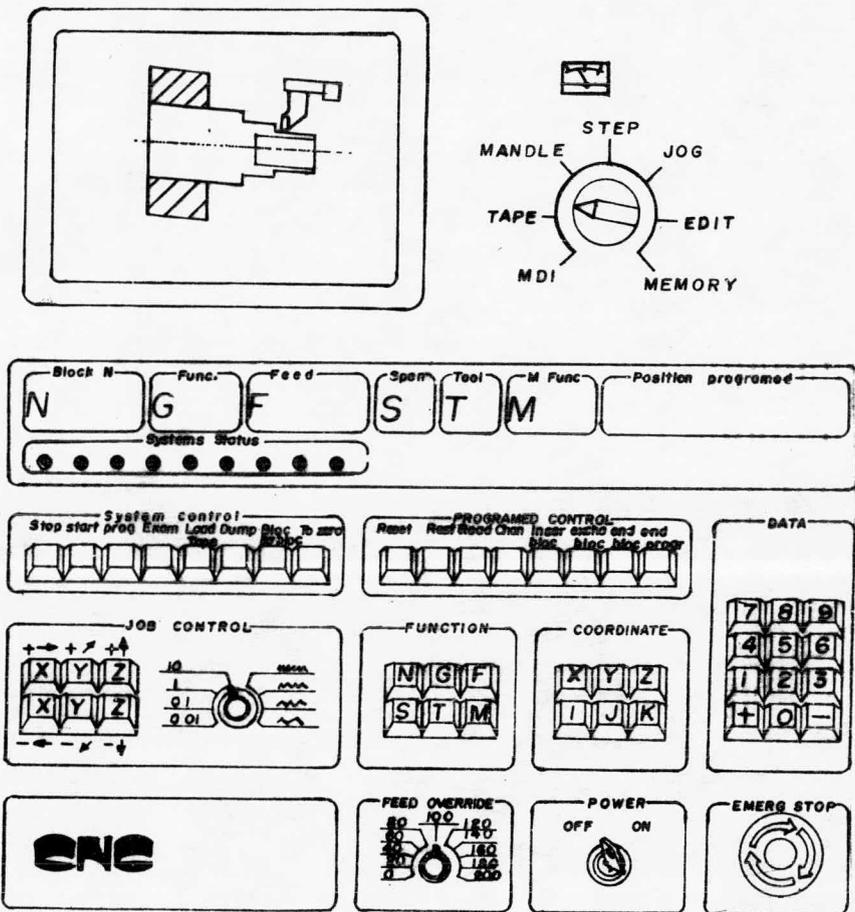


FIG. 7B PANEL DE OPERACION

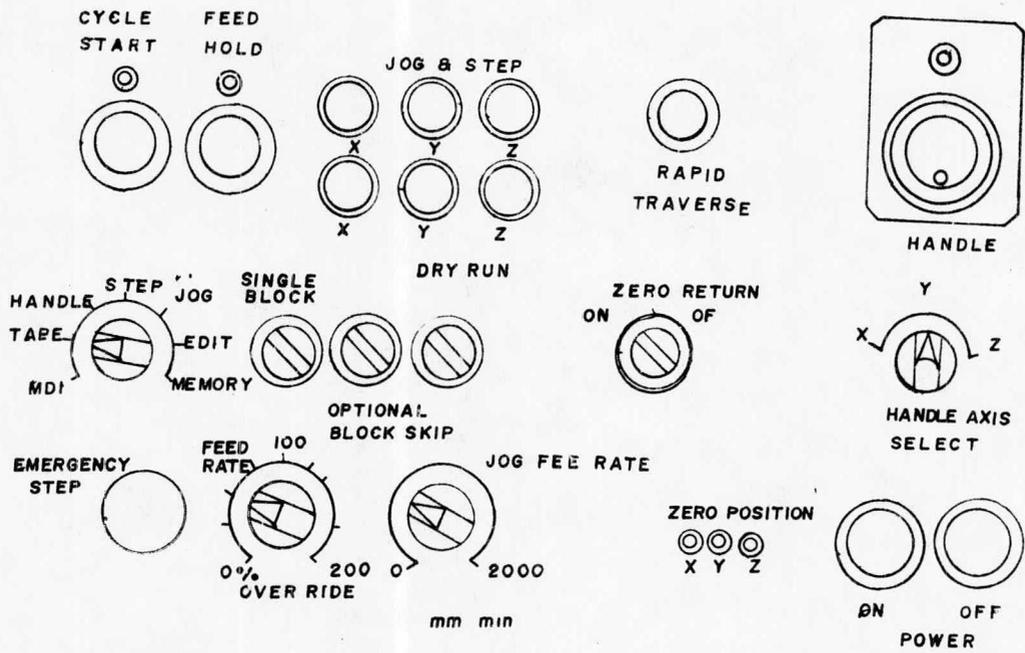


Fig 8B EJEMPLO DE PANEL DE OPERACION

2.4 Programación de las Máquinas con Control Numérico

Como se vio en el Capítulo I, la programación de una máquina puede ser hecha por tres métodos distintos, los cuales son:

1.- Programación manual o en lenguaje máquina: Aquí el programa del mecanizado de una pieza es escrito únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza una persona.

2.- Programación directa: En este caso el programa de mecanizado de una pieza es escrito empleando claves que el fabricante ha considerado en el diseño para facilitar la programación, sin embargo los razonamientos y secuencia de trabajo la da el programador, evitándole únicamente los cálculos.

3.- Programación automática: Para este caso, todos los cálculos son realizados por un computador de propósito general que en su salida suministra el programa de la pieza en lenguaje máquina.

Lo que determina el método a usar es primordialmente la complejidad del maquinado y los cálculos necesarios para la obtención del programa de dicha pieza.

Entre las funciones de un programador, encontramos que deberá:

a) Descomponer el maquinado de la pieza en operaciones elementales definiendo las órdenes tecnológicas del trabajo - (velocidad de avance, velocidad de rotación del husillo, etc.)

b) Dar la secuencia preferencial de las operaciones.

c) Efectuar todos los cálculos y razonamientos para la elaboración del programa.

d) Escribir en lenguaje máquina el listado del programa de acuerdo al manual de formato de programación correspondiente.

e) Elaborar la cinta de acuerdo al listado del programa.

f) Introducir el programa al control numérico.

g) Realizar la revisión de la cinta, cuando ésta sea nueva.

Ahora, con respecto al posicionamiento de los ejes - - coordenados, X, Y, Z, es decir al suministro de dimensiones - para el desplazamiento en los ejes, el programador dispone de dos sistemas de posicionamiento que la unidad de mando acepta, y son los siguientes:

1.- Sistema de posicionamiento o cotas absoluto. La - utilización de este sistema se basa en un punto de origen - -

(punto cero de la máquina), de manera que todos los posicionamientos coordinados posteriores de herramientas, serán referidos con respecto a éste.

2.- Sistema de posicionamiento incremental. Cuando se trabaja con sistema incremental, el posicionamiento de herramientas siempre es de un punto respecto a otro por lo que la coordenada dada permanece referida a la posición anterior.

En la actualidad existen equipos de control numérico - que son susceptibles a trabajar ambos sistemas de posicionamiento, en un mismo programa de mecanizado. No obstante que es necesario especificarlo.

2.4.1 Formatos de programación

El formato de programación es la manera en que nos "comunicamos con la unidad de control, que comanda la máquina herramienta; por medio del código de programación.

Los formatos se componen de: caracteres alfabéticos y numéricos, por ejemplo: G, F, 5, 03, X, M, Y, Z, etc.

Con los caracteres se forman palabras que designan funciones o direcciones, por ejemplo: G 01, Z 58, M 7 T 07.

Ahora, las palabras unidas indican las operaciones a efectuar, y a su vez éstas no forman un bloque de información y un conjunto de bloques componen un programa de mecanizado. Ejem. N . . / G84 / X + . . . / Z + . . . / F . . .

Por desgracia, no existe una normalización de dichos formatos y cada constructor utiliza los suyos, no obstante se nota una cierta tendencia a ser muy parecidos entre sí. A -- continuación voy a enlistar los caracteres más comúnmente utilizados por la mayoría de los constructores de equipos de control numérico, dando en cada caso su significado.

N corresponde al número de bloque de información, no tiene que ser escrito necesariamente, pero es muy útil en la localización del bloque.

G es la clave que designa a las funciones preparatorias las cuales le informan al control de las características de la operación del mecanizado, y es en sí una función vital en un programa.

X, Y, Z corresponden a las cotas según los ejes, x, y, z, de la máquina herramienta; utilizando los signos (+ y -) -- con X y Y, se puede, si es necesario, situar manualmente, -- cualquier punto en cualquiera de los cuatro cuadrantes. Por

lo general Z indica la carrera de avance que la herramienta - ha de efectuar.

M corresponde a las funciones auxiliares, también llamadas complementarias o misceláneas, como lo son: salida o - paro del líquido refrigerante, rango de velocidades, etc.

F especifica la velocidad de avance, la cual puede ser establecida en mm/rev ó mm/min. (o en pulg/rev, pulg/min), de pendiendo del sistema en que se programe.

S determina la velocidad de rotación del husillo principal de la máquina herramienta.

I, J, K, son utilizados para programar arcos de circunferencia y corresponden a los ejes; x, y y z respectivamente. En algunos equipos es común encontrar a K representando también la profundidad de cuerda en un trabajo de roscado.

T corresponde el número de herramienta a utilizar, y - en algunos equipos especifica también el número de "offsets".

H especifica número de bloque y significa una línea -- completa de información, también es común encontrarla determinando el número de "offsets".

Como ya se dijo anteriormente, los formatos anteriores son comunes a casi todos los controles numéricos, pero no son éstos todos los utilizados por un determinado equipo.

A fin de mostrar ejemplos de programación se anejan -- los siguientes programas para máquinas de control numérico diferentes.

Para el primer programa considérese lo siguiente:

Torno de un porta herramienta, marca EMCO COMPAC 5 de C.N.C., control microprocesador (de circuito cerrado, trayectoria continua, sistema incremental de cotas y lector de cinta magnética).

- 1).- La programación es en (mm).
- 2).- Cualquier cantidad, dada a la unidad de control es considerada 1/100.
- 3).- La potencia de la máquina es pequeña por lo que -- únicamente se hacen cortes de 1 mm de profundidad en cada pasada 1.5 H.P.
- 4).- El cambio de herramientas es manual, la unidad de control no controla el cambio de herramientas.
- 5).- Las r.p.m. no son controladas por la unidad de -- control pero sí por un Variac.
- 6).- No existe líquido refrigerante durante el corte.

Es una máquina muy pequeña, con limitantes pero al fin cumple con las funciones básicas de control numérico.

Los formatos empleados en la programación son los siguientes:

- G 00 Indica a la máquina un desplazamiento rápido 250 mm/min, en cualquier eje coordinado.
- G 01 Interpolación lineal en el eje X o Z.
- G 03 Interpolación circular sentido horario.
- G 02 Interpolación circular sentido anti horario.
- G 20 Paro programado de la máquina, para cambio de herramienta.
- G 21 Sirve para indicar que existe un bloque en blanco.
- G 22 Es de mucha importancia, debido a que indica finalización de programa.
- G 33 Se utiliza para efectuar roscas.
- G 78 Ciclo automático de roscado programado.
- G 80 Ciclo automático de cilindrado programado.

El segundo programa es para un Taladro-Fresadora CM-400 marca TERCO, control CNC 1000 (de circuito cerrado, posicionamiento punto a punto, sistema absoluto y lector de cinta perforada). Se agregan las siguientes funciones:

- M 03 Giro del cabezal sentido horario.

M 05 Paro del cabezal.

S Corresponde a un determinado número de r.p.m.

Los dos primeros programas corresponden a máquinas didáctico. Sin embargo el subsecuente programa N. 3 muestra la manera de programación en equipo de producción y es para la pieza que muestra la figura 13B. Dicha pieza es maquinada en un Torno Graziano Tortona con control CONTOR 10 (de circuito cerrado, trayectoria continua, y lector de cinta perforada). Dando a continuación las explicaciones pertinentes sobre la elaboración de dicho programa.

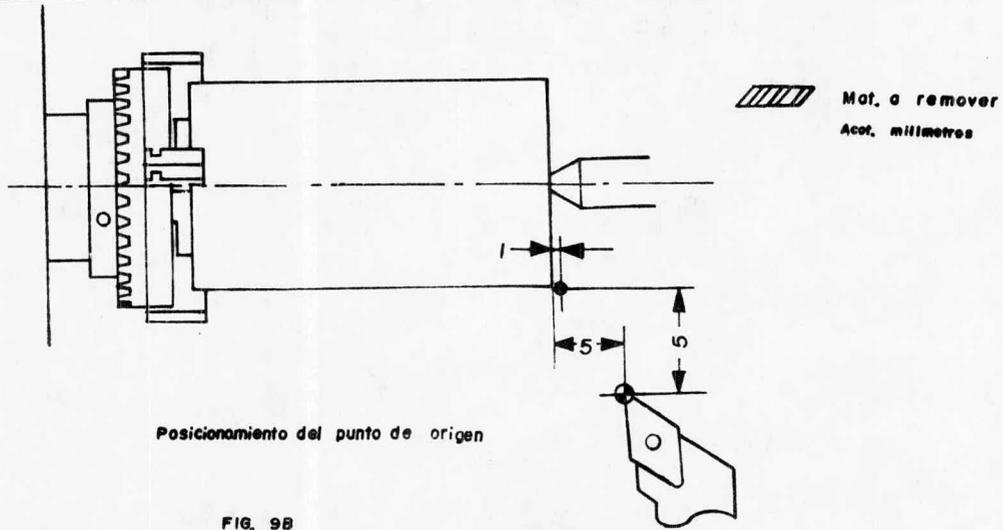
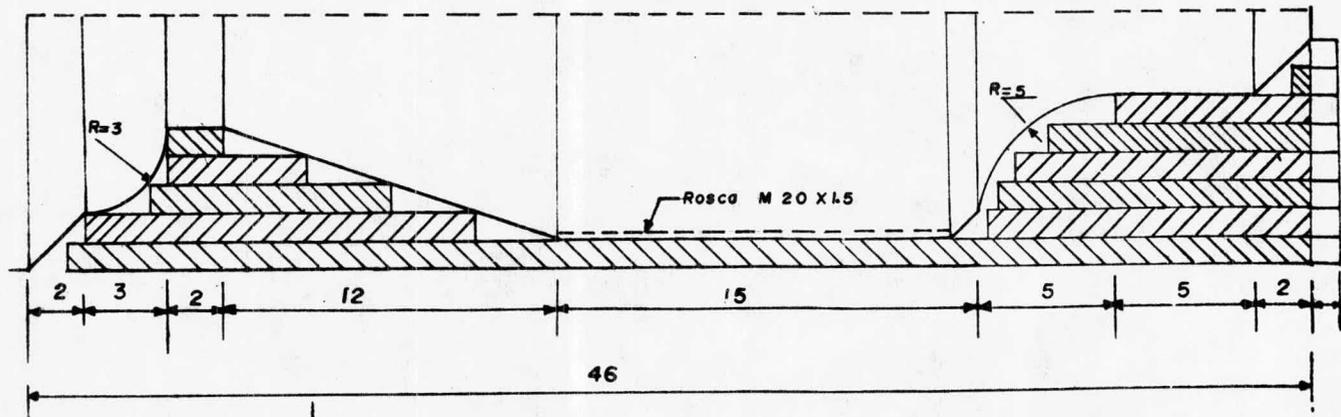


FIG. 98

PROGRAMA No. 1 Fig. 9B

| N | G | X | Z | F | S (min) | OBSERVACIONES |
|----|----|-------|-------|-----|---------|---------------------|
| 01 | 01 | -500 | - 400 | 100 | 2800 | HERRAMIENTA DERECHA |
| 02 | 84 | -100 | -4540 | 100 | | |
| 03 | 84 | -200 | -1260 | 100 | | |
| 04 | 84 | -300 | -1220 | 100 | | |
| 05 | 84 | -400 | -1160 | 100 | | |
| 06 | 84 | -500 | -1040 | 100 | | |
| 07 | 84 | -600 | -800 | 100 | | |
| 08 | 84 | -700 | -160 | 100 | | |
| 09 | 00 | -800 | | | | |
| 10 | 00 | 0 | -100 | | | |
| 11 | 01 | 200 | -200 | 50 | | |
| 12 | 01 | 0 | -500 | 100 | | |
| 13 | 02 | 500 | | 30 | | |
| 14 | 01 | 0 | -1500 | 100 | | |
| 15 | 01 | -100 | -300 | 70 | | |
| 16 | 01 | 0 | -1360 | 100 | | |
| 17 | 00 | 100 | | | | |
| 18 | 00 | 0 | 1360 | | | |
| 19 | 01 | - 100 | - 100 | 70 | | |
| 20 | 01 | 0 | -860 | | | |
| 21 | 00 | 100 | | | | |
| 22 | 00 | 0 | 860 | | | |
| 23 | 01 | - 100 | - 300 | 70 | | |
| 24 | 01 | 0 | -500 | 100 | | |
| 25 | 00 | 100 | | | | |
| 26 | 00 | 0 | 500 | | | |
| 27 | 01 | - 100 | - 300 | 70 | | |
| 28 | 01 | - 200 | | 100 | | |
| 29 | 03 | 300 | | 30 | | |
| 30 | 01 | 200 | - 200 | 70 | | |
| 31 | 00 | 0 | 3700 | | | |

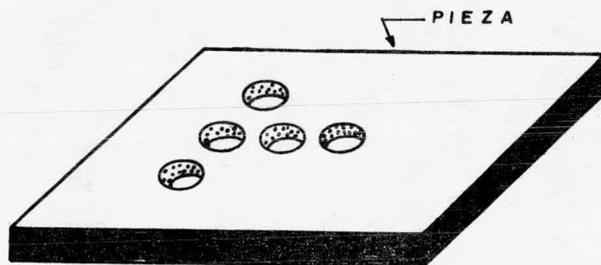
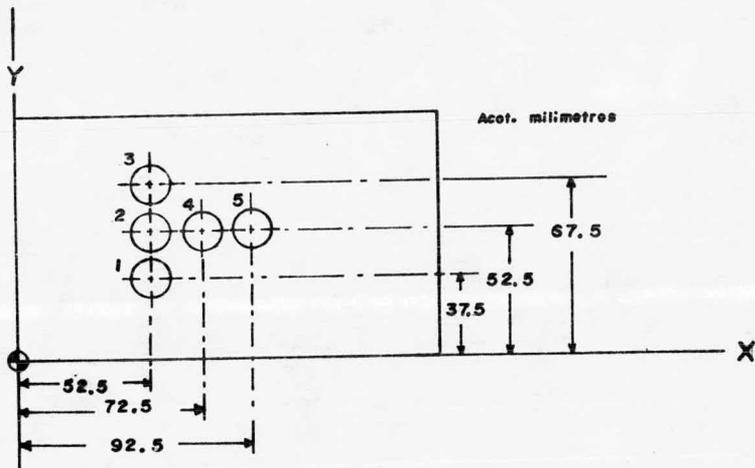
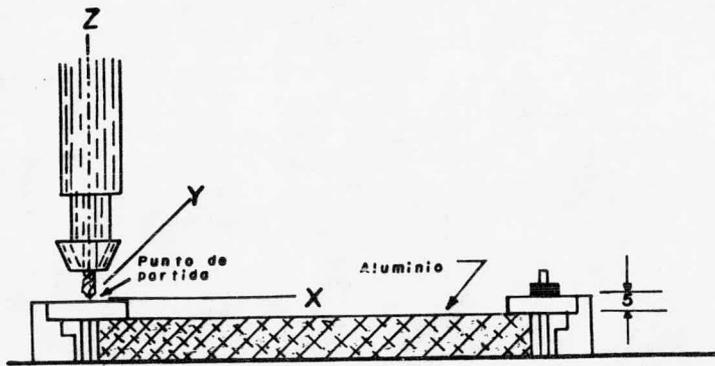


FIG. 10B

2.4.2 Compensación de la Herramienta

Es necesario efectuar siempre las compensaciones de la herramienta, puesto que la máquina herramienta tomará las -- coordenadas que se le vayan suministrando como las coordena-- das de un solo punto que va cortando la pieza, siendo que en realidad, la punta de la herramienta es redonda de cierta ex-- tensión y corta la pieza tangencialmente a dicha redondez, se-- gún sea la dirección de alimentación, en cualquier punto den-- tro de ésta.

Para entender esto mejor, veamos la figura siguiente; en ella se muestra la vista ampliada de la punta de un in-- serto empleado para torneear diámetros exteriores.

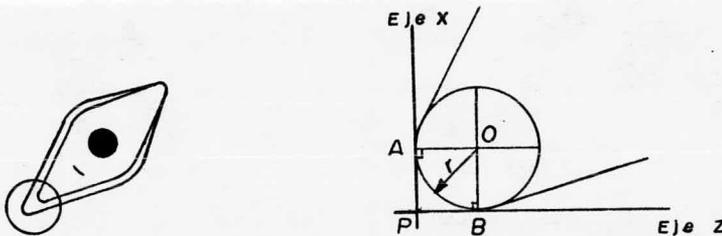


FIG. 118. VISTA AMPLIFICADA DE LA PUNTA DEL INSERTO

En programación y refiriéndonos a la figura anterior, el punto P se considera como la punta de la herramienta, mien-- tras que el punto O se asume como el centro del círculo cuyo radio es r y que describe la verdadera punta de la herramienta.

Cuando la herramienta avanza a lo largo de los ejes X o Z se tiene que en realidad está cortando en los puntos A o B respectivamente. En este caso el valor de las coordenadas de los puntos A y P es igual en el eje Z pero diferente en el eje X.

Por el otro lado, el valor de las coordenadas de los puntos B y P es igual en el eje X, mientras que en el eje Z difieren.

Cuando la herramienta corta paralelamente a uno de los ejes, la condición anterior se cumple y sólo hay que restar o sumar el valor del radio de la herramienta, según sea el caso en la coordenada del eje paralelo en el cual nos está afectando dicha asunción, pero cuando la herramienta corta a lo largo de un plano inclinado, como en el bisel, ocurre un error a causa de dicha asunción.

En la figura siguiente, se supone que la herramienta tiene un avance de corte de derecha a izquierda, en el cual, al llegar el ángulo del perfil de la pieza, se produce dicho error.

De la figura anterior tenemos que:

ϕ .- ángulo formado entre el eje X y el plano inclinado.

θ .- ángulo formado entre el eje Z y el plano inclinado.

r.- radio de la herramienta.

$$AC = r \tan \theta/2$$

$$BD = r \tan \phi/2$$

$$Fz = PA = PC - AC = r - r \tan \theta/2$$

$$Fz = r (1 - \tan \theta/2) \dots\dots\dots (a)$$

$$Fx/2 = PB = PD - BD = r - r \tan \phi/2$$

$$Fx = 2r (1 - \tan \phi/2) \dots\dots\dots (b)$$

Fx se encuentra dividida por 2 ya que hay que recordar que las dimensiones en el eje X se encontrarán siempre en diámetro.

A continuación voy a enlistar los formatos que usé en la programación de esta pieza, y que constituyen sólo una parte de todos los formatos que componen la hoja de programación de la máquina antes mencionada, los demás son de acuerdo a lo explicado anteriormente (T, S, F, etc.).

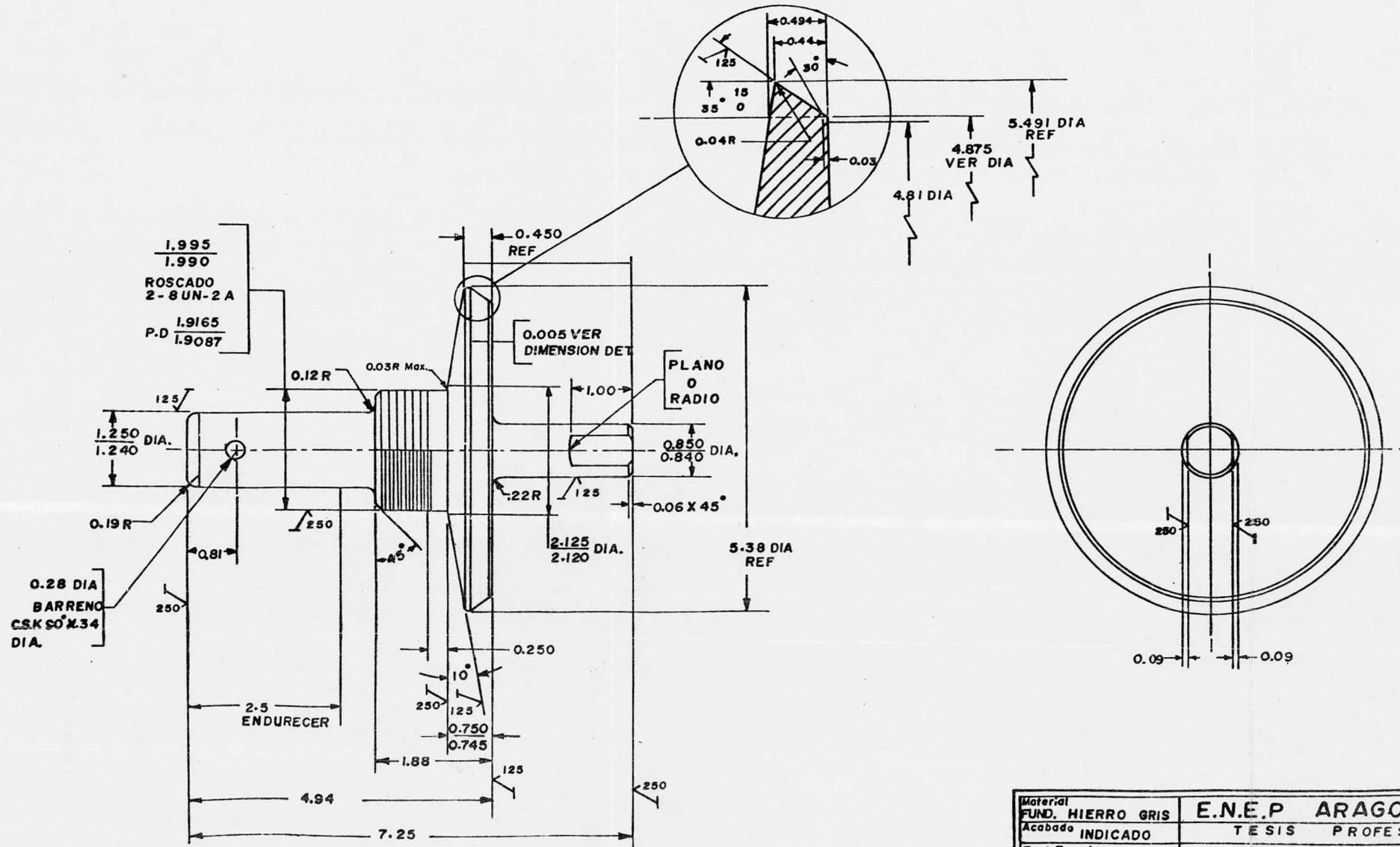
G 0 Posicionamiento rápido, (X, Z) 250 m/min.

G 1 Movimiento lineal con avance de corte

G 2 Movimiento circular con avance de corte (horario)

G 3 Movimiento circular con avance de corte (antihorario).

- G 28 Funcionamiento en continuo
- G 33 Ciclo de roscado varias pasadas
- G 90 Programación absoluta
- G 94 Programación en mm/min.
- G 96 Velocidad de corte constante
- M 03 Rotación del husillo
- M 06 Cambio de herramienta
- M 07 Salida de refrigerante en la segunda torreta
- M 08 Salida de refrigerante en la primera torreta
- M 09 Paro del refrigerante
- M 30 Fin de programa con reinicio del ciclo
- % STOP, Fin de trabajo.



| | | | |
|--------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|
| Material | FUND. HIERRO GRIS | E.N.E.P ARAGON U.N.A.M | |
| Acabado | INDICADO | TESIS PROFESIONAL | |
| Trat Termico | | RAYMUNDO CEDILLO M | |
| Decimales | | Escala 1:1 | |
| Angulares | INDICADO | CUERPO VALVULA | Dibujo ACOLOCACIONES PULGADAS |
| | | | Reviso |
| | | | Fecha 4 ENERO 1987 |

FIG 13 B

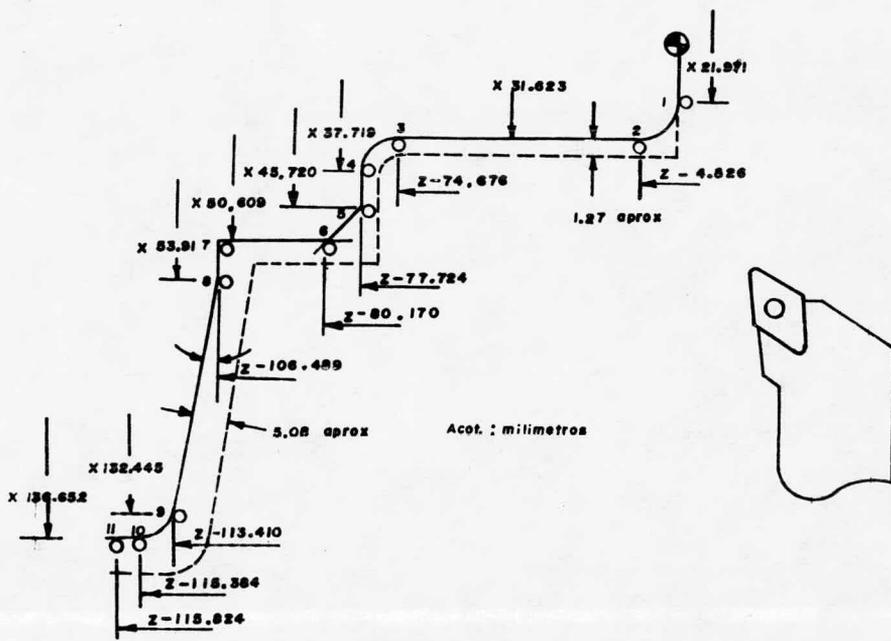
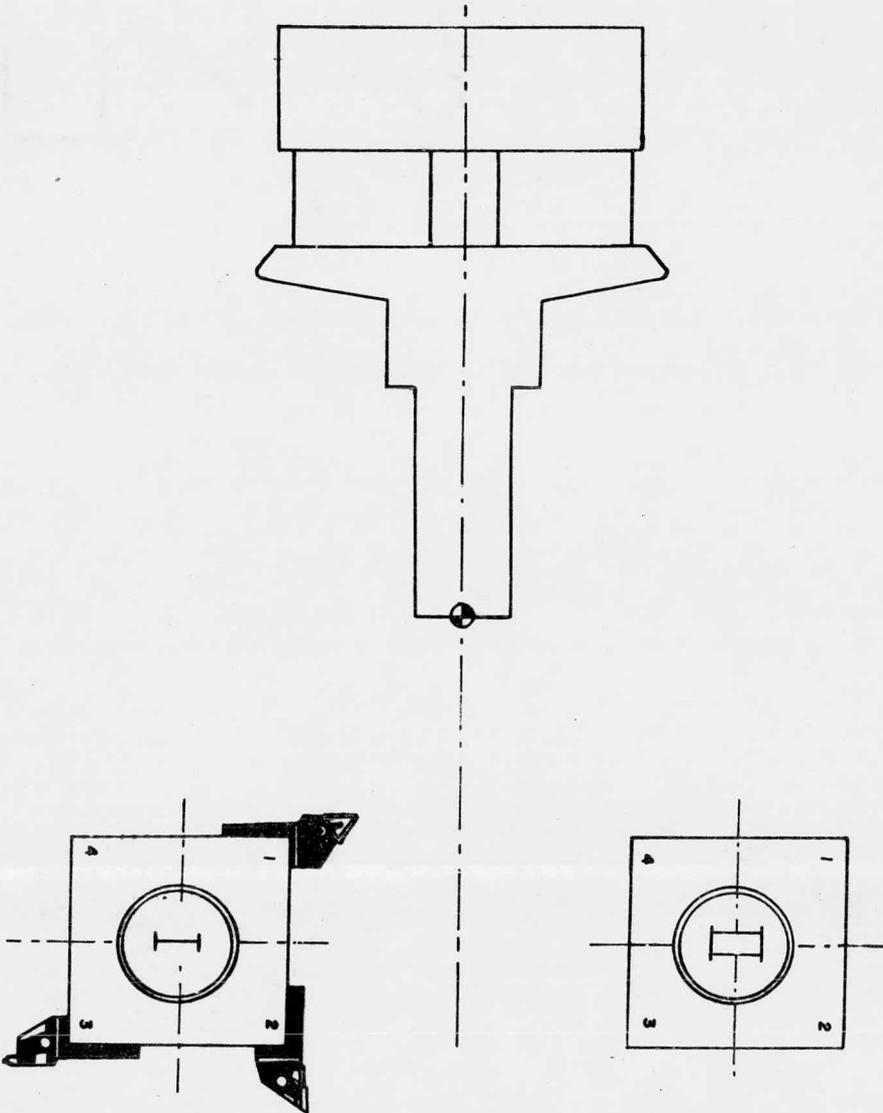


FIG. 148 Dibujo adicional

- Linea de sobre espesor
- Operacion a efectuar
- ⊕ Punto cero del programa (X=0, Z=0)
- X Representan diametros
- Z Representa longitudes



| HOJA DE PREPACION Y HERRAMENTADO | | | TORNO GRAZIANO CONTROL CONTOR CN7T | |
|----------------------------------|-------------|-----------|---------------------------------------|-------------|
| T | HERRAMIENTA | INSERTO | CORRECTOR X | CORRECTOR Z |
| 101 | DTJNRS 164 | TNMG 432 | | |
| 202 | NELR 163 | NPR 132 F | | |
| 303 | NSR 164 | NT 3R | | |

FIG. 15 B

CALCULOS

Para el cálculo de la compensación de la herramienta, se está utilizando las características de un inserto marca -- KENAMEX tipo NRP-132F KC 810 de 1/32" (0.7950 mm) de radio.

La figura 15B muestra el herramientado utilizado en el mecanizado de la pieza.

Los puntos del perfil a calcular se muestran en el dibujo adicional (Fig. 14B), las compensaciones de radio a efectuar con respecto a la herramienta, utilizando las fórmulas a y b, son:

Para el ángulo de 10°

$$F_x = 2 \times 0.7950 (1 - \tan 80/2) = 0.256$$

$$F_x = 0.7950 (1 - \tan 10/2) = 0.7239$$

Para el ángulo de 45°

$$F_x = 2 \times 0.7950 (1 - \tan 45/2) = 0.9264$$

$$F_z = 0.7950 (1 - \tan 45/2) = 0.4648$$

CALCULO DE LOS PUNTOS DEL PERFIL

$$1) \quad X = 21.971 - (2 \times 0.7950) = 20.3809$$

$$Z = 0$$

$$X = 31.623$$

$$2) \quad Z = -4.826 + (-0.7950) = -5.6210$$

$$K = -4.826 - 0.7950 = -5.6210$$

- $X = 31.623$
 3) $Z = -74.676 + (0.7950) = -75.4710$
 $X = 37.719 - (2 \times 0.7950) = 36.1289$
 4) $Z = -77.724 \quad I = 3.048 - 0.7950 = 2.2529$
 $X = 45.72 - 0.9296 = 44.7903$
 5) $Z = -77.724$
 $X = 50.6095$
 6) $Z = -80.1700 + (-0.4648) = 80.6348$
 $X = 50.6095$
 7) $Z = -106.4895$
 $X = 53.9115 - 0.2565 = 53.6549$
 8) $Z = -106.4895$
 $X = -132.4457 - 0.2565 = 132.1892$
 9) $Z = -113.4135 + (-0.7239) = -114.1374$
 $X = 136.652 \quad I = -0.4673$
 10) $Z = -115.3845 + (-0.7950) = -116.1796 \quad K = -2.6593$
 $X = 136.652$
 11) $Z = -115.8240 + (-0.7950) = -116.6190$

CALCULOS EFECTUADOS PARA EL ROSCADO

$$\text{Profundidad de cuerda} = \frac{0.650}{\text{No. de hilos por pulg.}}$$

$$\text{Paso de roscado} = \frac{1}{\text{No. de hilos por pulg.}}$$

Por lo tanto:

$$K = -\frac{0.650}{8} = 0.0813 = 2.0650 \text{ mm}$$

$$F = -\frac{1}{8} = 0.125 = 3.175$$

Las velocidades de corte se toman de tablas en un principio y son ajustadas dependiendo de las condiciones de trabajo que se tengan, como lo son: condiciones de sujeción, etc.

CUERPO VALVULA

| | | |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|
| N01 | T101M6 (MSG, DESBASTE Ø MAYOR) | |
| N02 | G90G96S1M3M8 (SSL, 400) | |
| N03 | GOX139.732 | |
| N04 | GOZ-108 | |
| N05 | G1Z-115.3F0.15 | |
| N06 | GOX142 | |
| N07 | GOZ-108 | |
| N08 | GOX137.732 | |
| N09 | G1Z-115.3 | |
| N10 | GOX140 | |
| N11 | GOZ-101.3 | |
| N12 | GOX54.0 | DESBASTE SOBRE ESPESOR DEL 10° |
| N13 | G1Z-103.509 | |
| N14 | G1X137.732Z-110.3F0.15 | |

N15 GOZ-101.5
N16 GOX54.0
N17 GLZ-106.7
N18 GLX137.732Z-113.664
N19 GOX138.5
N20 GOZ-2
N21 GOX33
N22 GLX-1
N23 GOZ2
N24 GOX31.877 DESBASTE DEL PUNTO 1 a 8
N25 GLZ-74.676
N26 G2X37.719Z=77.470I3.048
N27 GLX45.720F0.15
N28 GLX50.863Z-79.916
N29 GLZ-106.235
N30 GLX53.910
N31 G0Z200
N32 T202M6 (MSG,ACABADO)
N33 G90G96S1M3M8 (SSL, 400)
N34 G0Z0
N35 GOX20.380
N36 G3X31.623Z-5.621K5.621F0.1
N37 GLZ-75.471
N38 G2X36.128z-77.724I2.252
N39 GLX44.790

N40 G1X50.609Z80.634
 N41 G1Z-106.489
 N42 G1X53.654
 N43 G1X132.189Z-114.137
 N44 G3X136.652Z-116.179I0.467K2.659
 N45 G1Z-116.619
 N46 G0X138
 N47 G0Z200
 N48 T303M6 (MSG, ROSCADO)
 N49 G97S450M3M8
 N50 G0X50.609
 N51 GZ-77.72
 N52 G33Z-100.139K3.17L1111208
 N53 G0X52
 N54 G0Z200
 N55 M30

8

Para efectuar el roscado se introduce el código L se--
guido de 7 cifras.

1a. Cifra Determina la distancia (X) de la herramien
ta a la pieza en el retorno.

0 ó 1 distancia 1 mm

2 " 2 mm

- 2a. Cifra 0 roscado con garganta
 1 roscado sin garganta
- 3a. Cifra Número de entradas, de que consta la rosca.
- 4a. Cifra 0 rosca métrica
 1 rosca vithworth
- 5a. Cifra No. de pasadas en acabado
- 6a. y 7a. No. de pasadas en debate

CAPITULO III
APLICACION DE EQUIPO DE CONTROL NUMERICO
EN EMPRESAS DE ALTA PRODUCCION

En nuestro país son pocas las empresas que cuentan con equipos de control numérico, debido al costo e inversión que implica adquirir un centro de maquinado o torno.

Sin embargo, de acuerdo a exigencias del producto, producción y con capacidad de comprar máquinas de control numérico la compañía logra un grado de automatismo que le permite ser eficiente en cualquier trabajo de manufactura a nivel nacional. En países como: Japón y EE.UU., se cuenta con equipo de manufactura altamente automatizada, de manera que desde una oficina se controla numéricamente la producción de una determinada industria, dotada de centros de maquinado para (Torneado, fresado, mandrilado, taladrado, etc.), y "Robots" que proveen y desproveen material y piezas a mecanizarse. La aplicación de máquinas herramienta equipadas con control numérico ha rebasado los límites de producción pequeña y mediana hasta llegar a la alta producción, porque así se requiere. No obstante que en México empezamos a conocer y emplear dicha maquinaria, principalmente en industria de pequeña y mediana producción, ya que para ser altamente productivos necesitamos mayor tecnología en todos los ámbitos que nos rodean, lo que

creará la necesidad de piezas más sofisticadas y de mayor calidad, para lo que debemos estar preparados.

3.1 Criterios de Fabricación de Piezas en C.N.C.

A continuación se dan a conocer los siguientes criterios para la aplicación de equipo de C.N.C. con el fin de ubicar el mayor aprovechamiento de la máquina, a su vez éstos no pretenden restringir el uso del equipo, porque como ya sabemos son muy versátiles. Sin embargo sirven como base general para seleccionar las piezas que han de procesarse con máquinas de control numérico, no obstante la selección de piezas, puede ser hecha en cada empresa en forma particular dependiendo de las exigencias de producción.

a).- Complejidad en el maquinado.- Se refiere principalmente a las piezas con contornos muy caprichosos, tolerancias muy estrictas, operaciones poco flexibles, etc.

b).- Repetición en su manufactura.- Se refiere a que una misma pieza sea fabricada en lotes, cierto número de veces al año.

c).- Número de operaciones.- Este criterio implica necesariamente el número de herramientas, buscándose siempre el provecho de poder maquinar piezas con varias operaciones en un solo montaje.

d).- Tipo de lote.- Como ya se explicó antes, la con-

cepción inicial fue para lotes pequeños y medianos, pero en -
nuestros días se ha ampliado hasta abarcar los lotes grandes,
haciendo énfasis de que esto último sólo se ha logrado llevar
a la práctica en las grandes potencias.

3.2 Ventajas de la Utilización de Máquinas con Control Numérico.

A continuación se enumeran algunas de las ventajas que se obtienen al utilizar máquinas herramienta equipadas con control numérico.

1) En el aspecto de ahorros de tiempo tenemos: el sistema no está supeditado a fatigas o estados de ánimo de operador alguno, los tiempos de maquinado se reducen considerablemente por la utilización sistemática de las mejores técnicas de fabricación, velocidades y avances indicados, los desplazamientos en vacío y los cambios de herramienta se hacen a una velocidad muy superior y encontramos que en los centros de mecanizado, se tienen por lo menos dos mesas de trabajo, con lo que se elimina el tiempo muerto de carga y descarga de la máquina.

2) Mano de obra menos calificada.- Como se vio en el capítulo anterior, el cuidado y manejo de este equipo no requiere de personal con calificación especial, y es mucho más sencillo que el de una máquina convencional.

3) Con respecto a la producción tenemos: en primer lugar a causa del ahorro de tiempo, encontramos un aumento en la productividad. Se logran piezas prácticamente idénticas -

(siempre y cuando el operario tenga cuidado de sus herramientas), debido a que todas son maquinadas con las mismas instrucciones perforadas en la cinta, y los juegos mecánicos de la máquina influyen siempre de la misma forma. Facilita el control de la producción en tiempos y movimientos bajo un estándar especificado, puesto que los tiempos se repiten necesariamente. Reduce al mínimo los desechos debido a su gran fiabilidad y repetitividad. Permite realizar ciclos de trabajo tan completos y complejos como puedan existir.

4) Calidad del producto.- Se tiene una mayor precisión debido a la construcción en sí de una máquina para control numérico. Además una máquina de este tipo es más universal y se pueden hacer operaciones completas o casi completas de maquinado, lográndose que la calidad del producto mejore grandemente.

5) Reduce el control de calidad.- Es permisible y recomendable, por los criterios expuestos en los puntos anteriores, efectuar las mediciones de revisión del control de la calidad, solamente en nuestras escogidas de grupos de piezas, sobre todo al efectuar cambios de herramienta.

6) El almacenamiento de las cintas y los listados de programas es mucho más práctico y funcional y ocupa menos es-

pacio que el almacenamiento de los elementos de referencia -- usados hasta hoy, como lo son: guías, plantillas, prototipos, modelos, etc.

7) Flexibilidad en el trabajo.- Como ya se ha visto, el cambio de trabajo es fácil y rápido, bastando con cambiar el programa de la pieza, por medio de otra cinta, para obtener una pieza muy diferente a la anterior. El cambio de programa lleva tan sólo unos minutos, siendo la herramientación de la máquina lo más dilatado, y lo único a tomar en cuenta.

8) Economía.- Al hablar de ahorro de tiempo, se implica que se está reduciendo el costo de la pieza. El cambiar -- cierto número de obreros por uno solo, para una máquina de -- control numérico, que además no necesita ser altamente calificado, se está reduciendo la nómina de salarios. Al aumentar la producción, aumentan las ganancias; son nulas las pérdidas por desechos, y no hay demoras por el control de la calidad, el desgaste de las herramientas es mínimo dando el mayor ren-dimiento. Por otro lado se tienen ahorros de espacios tanto en el almacén, como en el ocupado por una máquina de control numérico que realiza el trabajo de determinado número de má--quinas convencionales. Por último de acuerdo a su diseño permiten tener un taller bastante aseado.

Todo lo antes expuesto da como resultado que se tengan más utilidades y menos fugas de dinero.

CAPITULO IV

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MAQUINAS CONTROLADAS NUMERICAMENTE
Y MAQUINARIA CONVENCIONAL

4.1 Eficiencia de Manufactura.

El propósito de este capítulo es el de poner de manifiesto la manera de mejorar la productividad en manufactura, con mejores sistemas de mecanizado y creciente automatización; y así justificar la utilización de equipo de C.N.C., a la vez que pretende esclarecer los criterios y ventajas que se dieron a conocer en el capítulo anterior. Para lo que se hace un estudio, cotejando la eficiencia de dos sistemas de manufactura el primero emplea máquinas herramienta convencionales y el segundo de control numérico.

Considerando tres aspectos básicos: Eficiencia de manufactura, gastos de manufactura y utilidad. En donde la primera, generalmente se refiere a la producción promedio por hora hombre, gastos de manufactura, involucra todos aquellos gastos de mecanizado como: mano de obra, materiales, supervisión, herramientas, etc., y el último es el resultado de los anteriores y se ve afectado por los cambios en los costos de manufactura o en la productividad.

El marco de referencia, bajo el cual se trabaja es: --

INAMEX de Cerveza y Malta; industria metal mecánica de mediana producción, la cual fabrica pequeños lotes, unos cuantos - centenares de piezas en cada tirada de producción, para el -- mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas de la - industria cervecera, tales: lavadoras, llenadoras, empacadoras, etiquetadoras y desempacadoras de botella, pasteurizadores y bombas, siendo éstas las que permiten a Cervecería Modelo elaborar la cerveza embotellada.

En el anexo 2 se incluyen las figuras, 1c, 2c, 3c, éstas muestran algunas de las piezas que componen los equipos -- ya antes mencionados de cervecería, y de todo este conjunto -- se han seleccionado las siguientes piezas, figs. 4c, 5c, 6c, 7c, 8c.

Manguito para pistón coronador

Tuerca para martillo

Garganta coronadora

Tuerca para cilindro elevador

Tuerca bipartida para pistón

Se han seleccionado estas, porque representan el volumen promedio de producción y presentan un grado de dificultad en el mecanizado en máquinas convencionales, requieren del -- uso de torno, taladro y fresadora; asimismo se tiene que van maquinadas de dos, tres y cuatro caras, lo que implica en una máquina hasta cuatro montajes.

No obstante, que si la compañía contara con un centro de maquinado con control numérico, el cual cuenta con 18 herramientas y 2 mesas de trabajo, facilitaría el procesamiento de estas y otras piezas, ya que normalmente requeriría de dos montajes debido a que las mesas con giros de 90° presentan -- cuatro caras para el maquinado y con la ventaja de que son -- dos mesas encontramos que se eliminan tiempos muertos por carga y descarga de piezas.

Por otro lado se tiene que su repetición de manufactura es de 5 veces al año, siendo los lotes como sigue:

25 en Febrero

50 en Abril

72 en Junio

50 en Agosto

35 en Noviembre

En cuanto a la complejidad de maquinado y el número de operaciones que llevan estas piezas en su manufactura, se -- anexan dibujos por separado, para dar una idea más precisa -- del trabajo que se realiza en esta compañía.

De nuestros estimados de manufactura, tomados de las -- hojas de ruta, las cuales se obtienen por el método de estudio de tiempo, o sea cronometrando el proceso, y considerando

las operaciones en máquinas convencionales y de control numérico, para dichas piezas son como sigue:

| | Hrs. máquinas convencional | | | |
|---------------------|----------------------------|-----------|---------|-------|
| | Torno | Fresadora | Taladro | Total |
| Manguito P/pistón | 0.98 | 0.87 | 0.72 | 2.57 |
| Tuerca P/martillo | 1.12 | 0.39 | 0.59 | 2.10 |
| Garganta coronadora | 0.75 | ---- | ---- | 0.75 |
| Tuerca P/cilindro | 0.86 | 1.21 | 1.00 | 3.07 |
| Tuerca Bipartida | 0.96 | 0.65 | 1.01 | 2.61 |
| | ===== | ===== | ===== | ===== |
| | 4.66 | 3.12 | 3.32 | 11.10 |

Como se dijo anteriormente se fabrican piezas para todas las máquinas de Cervecería Modelo y de acuerdo al departamento de ventas, se ha preparado el pronóstico de manufactura para 1987, siendo el siguiente:

| | |
|-----------------|----------------|
| Lavadoras | 973 piezas |
| Llenadoras | 1623 |
| Etiquetadoras | 836 |
| Desempacadoras | 324 |
| Empacadoras | 432 |
| Pasteurizadores | <u>326</u> |
| | 4424 Pzas./año |

Considerando el tiempo promedio de manufactura y toman

las operaciones en máquinas convencionales y de control numérico, para dichas piezas son como sigue:

| | Hrs. máquinas convencional | | | |
|---------------------|----------------------------|-----------|---------|-------|
| | Torno | Fresadora | Taladro | Total |
| Manguito P/pistón | 0.98 | 0.87 | 0.72 | 2.57 |
| Tuerca P/martillo | 1.12 | 0.39 | 0.59 | 2.10 |
| Garganta coronadora | 0.75 | ---- | ---- | 0.75 |
| Tuerca P/cilindro | 0.86 | 1.21 | 1.00 | 3.07 |
| Tuerca Bipartida | 0.96 | 0.65 | 1.01 | 2.61 |
| | ===== | ===== | ===== | ===== |
| | 4.66 | 3.12 | 3.32 | 11.10 |

Como se dijo anteriormente se fabrican piezas para todas las máquinas de Cervecería Modelo y de acuerdo al departamento de ventas, se ha preparado el pronóstico de manufactura para 1987, siendo el siguiente:

| | |
|-----------------|----------------|
| Lavadoras | 973 piezas |
| Llenadoras | 1623 |
| Etiquetadoras | 836 |
| Desempacadoras | 324 |
| Empacadoras | 432 |
| Pasteurizadores | <u>326</u> |
| | 4424 Pzas./año |

Considerando el tiempo promedio de manufactura y toman

do en cuenta que las variaciones al trabajar con el volumen - total de manufactura serán mínimas, tenemos que:

$$4424 \text{ Pzas/año} \times 11.10 \text{ hrs/pza} = 49106.4 \text{ hrs/año}$$

Ahora, si tomamos en cuenta que se trabajan 3 turnos - con un total de 20 horas efectivas por día y al año 250 días hábiles, tenemos:

$$20 \times 250 = 5000 \text{ hrs. disponibles por máquina}$$

Deducimos, que para cumplir la producción a Cervecería Modelo, necesitamos un determinado número de máquinas convencionales.

$$49106.4 \text{ hrs/año} \div 5000 \text{ hrs.} = 9.8 \text{ máquinas/año}$$

De acuerdo al resultado se requieren diez máquinas.

Por otro lado, manufacturando con equipo de C.N.C., te
nemos:

| | Hrs. máquina de C.N.C. | | | Total |
|---------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Torno | Fresadora | Taladro | |
| Manguito /pistón | 0.27 | 0.33 | 0.15 | 0.75 |
| Tuerca P/martillo | 0.39 | 0.11 | 0.08 | 0.58 |
| Garganta coronadora | 0.31 | ---- | ---- | 0.31 |
| Tuerca P/cilindro | 0.29 | 0.44 | 0.21 | 0.94 |
| Tuerca Bipartida | <u>0.22</u> | <u>0.46</u> | <u>0.16</u> | <u>0.84</u> |
| | 1.48 | 1.34 | 0.60 | 3.42 |

Como podemos observar el tiempo de proceso se reduce - considerablemente.

Para obtener la cantidad de maquinaria empleada, procedemos igual que el cálculo anterior y tenemos:

$$4424 \text{ Pzas/año} \times 3.42 \text{ hrs.} = 15130.08 \text{ hrs/año}$$

$$15130.08 \text{ hrs/año} \div 5000 \text{ hrs.} = 3.02 \text{ máquinas/año}$$

Conforme al cálculo, decimos que necesitamos tres máquinas equipadas con C.N.C., con un valor de aproximadamente 75 millones de pesos c/u.

La suma por invertir es bastante considerable, sin embargo, calculando la cantidad ahorrada en hrs. al dejar de ser dependientes productivamente de máquinas convencionales.

Tenemos

$$49106.4 \text{ hrs/ año} - 15130.08 \text{ hrs/año} = 33976.32 \text{ hr/año}$$

Tomando en cuenta que el costo actual en INAMEX por hora es de \$ 7000.000, encontramos que el ahorro potencial es:

$$33976.32 \times 7000 = 237.8 \text{ millones de pesos.}$$

Lo cual permite amortizar la inversión de la compra de tres equipos de C.N.C. en un lapso menor a los dos años, con lo que se justifica dicha inversión.

El cálculo realizado, considera únicamente a Cervecería Modelo México; sin embargo existe la probabilidad de trabajar en forma para sus demás filiales distribuidas en la República Mexicana; para las cuales se espera trabajar las siguientes cantidades:

CERVECERIA DE

| MAQ. | TORREON | YUCATAN | PACIFICO | TROPICO | NOROESTE | TOTAL |
|---------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| Llen. | 150 | 685 | 145 | 350 | 190 | 1520 |
| Lav. | --- | 76 | --- | 978 | 126 | 1180 |
| Etig. | --- | 65 | --- | --- | --- | 65 |
| Desemp. | --- | 244 | 183 | --- | --- | 427 |
| Empac. | --- | 170 | --- | --- | --- | 170 |
| Past. | <u>56</u> | <u>778</u> | <u>---</u> | <u>---</u> | <u>79</u> | <u>913</u> |
| | 206 | 2018 | 328 | 1328 | 395 | 4275 |

Sumando las dos cantidades a producir, tenemos 8699 -- piezas de diferentes máquinas, las que se surtirán en pedidos trimestrales, como se mostró al inicio de este capítulo.

A continuación se hace otro estudio comaprativo, de -- acuerdo al segundo aspecto; gastos de manufactura anuales de fabricación de la tuerca para cilindro elevador.

4.2 Gastos de Fabricación \$ (1000) de tuerca P/cilindro

| CONCEPTO | | | C.N / CONV. | |
|-------------------|-------------|------------|-------------|-----|
| | MAQ. C.N.C. | MAQ. CONV. | \$ | % |
| M. O. DIRECTA | 675 | 1432 | 757 | 53 |
| MAT. DIRECTOS | <u>782</u> | <u>782</u> | <u>-</u> | - |
| TOTAL DIRECTOS | 1457 | 2214 | 757 | |
| GASTOS INDIRECTOS | | | | |
| ENERGIA | 32 | 104 | 72 | 69 |
| MAT. INDIRECTOS | 16 | 15 | (1) | 7 |
| DEPRECIACION | 442 | 510 | 68 | 13 |
| SUPERVISION | 128 | 432 | 304 | 70 |
| CAPACITACION | 237 | 128 | (109) | 85 |
| PLANTILLAS | - | 98 | 98 | 100 |
| DISP. SUJECION | 198 | 376 | 178 | 47 |
| MANTENIMIENTO | 336 | 785 | 449 | 57 |
| HERRAMIENTA | 329 | 545 | 216 | 37 |
| PZAS. DEFEC. | <u>2</u> | <u>16</u> | <u>14</u> | 87 |
| TOTAL INDIRECTOS | 1720 | 3009 | 1289 | |
| TOTAL GASTOS | 3177 | 5223 | 2046 | |
| INVERSION | 225000 | 376350 | | |

Al realizar la comparación se consideró lo siguiente:

TAMAÑO DEL LOTE: 270 piezas

TIEMPO DE MANUFACTURA MAQUINAS CONVENCIONALES

TIEMPO DE MANUFACTURA MAQUINAS C.N.C.

PARIDAD CON EL DOLLAR U.S.A. \$ 867

COSTO HORA HOMBRE \$ 7000

TRES MAQUINAS CONVENCIONALES Y UN CENTRO DE MAQUINADO

C O N C L U S I O N E S

La transformación de materia prima, actividad fundamental de la industria que de alguna manera modula una sociedad al proporcionar productos útiles y riqueza, además de solucionar el problema de desempleo. Sin embargo la subsistencia de ésta dentro del país depende primordialmente de factores económicos que radican en producir cantidad con calidad a bajo costo para reeditar al industrial.

Para lograr estas condiciones existen muchas técnicas disponibles para reducir los costos de manufactura e incrementar la productividad. Estas medidas, incluyen el uso de:

- 1.- Mejores sistemas de procesos de manufactura, herramientas y materiales.
- 2.- Mejor organización y distribución de la fábrica, - manejo de piezas y técnicas de ensamblaje.
- 3.- Automatización donde ésta contribuya a una mejor eficiencia.

Considerar e implementar estas técnicas corresponde al departamento de manufactura y producción, quienes deben seleccionar el sistema productivo más adecuado a sus necesidades de fabricación. Como sabemos existen varios que van desde má

quinas de transferencia automáticas hasta sistemas de tecnología de grupo. En donde las máquinas de transferencia son máquinas robustas con mesas giratorias para trasladar las piezas automáticamente de un cabezal de mecanizado a otro, cada cabezal ejecuta una operación de manera que al alcanzar la pieza el final de la línea se han completado todas las operaciones.

Sin embargo cualquier sistema que se adopte empleará máquinas herramienta, las que podrán ser controladas por una computadora, la que a base de una cinta perforada recibe información para controlar la máquina herramienta y efectuar el proceso de mecanizado.

Así de esta manera se hace uso del control numérico computarizado, el cual presenta bastante seguridad y eficiencia, siendo muy versátil y confiable en el maquinado de piezas, adaptándose a bajos, medianos y altos volúmenes de producción.

No obstante, atendiendo el problema de estudio que originó la realización de este trabajo en INAMEX de Cerveza y Malta es necesario:

a).- Agilizar la producción de manera que se cumpla la

cantidad de piezas pronosticadas para 1987 a Cervecería Modelo de México y sus filiales en la - - República.

- b).- Aumentar la precisión y calidad del producto fabricado actualmente.
- c).- Disminuir los costos de fabricación para ofrecer un mejor precio en la venta de refacciones a Cervecería Modelo.

Una vez que se conoce la situación de INAMEX, y después de haber estudiado y analizado la automatización a base del sistema de control numérico computarizado, podemos concluir de acuerdo al estudio comparativo entre máquinas convencionales y de control numérico, lo siguiente:

1).- Las máquinas de control numérico reducen en un 50% aproximadamente los tiempos de maquinado con respecto a máquinas de tipo convencional, tomando como base el estudio comparativo de producción.

2).- Los costos de manufactura en equipo de control numérico son aproximadamente en un 45% menores a los de máquinas convencionales, (ver pág. 93).

3).- Las máquinas de control numérico aumentan la cali

dad y precisión en el mecanizado de piezas, ajustándose a las exigencias de la tecnología actual.

4).- Las máquinas de control numérico disminuyen el -- problema de ausentismo, tortugismo e incapacidad con respecto a equipo convencional, en las que se requiere mayor participación del aspecto humano.

5).- La implementación de máquinas de control numéri-- co, beneficia comercialmente a México, consumidores como PEMEX y Cervecería Modelo han eliminado la importación de piezas manufacturadas (válvulas de árbol y componentes de maquinaria).

6).- Los equipos de control numérico fomentan la exportación de piezas manufacturadas, esto porque permiten satisfacer las normas de calidad y exigencias extranjeras, tal es el caso de INVAL (Industria Nacional de Válvulas).

7).- El automatismo originado por las máquinas de control numérico desplaza el trabajo de un sector a otro, del físico al intelectual de análisis y control.

8).- El automatismo a base de equipo de control numérico permite a INAMEX de Cerveza y Malta solucionar sus problemas de producción en cuanto a calidad y cantidad se refiere, así como también reduce los costos de fabricación.

C O M E N T A R I O

Considero conveniente y provechoso que en instituciones como la nuestra, se tuvieran estudios más profundos sobre este tema, dándole prioridad a la enseñanza de la programación esencial de estos equipos, tratando de mantener un contacto estrecho con los adelantos en este campo.

De esta manera se contará con gente preparada, tanto para la programación como para el manejo de este equipo. Un punto que no se aborda por extensión al tema y que en un momento dado desviaría el objetivo de este trabajo, es el mantenimiento del equipo que es de vital importancia debido a que en la actualidad es necesario traer técnicos extranjeros para la reparación de los equipos, cuando se llegan a dañar, (esto se da en un 75% de las fallas), resultando que parte de las ventajas adquiridas por el uso de estas máquinas se pierdan con la espera de la llegada de dichos técnicos.

ANEXO 1

GLOSARIO DE PALABRAS EN INGLES AL ESPAÑOL

El hecho de haber descrito la operación de las máqui--
nas herramienta de control numérico utilizando terminología -
inglesa, corresponde a su origen extranjero en su mayoría, --
por lo que los componentes de la unidad de control, tales co-
mo: interruptores y lámparas de señalización se emplea dicha
terminología para especificar la función específica que estos
desempeñan dentro del cuadro de control.

Sin embargo, a fin de facilitar y hacer entendible el
inciso 2.3, se enlistan los términos en el idioma inglés uti-
lizados en el contenido de esta Tesis, dando en cada caso su
significado más cercano en el idioma español.

| | |
|------------|---|
| adres | : dirección |
| alarm | : alarma |
| alter | : alterar |
| CKS | : avellanar |
| cycle star | : empezar el ciclo |
| data | : datos (teclas para suministro de datos) |
| delete | : suprimir |
| dry run | : correr en vacío |
| EIA | : Asociación de industrias electrónicas |

| | |
|---------------------|--|
| edit | : editar |
| emergency stop | : paro de emergencia |
| end of block | : fin de bloque |
| equally spaced | : espaciados equidistantes |
| erase | : borrar |
| feed hold | : para avance |
| feed rate | : tarifa de avance |
| handle | : manual |
| handle axis select | : selección de ejes para trabajo |
| inpunt | : suministrar |
| insert | : insertar |
| ISO | : Organización de estándares internacionales |
| jog | : avance lento |
| main bore | : alarma principal |
| manual operation | : operación manual |
| MDI | : suministro de datos manualmente |
| memory | : memoria |
| mode select | : selección de modo |
| offset | : compensador |
| optional block skip | : interruptor para ignorar bloques |
| optional stop | : paro opcional |
| origin | : origen |
| over ride | : hacer caso omiso |
| panel | : cuadro de mando |

punch : perforar
rapid traverse : desplazamiento a máxima velocidad
read : leer
ready : en condiciones para funcionar
reset : volver a la posición cero de la memoria
scan : teclas de exploradoras
single block : bloque por bloque

ANEXO 2

ALGUNOS COMPONENTES DE MAQUINARIA QUE SE
MANUFACTURAN EN INAMEX DE CERVEZA Y MALTA

Con el fin de dar una idea precisa, sobre el producto que se manufactura en INAMEX de Cerveza y Malta, y para cual pretendemos justificar el uso de equipo de control numérico - en su fabricación, se anexan planos explosivos que nos permiten en un momento dado apreciar el ensamblado de las refacciones que componen el equipo de Cervecería Modelo; así como también se incluyen planos por separado de algunas de estas piezas, que para su manufactura se exigen tolerancias cerradas - en sus diferentes operaciones, lo que origina cierto grado de dificultad en máquinas convencionales.

Los planos 4c, 5c, 6c, 7c, 8c muestran la complejidad de maquinado que suele tenerse en la compañía por ello fueron seleccionados para el estudio comparativo entre máquinas herramienta convencionales y de control numérico.

La materia prima de la que se extraen la mayoría de -- las piezas o refacciones suele ser, material en bruto o fundición que van desde aceros en diferentes aleaciones, al carbón inoxidable, etc., nodulares, gris, de aluminio, bronce, latón e inoxidables; siendo necesario controlar las velocidades y avances de corte para cada uno de estos materiales.

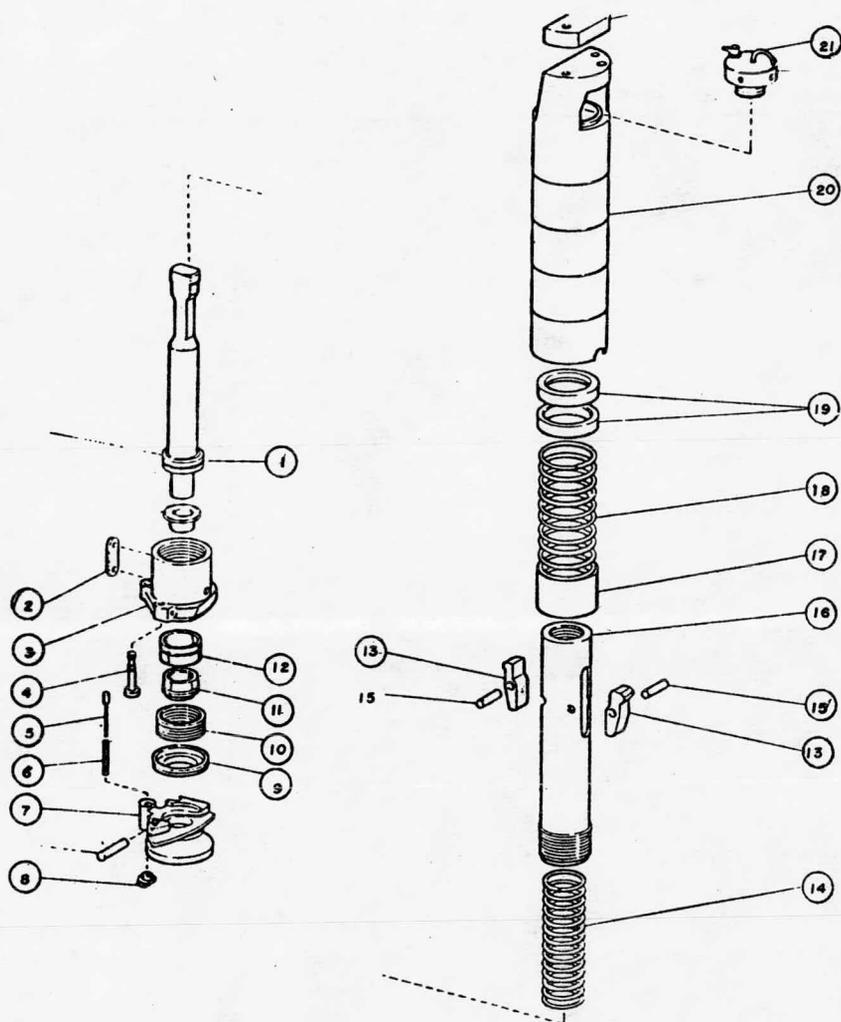


FIG. 1C. CONJUNTO DE PIEZAS POR PRODUCIR

AB-97

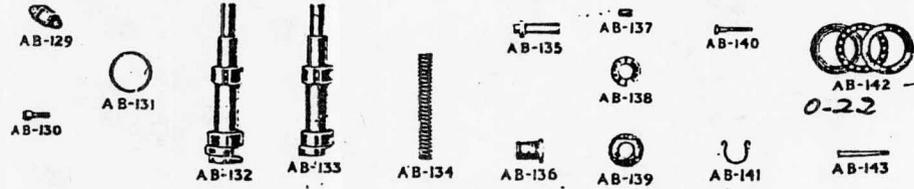
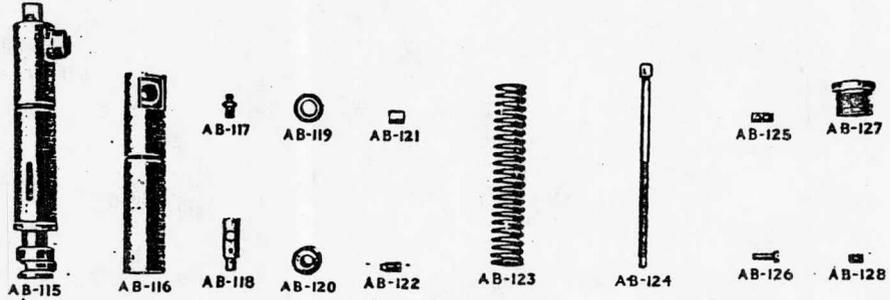


Fig. 2C MUESTRA DE REFACCIONES PARA CERVECERIA

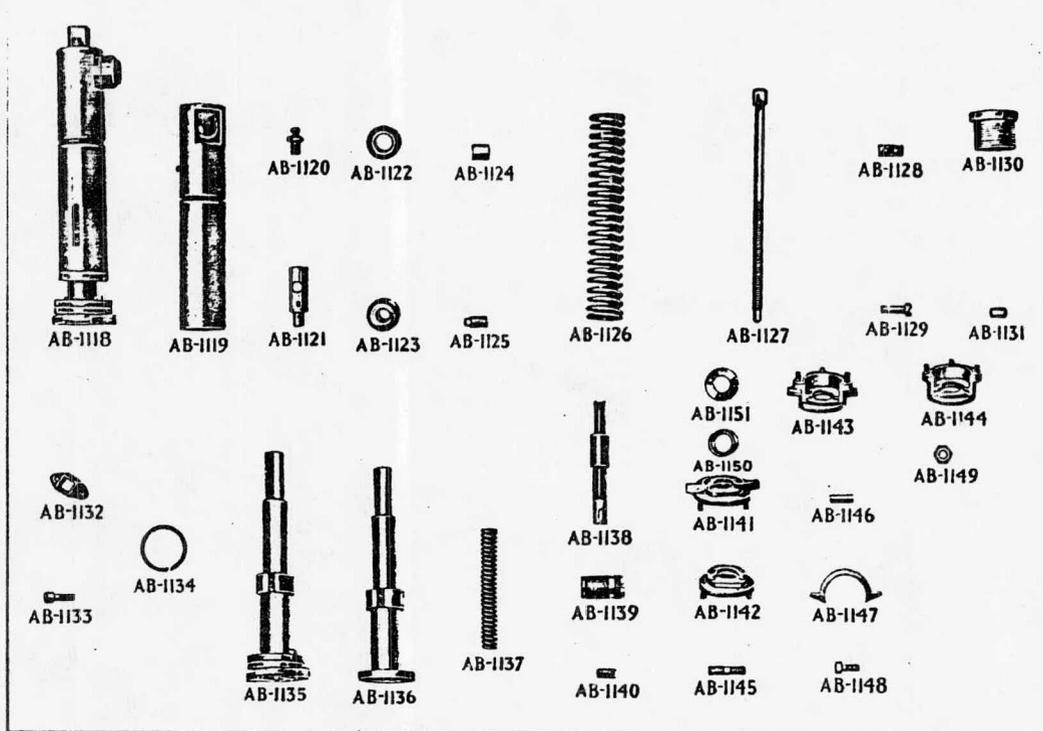


Fig. 3C MUESTRA DE REFACCIONES PARA CERVECERIA

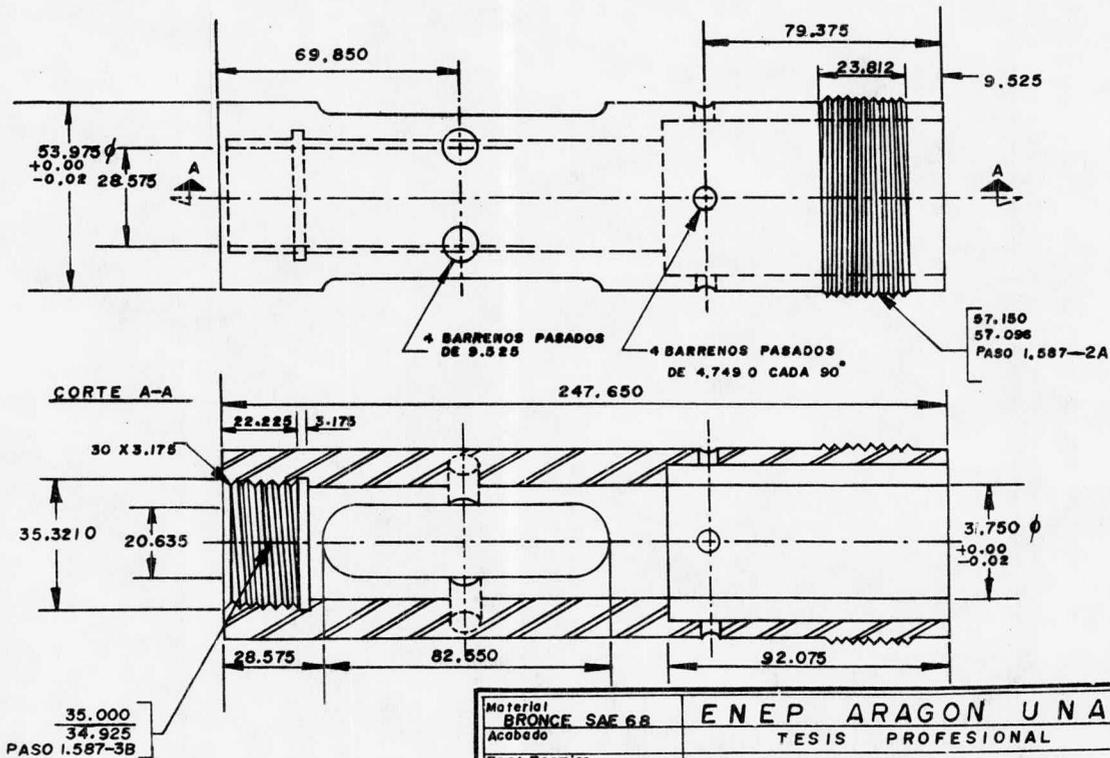


FIG. 4 C

| | | |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Material BRONCE SAE 68 | ENEP ARAGON UNAM | |
| Acabado | TESIS PROFESIONAL | |
| Trat Termico | RAYMUNDO CEDILLO M. | |
| Decimales 0 03 | MANGUITO CORONADOR | Escala |
| Angulares 0° 10' | PARTE | Dibujo |
| | MAQ. | Acotaciones Milimetros |
| | | Reviso |
| | | Fecha 4 ENERO 1987 |

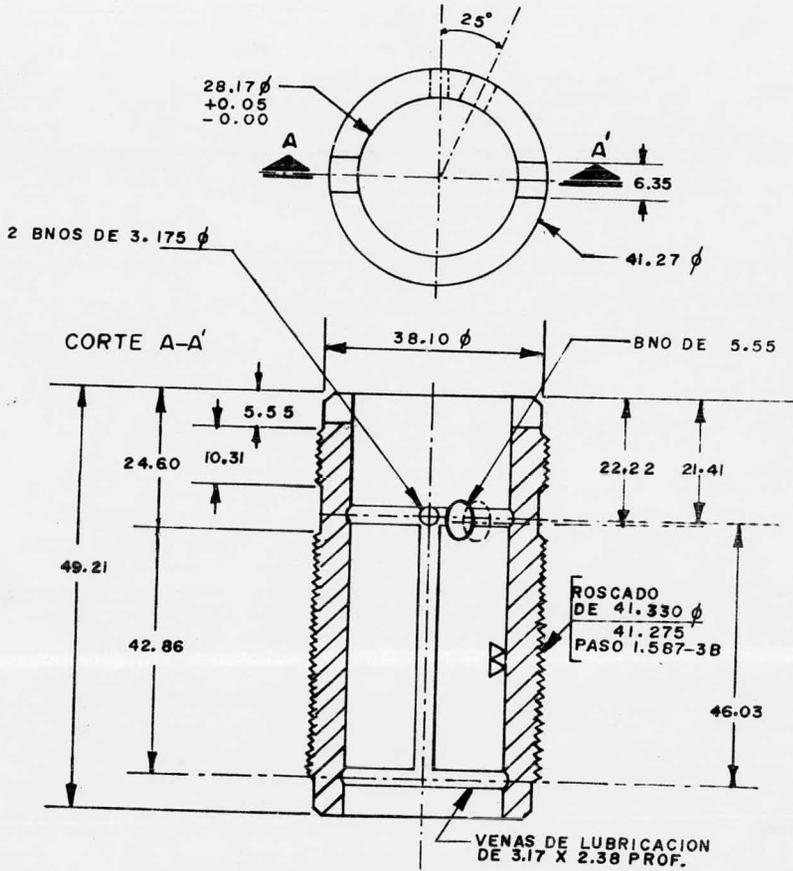


FIG. 5 C

| | | |
|-------------------------------------|--|------------------------|
| Material ACERO 4140 | E.N.E.P ARAGON U.N.A.M | |
| Acabado | TESIS PROFESIONAL | |
| Trat Termico TEMPLE Rc 40 | RAYMUNDO CEDILLO M. | |
| Decimales ± 0.02 | TUERCA PARA MARTILLO PARTE N 477262 | Escala |
| Angulares $\pm 0^\circ 15$ | | Dibujo |
| | MAQ LLENADORA CEMCO 60 | Acotaciones Milímetros |
| | | Reviso |
| | | Fecha 4 ENERO 1987 |

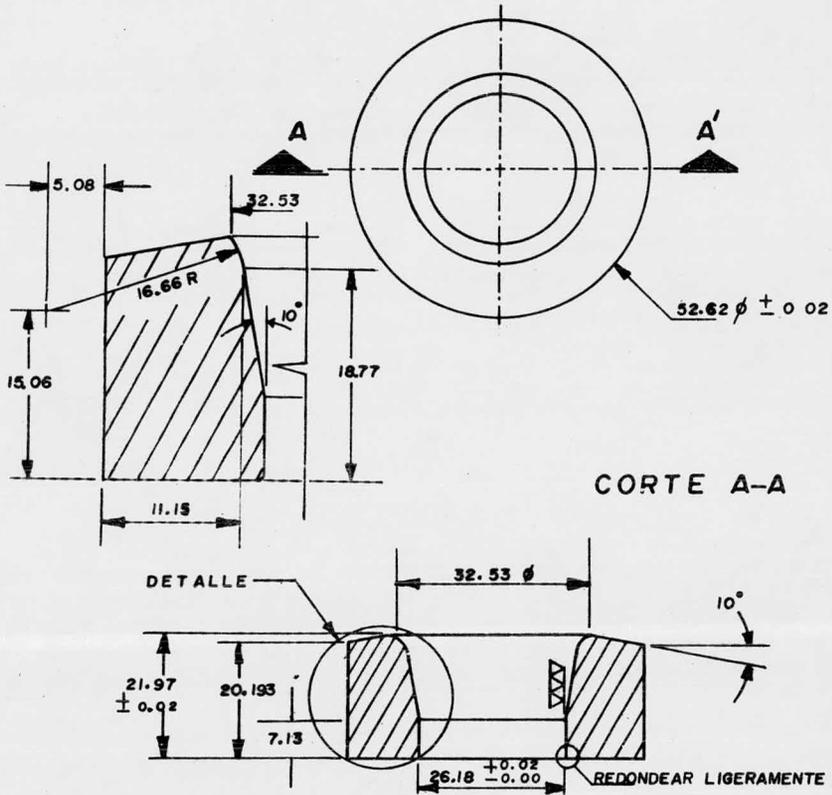
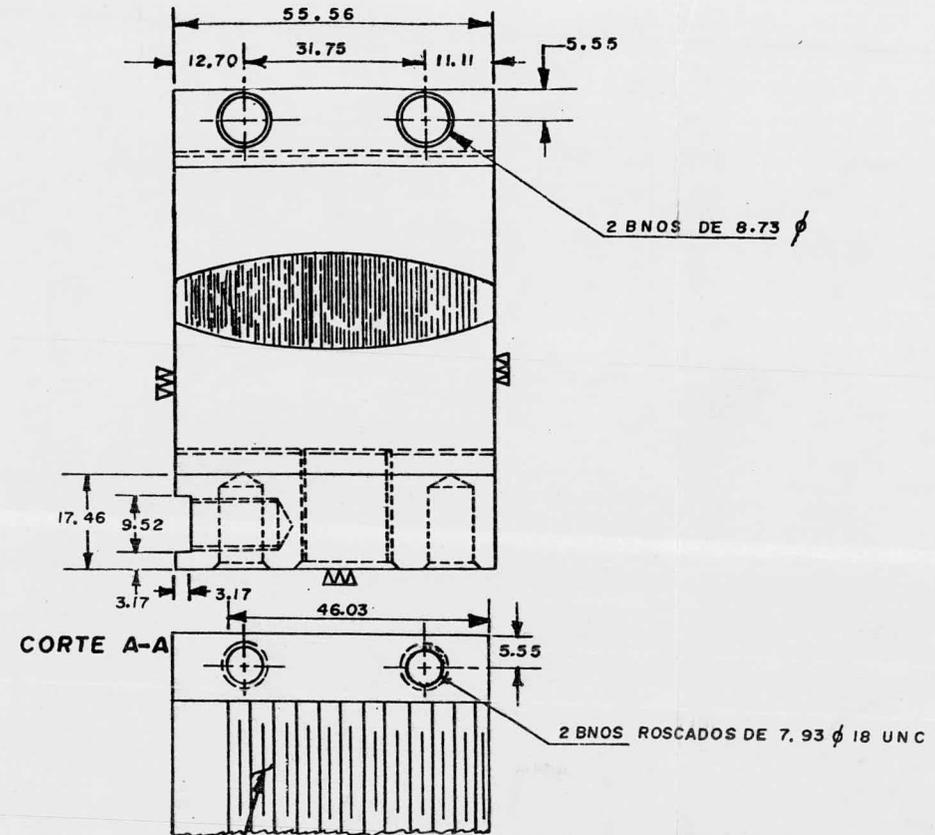
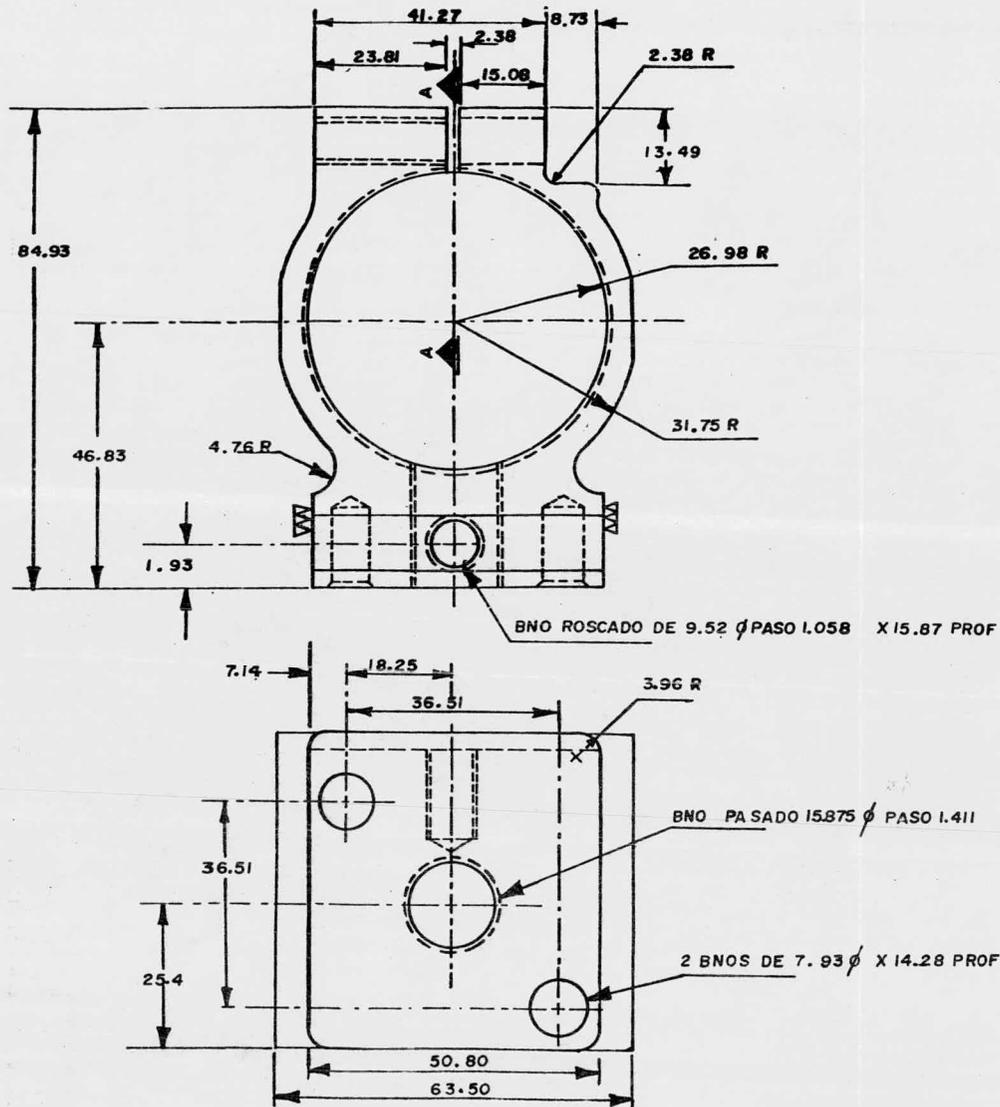


FIG. 6 C

| | | |
|---|-------------------------|-------------------------------|
| Material ACERO PALME 18 | ENEP ARAGON UNAM | |
| Acabado ▽ | TESIS PROFESIONAL | |
| Trot. Termico TEMPLE 60 65 Rc | RAYMUNDO CEDILLO M. | |
| Decimales | GARGANTA CORONA- | Escala 1:1 |
| Arquitectos 0° 15' | DORA | Dibujo |
| | PARTE N 121-475 | Acataciones Milímetros |
| | MAQ LLEN MEYER | Reviso |
| | | Fecha 4 ENERO 1987 |



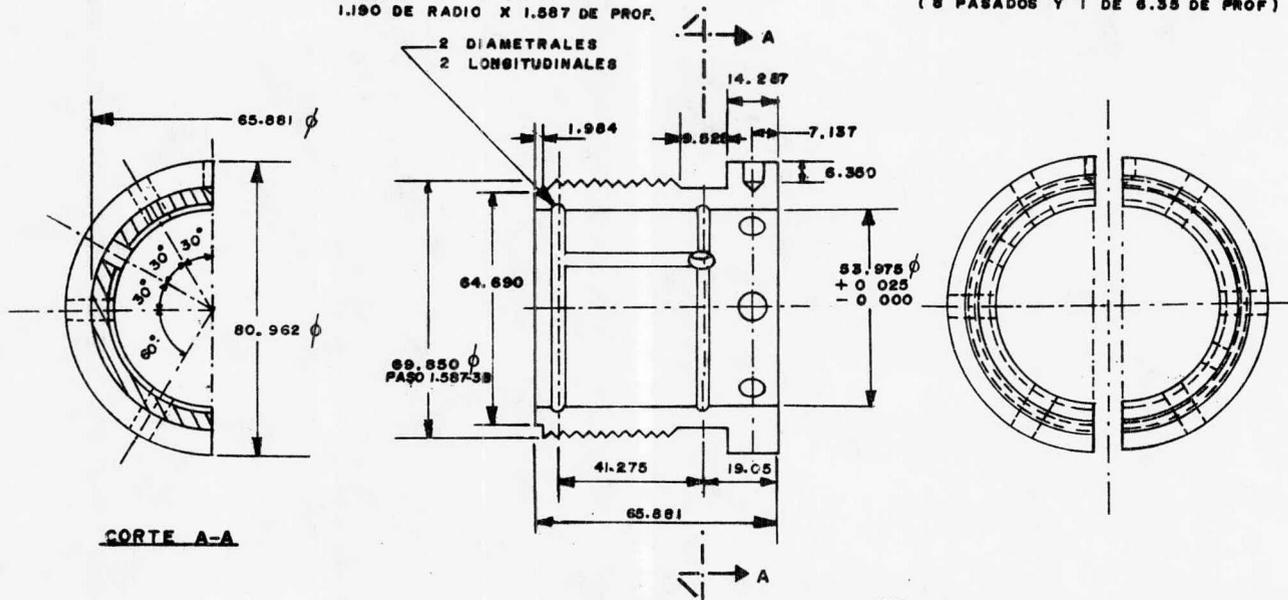
ROSCA DE 53.97 ϕ
53.89
PASO 1.587-2A

FIG. 7 C

| | | |
|---------------|----------------------|------------------------|
| Material | FUND. ACERO INOX 304 | E.N.E.P ARAGON U.N.A.M |
| Acabado | | TESIS PROFESIONAL |
| Trat. Termico | | RAYMUNDO CEDILLÓ M. |
| Decimales | | TUERCA PARA CILINDRO |
| Angulares | | ELEVADOR |
| | | PARTE N 477346 |
| | | MAQ LLENADORA CEMCO |
| | | Escola 1:1 |
| | | Dibujo |
| | | Acotaciones Milímetros |
| | | Reviso |
| | | Fecha 4 ENERO 1987 |

RANURAS DE LUBRICACION
1.190 DE RADIO X 1.587 DE PROF.

9 BARRENOS DE 6.35 DE ϕ
(8 PASADOS Y 1 DE 6.35 DE PROF)



CORTE A-A

FIG. 8 c

| | | | |
|---------------|----------------|------------------------|-------------------------|
| Material | ACERO INOX 304 | E.N.E.P ARAGON U.N.A.M | |
| Acabado | | TESIS PROFESIONAL | |
| Trat. Termico | | RAYMUNDO CEDILLO M. | |
| Decimales | 0 050 | TUERCA BIPARTIDA | Escala |
| Anulares | 0° 15' | PARTE AB 127 | Dibujo |
| | | MAQ LLEN CEMCO | Acotaciones millimetros |
| | | | Reviso |
| | | | Fecha 4 ENERO 1987 |

ANEXO 3

TABLAS PARA SELECCIONAR DE PARAMETROS Y HERRAMIENTAS DE CORTE

Debido a la diversidad de materiales que se manejan en INAMEX de Cerveza y Malta, se emplean frecuentemente las tablas que aquí se anexan, de éstas se extraen los datos para el cálculo de los parámetros que rigen el mecanizado de refacciones por esta industria metal mecánica. A continuación se da una breve explicación para su uso.

TABLA B-1

Nos auxilia en la selección de la pastilla o inserto (cuchilla) que podemos emplear para corte en función del tipo de material a maquinar, así como también obtenemos la velocidad, avance y profundidad de corte óptimas en el maquinado, la mejor selección de estos datos nos permite prevenir problemas de mecanizado, tales como: pérdida de herramienta por desgaste prematuro y fractura, material y tiempo, asegurándonos un buen acabado en la pieza.

TABLA B-2

Por medio de ésta se identifica el inserto (cuchilla de carburo intercambiable), que utilizaremos en un proceso de mecanizado, en donde las condiciones de trabajo suelen ser muy variables, por lo que el programador debe seleccionar el

tipo de herramienta más adecuado a las circunstancias, para -
ello cuenta con una gran diversidad de insertos diseñados pa-
ra las diferentes operaciones de máquina existentes, cortando
hasta media pulgada diametralmente (dependiendo de la poten--
cia de la máquina) en una pasada, sin que presente vibración
el perfil cortado; cada inserto tiene características distin-
tas, ya sea en tamaño, forma, composición química, ángulo de
incidencia (positivo, negativo), diferente método para suje--
tarse y de acuerdo a sus diferencias es como se les ha clasi-
ficado para una rápida identificación. La tabla muestra un -
ejemplo.

TABLA B-3

Un porta inserto es un dispositivo que de alguna mane-
ra sostiene la pastilla durante la operación de mecanizado y
como vimos anteriormente existen diferencias en forma y tama-
ño de la misma, debido a ello cada inserto tiene su porta in-
serto apropiado para alojar la cuchilla. De la misma manera
se les ha clasificado para su identificación, tomando en cuenta
los siguientes aspectos: Método de fijación del inserto,
forma del inserto que alojan, estilo del porta inserto, mano
de la herramienta, etc., características que los hacen ser --
distintos adaptándose a diferentes condiciones de operación,
eliminando problemas de maquinado durante el proceso. Tam- -
bién existen barras porta inserto para efectuar operaciones -

interiores en una pieza. Es importante hacer notar que además existen brocas, cartuchos y fresas porta inserto intercambiable para facilitar operaciones de fresado y barrenado en fresadoras o centros de maquinado controladas numéricamente.

TABLA B-1

Datos Técnicos



Sistema de Grados Kennametal

| Grado Recubierto | Aplicación Típica de Maquinado | | Tipo de Recubrimiento |
|-----------------------------------|--|---|---------------------------------|
| KC810 | Para aplicaciones a alta velocidad con desbastes ligeros. Puede ser usado para maquinados de aceros al carbón o aleados, fundiciones de hierro, algunas aleaciones de alta temperatura y aceros inoxidables. Máxima resistencia al desgaste y resistencia al calor para materiales muy abrasivos o maquinados de corte en caliente. | | Recubierto de óxido de aluminio |
| KC850 | Para aplicaciones de acabado con desbastes pesados. Idealmente adaptado para condiciones que demandan máxima resistencia al filo y al desgaste. Puede ser usado para el maquinado de aceros al carbón, aleaciones de alta temperatura y aceros inoxidables. Magnífica resistencia térmica y choque mecánico, esto lo hace un grado excelente en cortes pesados para fresado y torneado de todo tipo de aceros. | | Recubrimiento múltiple |
| KC810 | Grado para uso general en aplicaciones de acabado, a desbaste de aceros, fundiciones de hierro y aleaciones de aceros inoxidables a velocidades convencionales de carburos recubiertos. | | Recubrimiento múltiple |
| KC250 | Para aplicaciones de semi-acabado a desbaste pesado, en fundiciones de hierro y aleaciones de acero inoxidables. Idealmente adaptado para condiciones que demandan gran resistencia al filo y al desgaste, tales como, cortes con desbaste en fundiciones de aceros inoxidables. Magnífica resistencia mecánica al choque. | | Recubrimiento múltiple |
| KC210 | Para aplicaciones de acabado a desbastes, en fundiciones de hierro, aleaciones de acero inoxidable, aleaciones de alta temperatura y aceros tratados. Excelente al desgaste en cortes muy abrasivos. | | Recubrimiento múltiple |
| Aplicaciones Típicas de Maquinado | | | |
| Sin Recubrir | Dureza | | |
| K7H | 93.5 | Acabados de precisión de aceros y aleaciones de fundición de hierro a altas velocidades y de bajos a moderados avances. Frecuentemente aplicado en el roscado, con un filo de corte para aceros tratados a altas durezas. | |
| K45 | 92.5 | Puede ser usado en acabados y desbastes ligeros para aceros. Excelente en la cristalización, desbaste de filo y resistente al choque térmico. Frecuentemente aplicado en el ranurado, donde se requiere la máxima resistencia al desgaste del filo es requerido. | |
| K4H | 92.0 | Excelente para roscado y herramientas de forma, de aceros y fundiciones de hierro. Puede ser también usado para semi-acabado de desbastes ligeros de aceros y fundiciones de hierro a moderadas velocidades y avances. | |
| K2884 | 92.0 | Para uso General en el fresado de aceros, el cual, puede ser usado con avances moderados a pesados. Excelente para el desgaste del filo y resistencia al choque térmico. | |
| K420 | 91.3 | De pesados a moderados maquinados de acero. Magnífica resistencia al filo y choque térmico usado en fresado de aceros o torneado mediante de serenas interrupciones a altos avances. | |
| K21 | 91.0 | Para desbastes ligeros a pesados en aceros a velocidades y avances moderados. Excelente resistencia mecánica y choque térmico. | |
| K11 | 93.0 | Primariamente usado para acabados de precisión, en fundiciones de hierro, aleaciones no ferrosas, no metálicas a altas velocidades y avances ligeros. El K-11 puede ser usado en acabados de aceros duros a moderadas velocidades y avances ligeros. Excelente resistencia al desgaste del filo. | |
| K68 | 92.5 | Para uso general de torneado, fresado y roscado con desbastes ligeros a acabados de fundiciones de hierro, aleaciones no ferrosas y no metálicas, de moderadas a altas velocidades y avances ligeros. Excelente resistencia al desgaste del filo para el maquinado de todas las aleaciones no ferrosas y aleaciones de alta temperatura. | |
| K8 | 92.0 | Grado para desbastes moderados en fundiciones de hierro, aleaciones no ferrosas, no metálicas y aleaciones de alta temperatura. Alta resistencia al desgaste del filo. | |
| K8735 | 92.0 | Grado excelente en fresado y brochado para hierro gris, maleable y nodular, a altas velocidades y avances ligeros. También, magnífica resistencia a la "Rotura del Filo" en el maquinado de todos los aceros inoxidables y aleaciones de aluminio. | |
| K1 | 90.0 | Excelente resistencia al choque mecánico con desbastes y pesados cortes interrumpidos, cuando se maquina acero inoxidable, aleaciones de alta temperatura, fundiciones de hierro y acero, y desbaste para fundiciones de aleaciones no ferrosas. Las velocidades para el maquinado serán de bajas a moderadas en casi todas las aplicaciones. | |
| Aplicaciones Típicas de Maquinado | | | |
| Grados de Cerámica | Dureza RA | | |
| K090 | 94 - 94.5 | Es una cerámica negra prensada en caliente, para maquinado de fundiciones de hierro sobre 235 BHN y a 66 Rc, también, para aceros sobre 34 Rc a 66 Rc. Excelente a resistencia al desgaste del filo y dureza en caliente para el maquinado de aleaciones a alta temperatura. | |
| K080 | 93 - 94 | Es una cerámica blanca prensada en frío, para maquinados de fundiciones de hierro abajo de 235 BHN y aceros abajo de 34 Rc. Magnífica resistencia al desgaste del filo en el maquinado de casi todas las fundiciones de hierro abajo de 235 BHN. | |

TIPOS DE MATERIALES

| AISI | | DUREZA HB |
|------|---|-----------|
| 123 | ACERO NO ALEADO, bajo contenido en carbón | 90-130 |
| 135 | C. max. 0.25%, Si max. 0.35%, Mn max. 1.4% | |
| 225 | ACERO NO ALEADO, alto contenido en carbón | 125-225 |
| 230 | C.0.07-1.7%, Si max. 2.25%, Mn max. 1.8% Cr 1.75%, componentes aleados max. 5% | |
| 302 | ACERO INOXIDABLE, austenítico recocido | 150-220 |
| 303 | C. max. 0.12%, Si max. 1.5%, Mn max. 2% | |
| 304 | Cr 12-26%, Ni 7-22% | |
| 410 | ACERO INOXIDABLE, ferrítico, matensítico | 150-220 |
| 416 | C. 0.09-0.40%, Cr 12-28%, Mn max. 2%, Ni 7% | |
| 1006 | ACERO NO ALEADO, bajo contenido en carbón | 90-130 |
| 1029 | C. max. 0.25%, Si max. 0.35%, Mn max. 1.4% | |
| 1030 | ACERO NO ALEADO, contenido medio en carbón | |
| 1055 | C. 0.25-0.8%, Si max. 0.35%, Mn max. 1.4% | 125-250 |
| 1080 | ACERO NO ALEADO, alto contenido en carbón | 180-250 |
| 1084 | C. 0.8-1.4%, Si max. 0.35%, Mn max. 1.4% | |

- 1320 ACERO COLADO, baja aleación, recocido 125-225
- 1330 C. max. 1.7%, Si max. 2.2%, Mn max. 1.8%
Cr max. 1.7%, componentes aleados 5%.
- 2330 ACERO COLADO, alta aleación
C. max. 1.7%, Si max. 2.2%, Mn max. 1.8%
Cr max. 1.7%, componentes aleados 5%.
- 4140 ACERO BAJA ALEACION, recocido, normalizado 125-225
- 8620 C. 0.07-1.7%, Si max. 2.2%, Mn max. 1.8%
- 9840 Cr max. 1.75%, componentes aleados 5%.
- 32510 FUNDICION MALEABLE, ferrítica. C. 2.5%
- 35018 Si max. 3%, P max. 1.5%, S 0.2%, Mn 1.5%
- 40010 FUNDICION MALEABLE, Perlítica. C.2.5-4.5%
- 48005 Si max. 3%, P max. 1.5%, S 0.2%, Mn 1.5%
- H 10 ACERO ALTA ALEACION, recocido.
- H 14 C max. 1.5%, Si 0.2-0.5%, Mn 0.3-1.2%,
H 19 contenido más de un 5% de componentes
aleados.
- M 1 - M 10 ACERO ALTA VELOCIDAD (HSS), Recocido
- T 1 C. 0.7-1.5%, Si 0.2-1.5%, Mn 0.3-1.2%.
- T 7

TABLA B-1

Datos Técnicos

Selección de Grados Kennametal

Grados Sugeridos y Condiciones de Maquinado para Varios Materiales y Tipos de Corte.

MATERIAL A TRABAJAR

| ACEROS AL CARBON DE FÁCIL MAQUINADO Series de Aceros: AISI-1100 y 1200. | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESBASTE | | DESBASTE PESADO | |
|--|--------------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | Profundidad de Corte | Up to .080 | .060-.180 | .125-.375 | .250-.500 | .375-.750 | .875 & up |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-.015 | .010-.025 | .020-.040 | .035-.065 | .050-.085 | |
| Velocidad Superficial | 2000-1500 | 1600-1000 | 1100-800 | 700-525 | 550-375 | 400-250 | |
| Grados Recubiertos Grados Sin Recubrir | | KC818 K090 K060 | KC818 KC850 KC818 K45 K21 K420 | KC818 KC850 K420 | | KC818 KC850 K420 | |

□ Insertos recubiertos Kennametal son sugeridos cuando los rangos de Metal a remover son altos

| ACERO AL CARBON NO ALEADO Serie de Aceros AISI-1000 | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESBASTE | | DESBASTE PESADO | |
|--|--------------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | Profundidad de Corte | Up to .060 | .060-.180 | .125-.375 | .250-.500 | .375-.750 | .875 & Up |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-.015 | .010-.015 | .020-.040 | .035-.065 | .050-.085 | |
| Velocidad Superficial | 1600-1100 | 1150-700 | 800-450 | 475-350 | 350-250 | 350-200 | |
| Grados Recubiertos Grados Sin Recubrir | | KC818 K090 K060 | KC818 KC850 KC818 K45 K21 K420 | KC818 KC850 K420 | | KC850 K21 K420 | |

□ Insertos recubiertos Kennametal son sugeridos cuando los rangos de Metal a remover son altos

| ACEROS ALEADOS Series de Aceros: AISI-1300, 1000, 5000 6000, 8000 y 9000. | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESBASTE | | DESBASTE PESADO | |
|--|--------------------------|---------------|---------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| | Profundidad de Corte | Up to .080 | .060-.180 | .125-.375 | .250-.500 | .375-.750 | .875 & up |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-.015 | .010-.025 | .020-.040 | .035-.065 | .050-.085 | |
| Velocidad Superficial | 1200-850 | 850-650 | 600-400 | 425-275 | 275-200 | 225-175 | |
| Grados Recubiertos Grados Sin Recubrir | | KC818 K090 | KC850 K060 | KC818 KC850 KC818 K45 K21 K420 | KC818 KC850 K420 | | KC850 K21 K420 |

□ Insertos recubiertos Kennametal son sugeridos cuando los rangos de Metal a remover son altos

| ACEROS ALEADO Series de Aceros: AISI-1300, 1000, 5000 6000, 8000 y 9000. | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESBASTE | | DESBASTE PESADO | |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | Profundidad de Corte | Up to .080 | .060-.180 | .125-.375 | .250-.500 | .375-.750 | .875 & Up |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-.015 | .010-.025 | .020-.035 | .025-.045 | .030-.055 | |
| Velocidad Superficial | 300-750 | 200-650 | 1200-500 | 600-400 | 425-300 | 300-200 | |
| Grados Recubiertos Grados Sin Recubrir | | KC818 KC818 K060 K060 | KC818 KC218 KC850 KC818 K060 K45 | KC818 KC850 K21 K420 | | KC818 KC850 KC818 KC250 K06 K1 | |

□ Los insertos recubiertos Kennametal son sugeridos cuando los rangos de Metal a remover son altos

TABLA B-1

Datos Técnicos

Selección de Grados Kennametal

Grados Sugeridos y Condiciones de Maquinado para Varios Materiales y Tipos de Corte.



MATERIAL A TRABAJAR

| ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS: Series 400 y 500 forjadas y Aceros Inoxidables PH | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESGASTE | | DESGASTE PESADO | |
|--|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|---------|-----------------|---|
| | Profundidad de Corte | Up to .000 | .060-100 | 125-375 | 250-500 | — | — |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-015 | .010-.025 | .010-.040 | — | — | — |
| Velocidad Superficial | 850-680 | 675-650 | 450-300 | 325-175 | — | — | — |
| Grados Recubiertos | KC818 KC819 | KC918 KC898 KC818 | — | | | | |
| Grados sin Recubrir | K090 K080 K48 | KC250 K45 K430 | — | | | | |

□ Los insertos recubiertos Kenrol son sugeridos cuando los rangos de metal a remover son altos

| ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS: Aceros Forjados: Series 200 y 300 | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESGASTE | | DESGASTE PESADO | |
|---|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------|---------|-----------------|---|
| | Profundidad de Corte | Up to .000 | .060-100 | 125-375 | 250-500 | — | — |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-015 | .010-.025 | .020-.040 | — | — | — |
| Velocidad Superficial | 850-475 | 500-425 | 425-300 | 300-125 | — | — | — |
| Grados Recubiertos | KC818 KC218 KC888 | KC918 KC898 KC818 KC298 | — | | | | |
| Grados sin Recubrir | K090 K88 | K68 K1 | — | | | | |

| ALEACIONES SUPER: Hierro, Nickel, Titanio y Aleaciones a base de Cobalto: | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESGASTE | | DESGASTE PESADO | |
|--|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|---------|-----------------|---|
| | Profundidad de Corte | Up to .060 | .060-100 | 100-300 | 200-300 | — | — |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-015 | .010-.020 | .015-.025 | — | — | — |
| Velocidad Superficial | 400-225 | 225-150 | 150-100 | 100-30 | — | — | — |
| Grados Recubiertos | KC818 | KC918 KC898 KC298 | — | | | | |
| Grados sin Recubrir | K090 K11 K88 | K68 K1 | — | | | | |

| ACEROS PARA HERRAMIENTAS. Alta velocidad forjado, material trabajado Resistente al choque caliente y frío. | CONDICIONES DE MAQUINADO | ACABADO | | DESGASTE | | DESGASTE PESADO | |
|---|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|----------|
| | Profundidad de Corte | Up to .000 | .060-100 | 125-375 | 250-500 | 375-750 | 875 & Up |
| Rango de Avance | Up to .005 | .005-015 | .010-.025 | .020-.030 | .025-.045 | .035-.065 | — |
| Velocidad Superficial | 750-300 | 400-275 | 300-200 | 250-175 | 200-125 | 180-100 | — |
| Grados Recubiertos | KC918 KC898 | KC818 KC898 KC818 | — | | | | |
| Grados sin Recubrir | K090 K080 | K45 K420 | — | | | | |

TABLA B-1

Datos Técnicos

Selección de Grados Kennametal

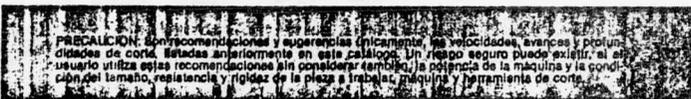
Grados Superfidos y Condiciones de Maquinado para Varios Materiales y Tipos de Corte.

MATERIAL A TRABAJAR

| ALEACIONES DE FACIL MAQUINADO NO FERROSAS. Aluminio, Cobre, Zinc, y Aleaciones de Bronce. Sugerencias para condiciones de maquinado basadas en un índice de maquinabilidad de 70-100 y un rango de dureza de 80-120 BHN. | CONDICIONES DE MAQUINADO | | ACABADO | | DESGASTE | | DESGASTE PESADO | |
|--|--------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|--|
| | Profundidad de Corte | Up to .060 | .060-.180 | .125-.375 | 250-500 | .375-.750 | 675 & Up | |
| | Rango de Avance | Up to .005 | .005-.015 | .010-.025 | .020-.040 | .035-.065 | .050-.065 | |
| | Velocidad Superficial | 2000-1400 | 1600-1000 | 1200-600 | 600-650 | 650-500 | 650-400 | |
| Grados sin Recubrir | K11 K66 | | K66 | | K66 | | K66 K1 | |

Geometrias de inclinación positiva son frecuentemente usadas en el maquinado de estos materiales.

| NO METALICOS: Nylon, Acrílicos y Materiales de Resinas Fenólicas. Geometría de inclinación Positiva es sugerida para el maquinado de estos materiales | CONDICIONES DE MAQUINADO | | ACABADO | | DESGASTE | | DESGASTE PESADO | |
|---|--------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|---|-----------------|--|
| | Profundidad de Corte | Up to .060 | .060-.180 | .125-.375 | 250-500 | - | - | |
| | Rango de Avance | Up to .005 | .005-.015 | .010-.025 | .020-.040 | - | - | |
| | Velocidad Superficial | 1500-1100 | 1100-600 | 600-450 | 450-350 | - | - | |
| Grados sin Recubrir | K11 K66 | | K66 | | K66 K1 | | - | |



Guía General de como aplicar el K060 y K090 más eficientemente

- Usar el K060 en fundiciones de hierro con una dureza Brinell de 170-235 a velocidades superiores a los 2500 pies/min.
- Usar el K060 en aceros aleados con una dureza Brinell de 23-24 Rc a velocidades superiores de 2000 pies/min.
- Usar el K060 en fundiciones de hierro con rango superior a 235 Brinell y hasta 66 Rc (63 Shore).
- Usar el K090 en fundiciones de acero superior a 34 Rc y hasta 66 RC.
- Nunca usar refrigerante en K060 o K090 cuando se está maquinando con fundición gris o aceros aleados.
- Altas velocidades de corte reducirán las fuerzas de corte en el filo de corte. Por lo tanto, usted debe incrementar las velocidades y reducir los avances cuando se usan insertos de cerámica.
- Siempre use el radio en la punta del inserto lo más grande posible.
- Los cortes de desbaste con cerámica pueden requerir re-torneado con
- herramental de carburo.
- Use 5°, 15° y 45° de ángulo de entrada en los portainsertos en todos los cortes de desbaste.
- Use 5/16", de espesor en el inserto para cortes de desbaste.
- El volado del portainserto debe ser siempre ajustado al mínimo.

TABLA 3-3

Sistema de Identificación de Portainseros

Este sistema se desarrolló para la identificación de portainseros calificados. Los números de portainseros calificados listados en este catálogo han sido asignados utilizando este sistema.

| | | | |
|---|---|--|---|
| <p>A—Zanco recto con 0° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>B—Zanco recto con 15° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>C—Zanco desplazado con 0° de entrada frontal.</p> <p>D—Zanco recto con 45° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>E—Zanco recto con 30° de ángulo de entrada frontal.</p> <p>F—Zanco desplazado con 0° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>G—Zanco desplazado con 15° de ángulo de entrada invertido frontal.</p> <p>H—Zanco desplazado con 3° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>I—Zanco desplazado con 15° de ángulo de entrada frontal.</p> <p>J—Zanco desplazado con 5° de ángulo de entrada invertido lateral.</p> <p>K—Zanco desplazado con 15° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>L—Zanco desplazado con 8° de ángulo de entrada invertido lateral.</p> <p>M—Zanco recto con 40° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>N—Zanco recto con 0° de ángulo de entrada frontal al centro y relieve lateral en ambos lados.</p> <p>O—Zanco recto con 27-1/2° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>P—Zanco desplazado con 3° de ángulo de entrada invertido frontal.</p> <p>Q—Zanco desplazado con 15° de ángulo de entrada lateral.</p> <p>R—Zanco desplazado con 45° de ángulo de entrada lateral.</p> | <p>V—Zanco recto con 17-1/2° de ángulo de entrada frontal.</p> | <p>A—Calificado en su respaldo y Extremidad, 4" longitud.</p> <p>B—Calificado en su respaldo y Extremidad, 4.5" longitud.</p> <p>C—Calificado en su respaldo y Extremidad, 5" longitud.</p> <p>D—Calificado en su respaldo y Extremidad, 6" longitud.</p> <p>E—Calificado en su respaldo y Extremidad, 7" longitud.</p> <p>F—Calificado en su respaldo y Extremidad, 8" longitud.</p> <p>G—Calificado en su respaldo y Extremidad, 5.5" longitud.</p> <p>H—Calificado en su respaldo y Extremidad, 5.625" longitud.</p> <p>I—Calificado en su respaldo y Extremidad, 3" longitud.</p> <p>J—Calificado en su respaldo y Extremidad, 3.3" longitud.</p> <p>K—Calificado en su respaldo y Extremidad, 4" longitud.</p> <p>L—Calificado en su respaldo y Extremidad, 5.8" longitud.</p> <p>M—Calificado al frente y Extremidad, 4" longitud.</p> | <p>N—Calificado al frente y Extremidad, 4.5" longitud.</p> <p>O—Calificado al frente y Extremidad, 5" longitud.</p> <p>P—Calificado al frente y Extremidad, 6" longitud.</p> <p>Q—Calificado al frente y Extremidad, 7" longitud.</p> <p>R—Calificado al frente y Extremidad, 8" longitud.</p> <p>T—Calificado al frente y Extremidad, 5.5" longitud.</p> <p>U—Calificado en su respaldo y Extremidad, 3.5" longitud.</p> <p>V—Calificado en su respaldo y Extremidad, 3.75" longitud.</p> <p>W—Calificado en su respaldo y Extremidad, 3.5" longitud.</p> <p>Y—Calificado en su respaldo y Extremidad, 3.75" longitud.</p> <p>Z—Calificado en su respaldo y Extremidad, 3.250" longitud.</p> |
| <p>ESTILO DE PORTAINSERO</p> | <p>MANO DE LA HERRAMIENTA</p> <p>D—Derecho I—Izquierdo N—Neutra</p> | <p>SUPERFICIE Y LONGITUD CALIFICADA</p> | <p>*MODIFICACION DEL ZANCO</p> <p>A—10° Ángulo de cuña x 3.375" B—10° Ángulo de cuña x 3.750" C—10° Ángulo de cuña x 4" D—10° Ángulo de cuña x 3.750" E—25° Ángulo de cuña x 4.000" F—Ajuste Puro R—Espacio libre más para un mínimo de 4" del agujero. S—Agujero mínimo de 3.000"</p> |

DTANR-164BA

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| <p>METODO DE FIJACION DEL INSERTO MONTADO HORIZONTALMENTE</p> <p>D—Combinación de perno y grapa superior. E—Plicado por Grapa. N—Top Insert. S—Con tornillo. W—Método de fijación por cuña.</p> | <p>FORMA DEL INSERTO</p> <p>V—Diamante de 35° C—Diamante de 50° D—Diamante de 55° T—Triangular S—Cuadrado R—Redondo G—Ranurado (Profundo)</p> | <p>INCLINACION</p> <p>N—Negativo P—Positivo H—Neutra</p> | <p>MEDIDA DEL ZANCO</p> <p>La sexta y séptima posición deben ser un número significativo de dos dígitos, los cuales indican la sección transversal del portainsero. Para zancos cuadrados de 5/8" y más, se presentará el número de decimales del ancho y alto. Para zancos cuadrados de menos de 5/8", el número de decimales será precedido por un cero. Para portainseros rectangulares, el primer dígito representa el número de octavas de ancho y el segundo dígito el número de cuartos de altura, excepto el siguiente portainsero: 1-1/4" x 1-1/2" el cual se le da el número 91.</p> | <p>TAMARO DEL INSERTO</p> <p>Número de octavas del Circulo Inscrito (C.I.)</p> |
|--|--|---|---|---|

* Estándar para Kennametal únicamente

B I B L I O G R A F I A

Alford y Barngs.

Manual de la producción

Ed. UTEHA

México, 1981.

Alique López José Ramón

Control Numérico

Ed. Mocambo, S.A.

Barcelona, España 1975.

Amsted H. Phillips O. Myron B.

Procesos de Manufactura

Ed. C.E.C.S.A.

México, 1980.

Angeles Cayetano Aurelio y Victoria Eugenia Erossa

Elementos para la elaboración de proyectos industriales

Publicaciones E.S.I.M.E. 1977.

Baena Paz Guillermina Lic.

Instrumentos de Investigación Manual para elaborar Trabajos -
de Investigación y Tesis Profesionales.

Ed. Editores Mexicanos Unidos, S.A.

México, S.A. 1980.

Boothroyd Geoffrey

Fundamentos del corte de metales y de las máquinas herramienta.

Ed. McGraw-Hill

México, 1978.

Glenn Ertell

Numerical Control

Ed. John Wiley, S.A.

México, 1970.

López Navarro T.

Automatismo y Control

Ed. Gustavo Gili

Barcelona, España 1975.

Machining Center Acramatic 225-W

Programing and Operation Manual

Cincinnati Milacron Co.

Terco AB, Sweden

Terco C.N.C. - 1000/CM 400 Workbook

Australia 1980.

Trujillo del Río Juan José

Ingeniería Industrial

Ed. Limusa

México, 1976.