

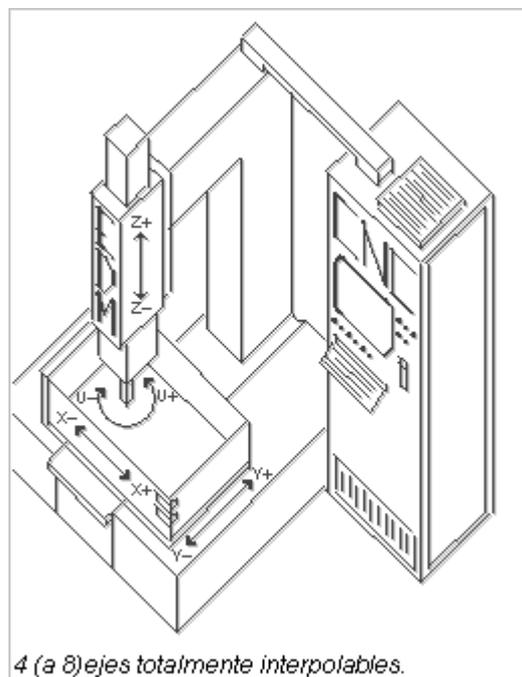
APENDICE G: ELECTROEROSION (MAC - EDM). ASPECTOS SIGNIFICATIVOS en la PROGRAMACION.

INTRODUCCION:

Cualquier CNC dedicado a máquinas de electroerosión debe poseer una característica que lo hará específico para este tipo de aplicación:

Dado un contorno programado o una simple penetración, según la normal secuencia de bloques de tramos lineales o circulares, el CNC de electroerosión debe poseer la posibilidad de **invertir el sentido de desplazamiento** al recibir una orden determinada. Dicha orden, 1º: es la **estabilidad del GAP** que viene controlada por el propio CNC o 2º: es la realización de un ciclo de limpieza en donde se deberá retroceder a una velocidad elevada para asegurar que el efecto de "bombeo" garantice una evacuación correcta de los residuos que la erosión provoca en la pieza (arranque) y en el electrodo (desgaste).

Una particularidad notable de esta singular prestación será la de poder trabajar indistintamente en los dos tipos de programación de cotas: Incremental o Absoluto.



Para permitir la "decodificación" de bloques en sentido contrario al normal de avance, ciertas restricciones en cuanto a la sintaxis de programación deberán imponerse:

- 1- El hecho de decodificar bloques en sentido contrario imposibilita el poder programar el tipo de movimiento a realizar (G0, G1, G2 o G3) y dejarlo "enclavado". En electroerosión es condición obligatoria incluir el tipo de movimiento como primer comando en cada bloque para que, en principio, se pueda ejecutar retrocediendo. Caso de no especificarse el tipo de desplazamiento como primera sentencia del bloque, el CNC interrumpirá la posibilidad del retroceso al llegar a este bloque.
- 2- A continuación del tipo de movimiento se programará el desplazamiento a realizar (X, Y, Z y U con sus respectivos valores). Caso contrario el CNC, igual al caso 1, interrumpirá la posibilidad de retroceso en este bloque.
- 3- Ordenes posteriores a los puntos 1 y 2, **solo se ejecutarán** al ir hacia delante. ¡OJO!, cualquier orden posterior y en el mismo bloque, a continuación del tipo de movimiento y el desplazamiento, NO SE EJECUTARA al ir retrocediendo. Así si por ejemplo, se programa:
G1X20.5Z15.4F40M4
al ejecutar el programa según la normal secuencia de bloques en avance, después de ejecutar el desplazamiento de los ejes X y Z en interpolación lineal, se establecerá la velocidad de avance de los ejes al valor de 40 mm/min. y se ejecutará la orden M4. Al retroceder y llegar a este mismo bloque, el CNC **solo ejecuta** las ordenes de desplazamiento, por consiguiente F40 y M4 no se ejecutarán (o sea, como la F queda enclavada después de su programación, esta no se modificará, y la función auxiliar o el ciclo correspondiente a M4, tampoco).
- 4- Cualquier bloque que no respete los puntos 1 y 2 hará que el CNC no retroceda más bloques, permaneciendo en este punto hasta que se establezcan las condiciones para que pueda avanzar. En el caso de cortocircuitos, y de no haberse respetado la sintaxis apuntada, se imposibilita la opción de poder "romper el cortocircuito", de ahí la importancia que el usuario prevea y prevenga por programación **secuencias de escape** que aseguren la correcta actuación del CNC frente a la posibilidad de cortocircuitos.
- 5- Para programación **absoluta** deberán programarse en cada bloque todos los ejes de la aplicación según luego veremos.

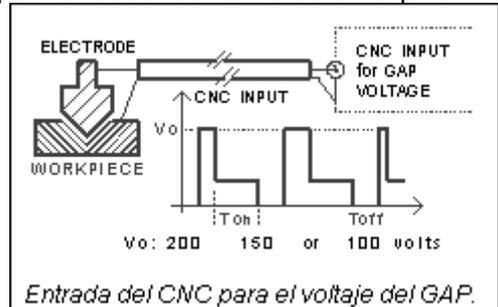
CONFIGURACION:

El CNC MAC-EDM posee un "hardware" y "software" específico que realiza un tratamiento especial sobre la tensión del GAP y sobre la ejecución automática de ciclos de limpieza.

Una particularidad singular es que el equipo NO decodificará nuevas instrucciones hasta que haya finalizado totalmente la ejecución del comando en curso.

El CNC está preparado para atender a otros eventos como:

- 1- Activación de la señal de "FEED HOLD" si el nivel del dieléctrico no es el apropiado, y su posible anulación permitiendo la erosión con un nivel de amperios inferior a 9 o 5,5 Amp. dependiendo del fabricante de la máquina.
- 2- Activación automática de la **LANZA** ("Flushing": limpieza con chorro de agua) mientras se realiza el retroceso durante el ciclo de limpieza.
- 3- Atender a los "overrides" para variación porcentual de parámetros de erosión: Tiempo entre limpiezas o de trabajo ("working time"), Tiempo de limpieza ("Return Time"), o de los "overrides" para la velocidad de trabajo ("FEED") o de desplazamiento rápido o con G0 ("RAPID"), e incluso el ajuste manual de la abertura de entre electrodo y pieza o **GAP**. (Todos ellos de 16 posiciones salvo el "Rapid que será de 5 posiciones).



Para que el CNC reconozca que se quiere trabajar en modo EDM, o sea que el equipo pueda retroceder por el mismo camino programado, deberá enclavarse la marca **O14** (funcionamiento EDM activo) y, si además deseamos efectuar ciclos de limpieza, deberá ser asimismo enclavada la marca **O13**. La omisión del comando O14 hace que el equipo actúe como un CNC convencional del tipo fresadora.

Por último añadir que existen parámetros que permitirán al usuario configurar al CNC para programar distintos regímenes de trabajo, los cuales a su vez son posibles de variar dinámicamente mientras se está ejecutando el programa.

NORMAS EN LA PROGRAMACION:

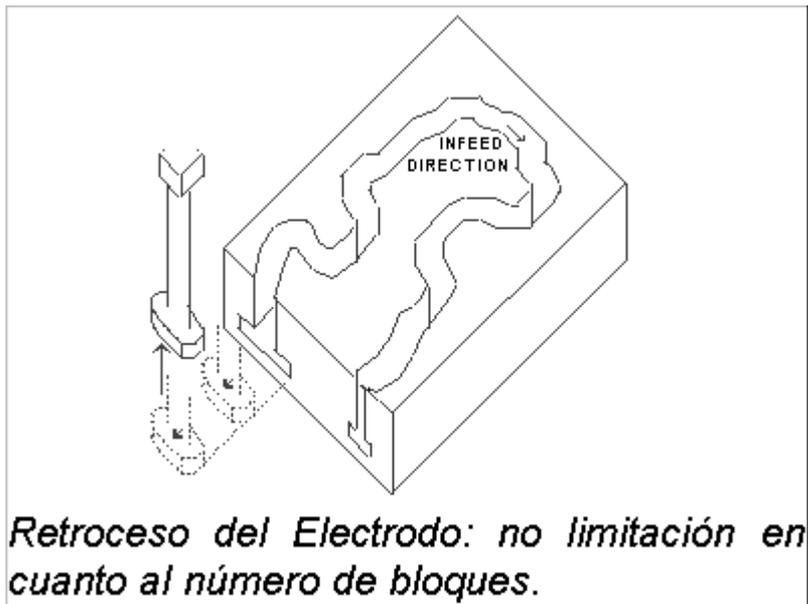
Como se ha apuntado en el primer apartado, el equipo no se adelanta en la decodificación de bloques.

Ciertos convenios en la programación deberán respetarse para que se puedan decodificar y ejecutar bloques en sentido contrario al normal de avance:

- I- Bloques que no dispongan del tipo de movimiento (G0, G1, G2 o G3) como **primera sentencia en el bloque**, hacen que la decodificación en sentido descendente **se interrumpa**.

El equipo permanecerá en ese punto a la espera de recibir confirmación (finalización ciclo de limpieza, por ejemplo) de que puede seguir avanzando.

- II- Después de la orden del tipo de movimiento, deberán programarse **por estricto orden** las cotas de todos los ejes implicados en el contorno a programar.
- III- Otras ordenes en el mismo bloque y a continuación de los valores de las cotas a alcanzar, **solo se decodifican y ejecutan en sentido ascendente (avanzando)**.
- IV- El "abortar" la ejecución automática de un programa mediante la pulsación consecutiva del **<STOP>** y el **<ENTER>** anulan las ordenes O14 y O13, por consiguiente el CNC actuará en modo convencional.



- V- Señales como el "DRY RUN", "STOP" etc... son totalmente operativas en ambos sentidos. La señal de "Single Block", al ir retrocediendo no actuará.

Solo para programación en **COTAS ABSOLUTAS**:

VI- Para poder retroceder, los ejes incluidos en el bloque que se va a decodificar, **deben estar presentes en el bloque anterior**, de lo contrario la decodificación en sentido descendente se interrumpirá como en el punto I. La obligatoriedad de este punto se explica por el hecho que es el bloque anterior el que suministra (caso de retroceder) la información de donde realmente se deberá situar la máquina, siendo para ello imprescindible conocer la posición **exacta** de todos los ejes implicados en el contorno.



NOTA: El equipo MAC-EDM prevee la posibilidad de retroceder cuantos bloques sean necesarios siempre que las normas de programación se respeten (y la sintaxis lo permita). Por ello es posible "deshacer" un recorrido "infinito" que asegure que el sistema será eficiente en cualquier condición.

EJEMPLO ILUSTRATIVO:

Supongamos que queremos realizar el siguiente contorno:

- 1- Línea horizontal de 40 mm..
- 2- Semicírculo de radio 25 mm..
- 3- Línea horizontal de 40 mm..
- 4- Línea vertical de 29 mm..

La programación en ambos tipos de acotado resultaría ser:

bloque	Programación Incremental	Programación absoluta	COMENT.
0001	G91F15O3I3G0X0Y0O14O13	G90F15O3I3G0X0Y0O14O13	(*)
0002	G1X40	G1X40Y0	P1
0003	G2X50Y0I25J0 G2X90Y0I25J0		P2
0004	G1X40	G1X130Y0	P3
0005	G1Y29	G1X130Y29	P4
0006	O-3I-3O-13O-14G99	O-3I-3O-14O-13G99	(*)

(*) O3I3 se supone que da la orden, y espera confirmación, de puesta en marcha del generador de corriente. O-3I-3 cancela orden de puesta en marcha (paro). Se omite la parametrización de los comandos específicos de electroerosión como: tiempo de limpieza y erosionado, tiempos de impulsos y pausa, programación de corrientes, etc... (ver apéndice H).

O14 Predispone al equipo a que pueda actuar atendiendo a la señal del GAP (retroceso activo).

O13 (Si O14 activa) predispone al equipo a que pueda efectuar limpiezas.

Como se apreciará en los listados de los programas, tanto en absolutas como en incrementales, es obligatoria la programación del tipo de movimiento G0, G1, G2 o G3. Además, y en absolutas, la aparición de las cotas de **todos** los ejes implicados en el contorneado es asimismo obligatoria (la información de donde deberá situarse la máquina caso de estar retrocediendo, solo la puede aportar el bloque anterior. De este mismo hecho se difiere que **nunca** se podrá ejecutar **el primer bloque** que posea movimiento de ejes absoluto, pues el anterior bloque no aporta información de la posición de la máquina).

Atendiendo al ejemplo supongamos que estamos situados en el punto **P3** (justo antes de iniciar la ejecución del bloque 0005). En dicho momento ya sea por orden de ciclo de limpieza, o por "cortocircuito" en el GAP, recibimos la orden de retroceder.

En incrementales decodificaremos el bloque 0004. Vemos que debemos retroceder X40 mm. Esta información en incrementales ya es suficiente y se ejecuta operando de forma que el sentido del desplazamiento a realizar sea el contrario al normal de avance: X-40 mm..

En absolutas vemos que la máquina está situada en X130Y0, pero para saber que posición debemos alcanzar retrocediendo, deberemos decodificar el **bloque anterior** (0003). Por ello es necesario que absolutamente **todos** los ejes se incluyan en **todos** los bloques. (Las operaciones que realiza el CNC en absolutas son mucho más sofisticadas que en incrementales, pero el resultado es mucho más fiable pues se garantiza que la máquina alcance la posición deseada en todas las condiciones).

Llegados al punto **P2**, la decodificación del círculo también posee un tratamiento diferenciado en incrementales o absolutas. Lo más significativo es que en absolutas el bloque anterior afectará también a los cálculos

del centro de coordenadas.

Situados en el punto **P1**, en incrementales no existe ningún problema para su decodificación y ejecución. Sin embargo, en absolutas se interrumpirá la decodificación pues el bloque anterior (al no respetar la sintaxis señalada) no aporta información de la posición de la máquina que deberíamos alcanzar. Si se hubiera programado G0X0Y0 al inicio del contorneado, sería posible ejecutar en absolutas el bloque 0002 en el sentido contrario al normal de avance.

El ejemplo muestra como se debería programar un pequeño contorneado. Pero claro está, antes de acceder al punto de inicio, deberíamos haber efectuado al menos una pequeña penetración según el eje Z, pues ante la eventualidad de que se origine un cortocircuito justamente al inicio de la erosión, no sería factible el poder "romperlo". Ello nos obliga SIEMPRE a pensar en una SECUENCIA DE ESCAPE realizada POR PROGRAMA. No olvidemos que aunque el CNC es muy parecido a un control normal de fresadora, el hecho de poder retroceder, nos obliga a extremar el cuidado en la sintaxis y la semántica en la programación. ¡ El CNC MAC-EDM es un control específico para electroerosión !.

El programa teniendo presente la penetración en el eje Z (supongamos de 2 mm.) y la secuencia de escape, quedaría como:

bloque	Programación Incremental	Programación absoluta	
0001	G91F15O3I3O14O13	G90F15O3I3O14O13	
0002	G0X0Y0Z3	G0X0Y0Z3	;subir eje Z 3mm.
0003	G0Z-3	G0X0Y0Z0	;bajar eje Z hasta nivel de penetración.
0004	G1Z-2	G1X0Y0Z-2	;penetración eje Z en 2 mm.
0005	G1X40	G1X40Y0	;a continuación el programa de
0006	G2X50Y0I25J0	G2X90Y0I25J0	;contorno reseñado.

APENDICE H. PROGRAMACION DE LOS COMANDOS ESPECIFICOS DE ELECTROEROSION.

El cnc **MAC-EDM** posee códigos especiales para la programación específica de los comandos de erosionado.

Según su utilidad podemos dividirlos en cuatro grupos:

- 1.- Activación de "marcas" para señalar al CNC que se desea erosionar (**O14**) y que se solicita la ejecución de ciclos de limpieza (**O13**). Normalmente se incluyen en aquellas funciones M que ponen en marcha al generador de intensidad. Su OMISION puede ocasionar graves perjuicios, pues al no atenderse por la tensión del GAP, el electrodo puede llegar incluso a "incrustarse" en la pieza. Como quiera que sea, como antes de iniciar un ciclo de erosión deberá haberse puesto en marcha al generador, el operario siempre tendrá presente tal circunstancia.
- 2.- Programación de las variables del generador. Corriente, tiempos de impulso y pausa y "pulse control".
- 3.- Programación de los tiempos de limpieza. Tiempos de erosión (tiempo entre limpiezas consecutivas) y de limpieza (duración del ciclo). Tiempo de estabilidad, en donde automáticamente (dependiendo de la suciedad entre electrodo y pieza) se genera el ciclo de limpieza.
- 4.- Tiempo de ejecución de un movimiento (p.ej. orbitado), para operaciones de "pulido brillante".

Una característica notable del sistema es la de haber asignado a cada comando específico de erosionado un PARAMETRO DE USUARIO, con lo que será posible alterar las condiciones de la erosión en cualquier momento. Con ello se pretende que el operario, a modo de ajuste manual, pueda corregir de forma dinámica cualquier parámetro que afecte a la eficiencia del erosionado que se esté llevando a término. De la forma de acceder y modificar los parámetros de usuario, se da cumplida explicación en el Manual de Operatoria y en el de utilidades de comunicación del PC vs. MAC.

Antes de introducir los parámetros de erosionado propiamente dichos, se hará mención al hecho de predisponer al CNC para funcionamiento en modo EDM. En la presentación de los comandos de erosionado, se seguirá el orden del número de Parámetro de Usuario asociado de menor a mayor.

Activación de marcas. O14 y O13.

El control MAC-EDM actúa como un CNC convencional mientras no se le señale que debe actuar atendiendo al estado del GAP (control adaptativo).

Principalmente existen dos posibilidades:

- 1ª Activar el control del GAP mediante la programación del comando O14, con lo que se consigue desde el mismo instante de su programación que el CNC controle la estabilidad de la chispa. Lógicamente para anular el control del GAP por programa, el comando O-14 deberá incluirse. El CNC automáticamente anula la orden O14 cuando se aborta (mediante STOP y ENTER: paso a semiautomático) o se finaliza un programa. Comandos en semiautomático (MDI), estando la orden O14 activa, soportan la posibilidad de erosión, debiéndose de abortar su ejecución mediante la pulsación de las teclas STOP y ENTER consecutivamente.
- 2ª Activar los ciclos de limpieza mediante la orden O13. Para hacerla activa es condición obligatoria que el control del GAP sea efectivo (O14 haya sido programado). El matiz de diferenciar el control de la chispa (O14) y activar los ciclos de limpieza (O13), se debe al hecho que ciclos de "pulido brillante" o preparación de la pieza a erosionar, pueden no requerir la ejecución de ciclos de limpieza. La orden O-13, o la finalización del programa, o la operación de abortar la ejecución de un programa, anulan el comando de activación de los ciclos de limpieza.

Como conclusión podemos reseñar que la activación de la marca O14 hace que el control **pase a modo EDM "adaptativo"**, atendiendo al arranque de material y a la posición del OVERRIDE del GAP. La marca O13 **predispone** al CNC a poder efectuar ciclos de limpieza atendiendo a la posterior programación de los parámetros inherentes a ella.

Programación de la velocidad de ejecución de los ciclos de limpieza. Comando TInnnnn.nnn (PU49).

Los ciclos de limpieza realizan un efecto de bombeo para evacuar la suciedad que se acumula entre electrodo y pieza. Para que dicho efecto de bombeo sea eficiente en toda circunstancia y se adapte a cualquier condición de trabajo, la programación del comando TI permite establecer la velocidad de ejecución de los ciclos de limpieza (en mm/min) mientras se ejecutan comandos del tipo G1, G2 o G3 (que en condiciones de trabajo son ejecutados a la velocidad programada mediante el comando F).

El valor de TI programado se almacenará en el Parámetro de Usuario PU49 para poder realizar una modificación dinámica mientras se esté ejecutando un programa.

La velocidad de limpiezas se igualará al máximo permitido por la aplicación si se programa un valor de Ti superior a esta.

 **NOTA:** Para evitar cálculos innecesarios, la velocidad real de las limpiezas será aquella que haya sido programada, multiplicada por un factor de 1.00708. Así, si T1100.5, $V_{real} = 101.211 \text{ mm/min}$.

Tiempo de ejecución para "pulido brillante". Comandos TX. y TXnnn.nn (PU50).

Como su nombre indica sirve para operaciones de pulido, por lo tanto la explicación versará exclusivamente sobre la forma por la que se ha optado para resolver los múltiples inconvenientes que puede presentar la operación a la que nos hemos referido.

Una vez seleccionados los parámetros del generador (ver posteriormente como se efectúa su programación), ejecutaremos un comando de orbitado repetitivo (ver etiquetas de salto y comando G99.nn en manual de programación). Interesará poder abortar POR TIEMPO la ejecución del comando repetitivo de orbitado. A tal efecto, se ha incorporado en el CNC un contador/temporizador programable en minutos (**TXnnnn.nn**) que puede ser revisable por el programa cuantas veces se desee (**TX.**).

El comando **TXnnnn.nn** inicializa el contador al valor programado en minutos (valor máximo: 99999.999 min, valor mínimo: 0.001 min). Justo desde el instante de su programación se inicia el decremento automático del contador asociado.

El comando **TX.** (una "t" y "x" seguidas de un punto) es de muy especiales características y significado. SIEMPRE SE PROGRAMARA A CONTINUACION DE UN COMANDO DE MOVIMIENTO DE EJES. Su misión es la de revisar el estado del contador mencionado. En el momento en que se alcanza el valor de cero y ANTES de haber terminado con la ejecución del movimiento, este último se ABORTA (se interrumpe el desplazamiento programado), se realiza automáticamente O-13 y O-14 para deshabilitar la posibilidad de retroceso (¡ATENCIÓN!: no en modo EDM), y se DECODIFICA el comando que venga A CONTINUACION Y EN LA MISMA LINEA del comando TX. . Caso contrario, se ha finalizado el movimiento y el contador no ha alcanzado el valor de cero, SE SALTA AL BLOQUE SIGUIENTE.

Así, si por ejemplo programamos:

```

.
.
.
G91F80G1X1           ;en incrementales y a 80 mm/min.
TX65.25              ;temporización de 1 hora y 5¼ min.
@01G2X0Y0I1J0TX.G99.02 ;¡OJO! circular completa de radio 1 mm.. Mientras se ejecuta revisa que el
                        ;contador alcance el valor de cero. Si se llega a cero, saltamos a la etiqueta
                        ;numero 02. Caso contrario, se finaliza la interpolación circular y saltamos al
                        ;bloque siguiente.

G99.01                ;Se repitirá el bloque anterior hasta que TX alcance el valor de cero.
@02G0Z-2              ;terminado el "pulido" finaliza el programa retirando los ejes.
G99

```

También es posible incluir toda la programación, a modo de ciclo, dentro de una función M. Por ejemplo M24 para operaciones de pulido, en donde advertiremos que deberá programarse antes de la llamada al ciclo:

Parámetro 00: tiempo de pulido.
 Parámetro 01: radio del orbitado.
 Parámetro 02: velocidad del orbitado.

Con lo que el programa quedaría como (si existe alguna duda al respecto ver sección 11 en el Manual de Programación):

P&24
 G91F6O13G1X&01 ;Erosiona hasta alcanzar radio de orbitado.
 F&02TX&00
 @01G2X0Y0I&01J0TX.G99.02 ;Orbita y al final del circulo revisa el contador (O13 on).
 G99.01 ;Orbita hasta que el contador alcance el valor de cero.
 @02G99

NOTA 1: Al inicializar el valor del contador TX, nunca deberá omitirse la programación del dígito de las unidades, aunque su valor sea el de 0. Por ejemplo, para establecer el valor del parámetro a ¼ de min, se programará: TX0.25 (NO ~~TX.25~~ pues se interpretaría como TX.).

NOTA 2: El valor que se introduce en el parámetro PU50 sufre ciertos cálculos para establecerlo de forma operativa para el CNC. Efectivamente, para que el CNC lo elabore con rapidez, el valor que se introduce en el parámetro es el equivalente en centésimas de segundo. O sea, que si programamos TX5.5 (5½ min), apreciaremos que el valor inicial cargado es el de (5,5 min * 60 sgds/min * 100 centésimas de segundo/1 segundo =) 33.000 centésimas de segundo. Apreciaremos que dicho valor se va decrementando automáticamente hasta el valor de cero.



ATENCIÓN: El comando **TX.** de ejecutarse (contador alcanza el valor de cero), lleva implícito un **O-130-14** (desactiva posibilidad de retroceso y autoactivación de ciclos de limpiezas). Este hecho deberá de tenerse **MUY** presente durante la programación.

(Ver comandos de ORBITADO en APENDICE K y "SPARKING OUT" o CHISPORROTEO en APENDICE L).

Parámetro de Estabilidad. TE_{nnn}. (PU51).

La misión de este parámetro es la de activar un ciclo de limpieza AUTOMATICO, atendiendo a la "suciedad" que se encuentre presente durante la fase de erosionado.

Como las condiciones de suciedad dependen del material, intensidad, etc... el valor a introducir es programable. Un valor típico es el de 0.5, pero dependerá del número de limpiezas que se deseen efectuar para encontrar el valor más apropiado. Valores bajos en la programación del TIEMPO DE ESTABILIDAD, hacen que los ciclos de limpieza se ejecuten con "suciedad" (estabilidad de la chispa) escasa. Valores altos hacen que el tiempo de erosión sea más largo. (Ver punto 1.3 del apéndice I en este mismo manual).

Apreciará el operario que mediante la programación del tiempo de erosión (TK_{nnnn}._{nnn}, ver posteriormente), se puede marcar el tiempo entre limpiezas sucesivas, pero es aconsejable que también haga uso de TE puesto que la eficacia de las limpiezas es notoriamente superior al caso en que el usuario solo decida la cadencia entre limpiezas.

Como quiera que sea, como cero sería un valor ilógico en el parámetro de estabilidad, su introducción ANULA la actuación automática de los ciclos de limpieza. Valor máximo programable 65.356 segundos.

Programar TE0.5 equivale a PU51= 0.500 en el PC. Y a PU51 00000500 en la botonera del equipo.



NOTA: El parámetro de estabilidad se puede interpretar como aquel tiempo que debe permanecer el GAP en **cortocircuito** continuo, para que se ejecute un "ciclo de limpieza" automático. Aunque esta definición no sea exacta, da una medida de lo que se quiere obtener.

Parámetro abertura GAP. TG_{nn} (PU52).

Existen 2 formas de controlar la abertura de la tensión del GAP. Para que el CNC pueda diferenciar el modo de actuación de entre las 2 posibles, el fabricante habrá instalado en el panel frontal de la máquina un conmutador de 2 posiciones.

El conmutador en la posición liberada (no pulsado), señala al CNC que el GAP se establece **manualmente** mediante el conmutador rotativo de 16 posiciones sito también en el panel frontal, el cual preestablecerá el voltaje efectivo entre el electrodo y la pieza o GAP.

En la posición pulsada del conmutador, el CNC establece la abertura del GAP mediante aquel valor que se haya programado con el comando **TGnn** (en donde **nn** puede tomar los valores del 0 al 15, siendo 16 posiciones iguales a las que se obtendrían mediante el selector manual). Si se programa un número superior al de 15 (p. ej. TG19), automáticamente se establecerá al valor máximo (15). Asimismo, el valor programado se podrá modificar dinámicamente sin más que acceder al Parámetro de Usuario número 52.

Si por ejemplo se programa TG12, en el PC se mostrará PU52 = 0.012, mientras que en la botonera se señalará como valor introducido el de PU52 00000012.

Dinámicamente su variación es posible sin más que acceder al parámetro apropiado y modificar su valor.

INTENSIDAD DE IONIZACION DEL GENERADOR. Bnn. (PU53).

En determinadas aplicaciones el fabricante de la máquina solicita que el CNC suministre el código de corriente de ionización que establecerá el generador. Los valores posibles programables son los de 0 a 9. Códigos superiores causarán el mensaje de error:

ER02 BAD INTENS.

parpadeante en el "display".

Programar B7 equivaldrá a PU53=0.007 en el PC. Y a PU53=00000007 en la botonera del equipo.

Dinámicamente su variación es posible sin más que acceder al parámetro apropiado y modificar su valor.

Corriente o intensidad del generador. Cnn. (PU54).

Dependerá de la opción por la que el fabricante de la máquina haya optado.

1- El CNC suministra el código de corriente apropiado al generador para que este último suministre como máximo la intensidad programada.

La TABLA DE CORRIENTES responde a la siguiente correspondencia:

CODIGO	INTENSIDAD
C0	0 Amp.
C1	0.5 Amp.
C2	1 Amp.
C3	1.5 Amp.
C4	2 Amp.
C5	3.5 Amp.
C6	4 Amp.
C7	5.5 Amp.
C8	7.5 Amp.
C9	10 Amp.
C10	14 Amp.
C11	20 Amp.
C12	28 Amp.
C13	40 Amp.
C14	56 Amp.
C15	80 Amp.
C16	114 Amp.
C17	124 Amp.

2- En otras aplicaciones, su programación es directa, esto es que se especifica el valor en amperios a suministrar al generador. O sea y por ejemplo:

- C1 --- 1 Amp.
- C2 --- 2 Amp.
- C5 --- 5 Amp.
- C17 --- 17 Amp.
- C43 --- 43 Amp.
- C111 --- 111 Amp.

El valor máximo programable en este tipo de programación es el de: 255 Amperios.

En ambos tipos de codificación, valores superiores a los aquí especificados causarán el mensaje de error:

ER02 BAD INTENS.

parpadeante en el "display".

Programar C9 equivaldrá a $PU54=0.009$ en el PC, y a $PU54=00000009$ en la botonera del equipo.
Dinámicamente su variación es posible sin más que acceder al parámetro apropiado y modificar su valor.

"Pulse control". Kn. (PU55).

Dependiendo del tipo de máquina, se tiene opción al suministro al generador de corriente del código K.
La programación de los códigos K tienen la misión de informar al generador de cuantos número de impulsos deficientes deben de producirse para eliminar al siguiente impulso (parámetro de "seguridad" del generador en previsión al cortocircuito). Los valores posibles programables son los de 0 a 15. Caso de programarse un número superior se causará el mensaje parpadeando:

ER02 BAD PULSE

Programar K2 equivaldrá a $PU55=0.002$ en el PC. Y a $PU55=00000002$ en la botonera.
Dinámicamente su variación es posible sin más que acceder al parámetro apropiado y modificar su valor.

Tiempo de impulso o de Descarga. TDnnn. (PU56).

Código programado que se reporta directamente al generador para el gobierno de la duración de los impulsos de corriente.

El valor mínimo programable es el de 0, y el máximo el de 999 microsegundos. Cualquier valor programado superior al indicado establecerá el valor de 999 ms.

Programar TD724 equivaldrá a $PU56=0.724$ en el PC. Y a $PU56=00000724$ en la botonera del equipo.
Dinámicamente su variación es posible sin más que acceder al parámetro apropiado y modificar su valor.

Tiempo de pausa o Stop. TSnnn. (PU57).

Código programado que se reporta directamente al generador para el gobierno de la duración de la pausa entre los impulsos de corriente consecutivos.

El valor mínimo programable es el de 0, y el máximo el de 999 microsegundos. Cualquier valor programado superior al indicado establecerá el valor de 999 ms.

Programar TS36 equivaldrá a $PU57=0.036$ en el PC. Y a $PU57=00000036$ en la botonera.
Dinámicamente, su variación también es posible.



NOTA: En determinadas aplicaciones (depende del fabricante de la máquina de electroerosión) el valor que se reporta al generador es porcentual con respecto al del tiempo de impulso, por consiguiente en estas aplicaciones solo se permitirán valores programados de 0 a 99.

Tiempo de limpieza (Cleaning). TCnnnn.nnn. (PU58).

El CNC, una vez haya sido activada la orden O13, queda predispuesto para realizar ciclos de limpieza automáticos. La duración en segundos que se desee se desplace la máquina en dirección opuesta a la normal de avance a velocidad TI, deberá programarse mediante el código TC. El valor de ella vendrá modificado, en tanto por cien, por la posición en donde se encuentre el selector del OVERRIDE del tiempo de limpieza.

El valor máximo programable es el de 653.56 segundos y el mínimo el de 0.01 segundos, cualquier valor superior al reseñado causará la introducción del valor máximo. La programación del valor de cero, o el situar el Override asociado en la posición del 0, ANULAN los ciclos de limpieza.



ATENCIÓN: El valor que se introduce en el parámetro PU58 es el equivalente en tiempo al programado pero en centésimas de segundo.

Programar TC1.5 equivaldrá a PU58=0.150 en el PC. Y a PU58=00000150 en la botonera.
Dinámicamente, su variación también es posible.

Tiempo de erosión (workIng). TKnnnn.nnn. (PU59).

El CNC, una vez haya sido activada la orden O13, queda predispuesto para realizar ciclos de limpieza automáticos. La duración en segundos que se solicite entre ciclos de limpieza, esto es, el tiempo efectivo de erosionado, deberá programarse mediante el código TK. El valor de este vendrá modificado, en tanto por cien, por la posición en donde se encuentre el selector del OVERRIDE del tiempo de erosión.

El valor máximo programable es el de 653.56 segundos y el mínimo el de 0.01 segundos, cualquier valor superior al reseñado forzará el valor máximo. La programación del valor de cero, o el situar el Override asociado en la posición del 0, ANULAN los ciclos de limpieza.

Hay que reseñar que la combinación de este parámetro y el de estabilidad, aportan al operador el total gobierno de los ciclos de limpieza. El parámetro de estabilidad se encargará automáticamente de prevenir cualquier tendencia al cortocircuito y lleva implícita la reinicialización del contador del tiempo de erosión. El parámetro del tiempo de erosión se puede ajustar para que SIEMPRE se realice un ciclo de limpieza en el tiempo programado.



ATENCIÓN: El valor que se introduce en el parámetro PU59 es el equivalente en tiempo al programado pero en centésimas de segundo.

Programar TK2.35 equivaldrá a PU59=0.235 en el PC. Y a PU59=00000235 en la botonera.
Dinámicamente su variación también es posible.

EJEMPLO.

Supongamos que se establecen las siguientes premisas en máquina:

- Puesta en marcha del generador: O1.
- Confirmación puesta en marcha generador: I1.
- Selección polaridad positiva: O-2.
- Confirmación polaridad positiva: I-2.
- Selección polaridad negativa: O2.
- Confirmación polaridad negativa: I2.

Un sencillo programa de inicialización sería:

```
G90G0F6
O14O13O1I1
C5B3K2TG9TE0.5TD140TS40TC1TK5
```

APENDICE I. APUNTES PARA EL FABRICANTE EDM.

1.1 La calidad de la chispa depende de la ganancia que posean los servos de posición (Parámetros del sistema K_V : PS15 para eje X, PS25 para el eje Y, PS35 para el eje Z, ...). Por consiguiente, se deberán ajustar los mencionados parámetros al valor máximo que permita la máquina a PLENA CARGA sin producirse sobreoscilaciones (u "overshoots").
Con tal propósito, el equipo CNC MAC-EDM posee ciertas singularidades en el tratamiento de la K_V que se han comprobado que mejoran notablemente la calidad de la "chispa" y por ende, la estabilidad y el rendimiento. Para que ello sea efectivo al máximo posible, el instalador debe tener presente a la hora de realizar la puesta en marcha el siguiente ajuste:

iii VALOR DE LA K_V (a plena carga) LO MAS ELEVADA POSIBLE PARA MEJORAR ESTABILIDAD !!!.

1.2 Además del punto anterior, se ha actuado sobre los criterios de actuación de la señal de tensión del GAP que recibe el equipo MAC-EDM a través de la tarjeta EROMET.

Se ha comprobado que un rápido control de la tensión del GAP (además de K_V elevada en todos los ejes), mejoraban notablemente la calidad de la "chispa".

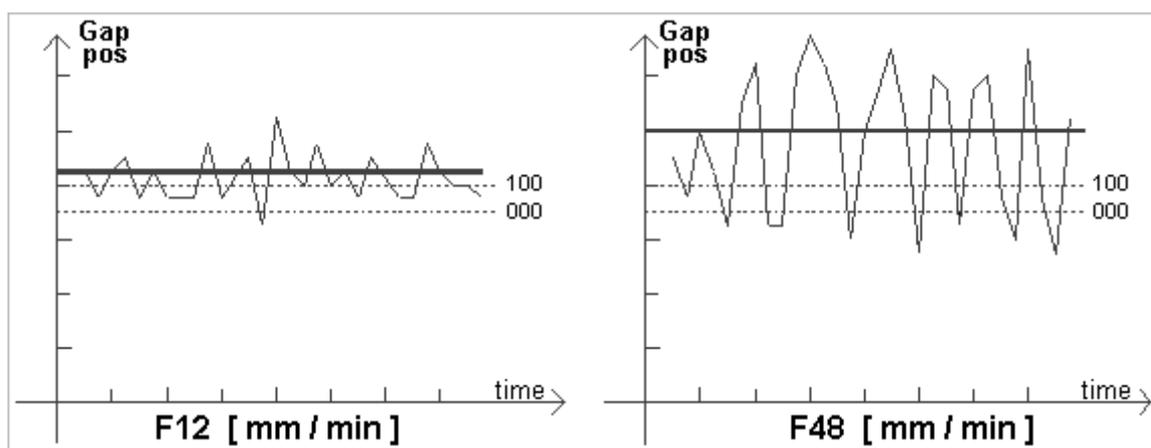
Se introduce el parámetro general de sistema **PS08 como un factor de velocidad de retroceso rápido ("Return Feed Factor")**. El valor que se introduzca en dicho parámetro vendrá **dividido por 10**, por consiguiente, el factor global varía la velocidad con precisión de decimas.

El hecho de introducir, por ejemplo, el valor de 25 en PS08, hará que unos 5 voltios por debajo del GAP establecido, la velocidad de retroceso venga multiplicada por el factor 2,5 (resultado de realizar el siguiente cálculo: Programmed Feed * Feed Override * 25/10).

NO en todas las condiciones de trabajo el factor de retroceso puede interesar (dependerá de la dinámica de la máquina), si PS08 **se iguala al valor de CERO**, la multiplicación viene **ANULADA**. O sea, la velocidad de retroceso si PS08=0 será simplemente: Programmed Feed (F) * Feed Override.



NOTA: El hecho de programar una F inapropiada (demasiado elevada), hará que la secuencia continua de avance y retroceso posea una amplitud de desplazamiento que provoca que la distancia del GAP aumente e incluso que se llegue a la inestabilidad según se podrá apreciar en el siguiente gráfico:



En el referido gráfico, la línea gruesa indica la posición media y el trazo fino la hipotética posición dinámica en que se encontraría el electrodo con respecto a la pieza. Los trazos discontinuos señalarían si la velocidad es de avance o retroceso.

Se recomienda que la velocidad de erosión programada (esto es, la velocidad de trabajo a la que se desplazan los ejes con los comandos G1, G2 o G3), se programe al valor de **24 mm/min (comando CNC: F24)**, en donde se garantiza una amplitud en la oscilación teórica de 1 μ m. (Mediante el Feed Override ajustamos el valor manualmente). Valores tales como F6, F12 o incluso F48 pueden ser

convenientes en determinados trabajos de erosión (pero no mucho más elevadas).

En aquellas máquinas donde el fabricante EDM haya optado por una resolución en el sistema de medida de 1/4 mm, La velocidad a programar para obtener una amplitud de oscilación teórica de 1/4 de mm es la de F6.

Durante la fase de ejecución se puede visualizar el estado de las entradas de la tarjeta "EROMET" al pulsar la tecla **K** (Alt + U) y seleccionar el octeto apropiado mediante la tecla de FLECHA ARRIBA: **KA, KB, KC y KD**.

KA	Visualiza el estado de los "Overrides" del "working" y del "return time".
KB	Visualiza el estado de los "Overrides" del "Feed" y del "rapid".
KC	bit 7: normalmente siempre al valor de 1.
	bit 6 a 4: Visualización del estado de la tensión de ingreso del GAP.
	100: el CNC avanzando.
	000: El CNC en "stand by".
	010: El CNC en retroceso.
	011: "Return Feed Factor ON": $F * \text{Override} * \text{PS08} / 10$.
KD	bits 3 a 0: Código del selector de 16 posiciones del "GAP Override".
	bit 7: estado de la señal de la BOYA.
	bit 6: estado de la señal del NIVEL.
	bit 5: estado de la señal del DRY RUN.
	bit 4: estado de la señal de GAPman/prog
	bit 3 a 0: siempre a nivel 1 (entradas disponibles).

(Ver esquema señales de ingreso de la tarjeta EROMET, conector C/P 34 vías y BNC en el apéndice C el Manual de Instalación).

1.3 Se puede interpretar que el parámetro de estabilidad (TE_{nnn.nnn}) indica al CNC el tiempo en segundos que debe permanecer el GAP en cortocircuito para que se active un "ciclo de limpieza" automático. (No es exacto el término, pero simplifica el concepto del parámetro de estabilidad).

Al introducir que la velocidad de retroceso se multiplique por PS08/10 ("Return Feed Factor"), si la tensión de GAP tiene tendencia a disminuir por debajo de los 5 voltios prestablecidos mediante el selector del GAP, obtenemos un término que intenta eliminar la posibilidad de cortocircuitos. El CNC MAC-EDM para tener presente lo apuntado cuantifica el cortocircuito, reduciendo el tiempo establecido de estabilidad por un factor de: PS08/10.

Así, si por ejemplo: suponemos que programamos TE0.4 (0,4 segundos), ó PU51=0.400 en el PC, ó PU51=00000400 en el "display" de la botonera. Si el factor de retroceso no existiera (PS08=0), deberíamos permanecer 400 milisegundos en cortocircuito para realizar un "ciclo de limpieza" automático. Si introducimos en PS08 el valor de 16 (la velocidad en cortocircuito vendrá multiplicada por 1,6), lo cual hace que el temporizador establecido mediante el comando TE también se decremente por el mismo factor, con lo que la "limpieza" en cortocircuito se generará en $400 / 1.6 = 250$ milisegundos. (Insistir que este parámetro es más sofisticado de lo aquí expuesto, pero simplificar conceptos ayuda a la comprensión de los términos que se quieren destacar).

Valor recomendado a introducir: TE1.5 a TE0.2



NOTA: Todos estos apuntes deberán tenerse presentes durante la fase de puesta en marcha del equipo (ver Manual de Instalación).

APENDICE J: ANTICOLISION. Comandos G25 y G26.

Solo en máquinas de electroerosión es factible que el CNC pueda prever la posibilidad de colisión con la pieza u otro obstáculo que intercepte y contacte con el electrodo mientras los ejes se desplazan ejecutando un comando sea del tipo: manual, semiautomático (M.D.I.), o durante la ejecución de un programa en automático, "single block" o bloque a bloque.

La programación del comando **G25** (función modal, activa a la puesta en marcha del CNC), hace que el equipo atienda por la posibilidad de colisión ("ANTICOLLISION ON").

Si el electrodo contacta con cualquier obstáculo mientras se está llevando a cabo la ejecución de un movimiento de los ejes, el CNC interrumpe bruscamente el desplazamiento y mostrará en el visualizador el mensaje parpadeante:

COLLISION.

señalando tal circunstancia. Solo la pulsación de la tecla **<ENTER>** posibilitará la vuelta del CNC a sus condiciones normales, pero habiendo abortado la ejecución del comando (si es manual o semiautomático) o del programa (si este se encontraba ejecutándose en automático).

En determinadas circunstancias:

- colisión quedándose el electrodo en contacto con la pieza.
 - ejecución comandos de palpado (centraje o compensación desgaste, etc...).
 - cambio de electrodo.
- o simplemente, ejecución de un programa de erosión en donde el electrodo debe "casi contactar" con la pieza.

la activación de la ANTICOLISION debe ser ANULADA. A tal efecto se ha incorporado al "set" de instrucciones del control el comando **G26** ("ANTICOLLISION OFF").



NOTA: Para que el operario de la máquina pueda fácilmente conocer el estado en el cual se encuentra el estado de la anticollisión (activada o desactivada), en las pantallas del paquete GMAC.EXE de comunicación serie: PC-CNC I, PC-CNC II y GRAFICA, aparecerá el mensaje

ANTICOLLISION ON (en color intensificado) si la función es activa.



ATENCIÓN: Durante la ejecución de los comandos de **BUSQUEDA DEL ORIGEN MAQUINA** de los ejes, la **ANTICOLISION** no actuará durante la última fase de búsqueda (leva pulsada y velocidad viene reducida a una cuarta parte).



NOTA: Para operaciones de "centraje o medición" (comandos G71, G72, G73 or G74) deberá estar la unidad de control en estado de "ANTICOLLISION OFF".

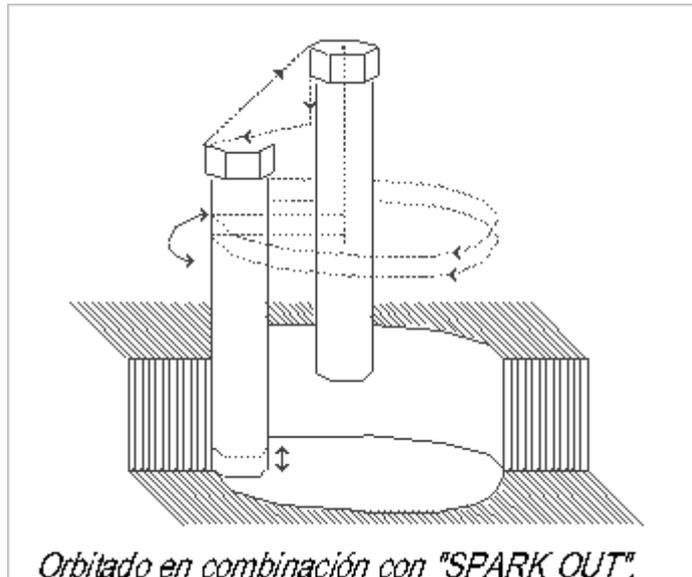
APENDICE K: ORBITADO. Comandos G50, G51, G52 y G53.

DESCRIPCION GENERAL:

En una máquina convencional de electroerosión (no a CNC), cabía la posibilidad de instalar un dispositivo tal que permitiera realizar pequeñas orbitas continuas en el plano perpendicular al eje de penetración. El orbitado se limitaba a girar ininterrumpidamente con un determinado radio y velocidad.

Un CNC posee la interpolación circular o helicoidal (comandos G2 y G3) para poder realizar arcos de circunferencia o círculos completos, pero en cualquier caso, el control del GAP actúa sobre los ejes de forma que en caso de cortocircuito, o ciclos de limpieza, la trayectoria descrita se efectuará retrocediendo por el mismo camino por el que haya avanzado.

Al equipo MAC-EDM, además y para hacerlo aún más específico para electroerosión, se le ha dotado de la especial característica del ORBITADO convencional. De forma que a una determinada orden de inicialización, el equipo generará trayectoria circular en **paralelo** con otras instrucciones de penetración.



COMANDOS ESPECIFICOS DE INICIALIZACION DEL ORBITADO CONVENCIONAL:

A tal efecto y para no introducir nuevos conceptos sobre la programación, el operario hará uso de los comandos que se describieron para la interpolación circular: Comandos G2 y G3 (solo que su codificación se efectuará mediante otras funciones G al uso).

Al programar un arco de circunferencia o círculo completo mediante el comando G2 o G3 y los valores del centro del círculo o mediante el radio R, el CNC describe la trayectoria señalada en el plano de interpolación seleccionado (G17 a G23) a la VELOCIDAD F PROGRAMADA hasta alcanzar el punto de destino. Si hiciéramos que NO interrumpiera la trayectoria circular y continuara dando vueltas según los datos de la interpolación circular suministrados, obtendríamos el resultado apetecido. A tal efecto se han incorporado al CNC los comandos:

G52: Para realizar giros continuos en sentido G2 (CW).

G53: Para realizar giros continuos en sentido G3 (CCW).

con lo cual, la programación de G52 y G53 es IDENTICA a la de G2 y G3 respectivamente (ver apartado 3.2.3.1 y 3.2.3.2 en este mismo manual), solo que los ejes del plano de interpolación se prepararán para girar de forma continua según la orden de trayectoria programada.

Cuando se programe la orden G50 se iniciará el movimiento hasta que se interrumpa (STOP y ENTER) o se ordene (G51) que pasen a funcionamiento normal.

VELOCIDAD DE GIRO Y RADIO MINIMO:

Cualquier valor puede ser programado desde 1 mm/min. hasta 15 mts/min. y radios desde 5 milésimas de milímetro hasta 340 mts.

PUESTA EN MARCHA DEL ORBITADO, COMANDO G50:

Una vez se haya inicializado el orbitado (G52 o G53), la orden **G50** iniciará desde el punto donde se

encuentren los ejes un movimiento continuo de giro. Para que dicha orden tenga efecto, ningún otro eje debe estar en movimiento, caso contrario la orden no se ejecutará hasta que se de esta circunstancia.

La orden G50 puede ejecutarse mientras otro comando está en ejecución, por ejemplo chisporroteo ("spark out"), permitiendo de esta forma que cuando se alcance la profundidad deseada mediante una simple penetración se inicie el giro de los ejes.

Si esta orden se programa sin haber previamente inicializado los datos del orbitado (G52 y G53), se causará el mensaje de error:

ERR2 Orbit Axes

MENSAJE DE ERROR SI SE PROGRAMA UN DESPLAZAMIENTO EN EJES YA ORBITANDO:

Una vez se haya inicializado el orbitado (mediante G52 o G53), si se programa cualquier movimiento que implique a dichos ejes, se causará el error siguiente visualizable en el "display" de la Botonera de Mandos:

ERR2 Orbit Axes

anulando cualquier posibilidad de movimiento programado en los ejes que se encuentran orbitando.



ATENCION: Si se intenta mover manualmente a dichos ejes (mediante las teclas flecha arriba o abajo), el CNC no responderá a dicha orden.

ANULACION ORDEN DE ORBITADO:

Si se pulsa la tecla **< STOP >** los ejes que se encuentran orbitando interrumpirán su movimiento circular. Si posteriormente pulsamos **< START >** se reiniciará el movimiento. Si se pulsa **< ENTER >** se abortará la ejecución del comando allí donde se encuentren los ejes. Si finaliza la ejecución del programa (comando G99) también se aborta la ejecución del orbitado allí donde se encuentren los ejes.

La señal de emergencia o de alarma, provocarán asimismo la cancelación del comando de orbitado. Para dar por finalizada por PROGRAMA la orden de orbitado de los ejes, se ha incorporado en el equipo MAC-EDM la orden: **G51**. En el momento en el que la instrucción G51 es decodificada y ejecutada, el comando de orbitado finalizará el orbitado moviendo los ejes hasta alcanzar el centro del movimiento planetario. Reseñar que la velocidad a la que se desplazarán los ejes con G51 será la que en el instante de su decodificación exista programada como F pero NO afectada por el "feed override".

ORBITADO DURANTE CICLOS DE LIMPIEZA:

Para mejorar las condiciones de limpieza en la cavidad que se está erosionando mientras los ejes orbitan, el CNC MAC-EDM ha previsto que durante los CICLOS DE LIMPIEZA los ejes que están orbitando se desplacen hacia el centro de la órbita con una trayectoria del tipo G0 (punto a punto, ver apartado 3.2.1 en este mismo manual) a la velocidad que se introduzca mediante la instrucción siguiente:

!11.046Lnnnnn.nnn

en donde el valor "nnnnn.nnn" a introducir, para que los desplazamientos por el radio vector de las órbitas durante las limpiezas se realicen a **V mm/min**, será de:

V * 10.923 (si FACAP o PSn6 en múltiplos de 1/4 mm)

o de: **V * 2.731** (si FACAP o PSn6 en múltiplos de 1 mm).

(Ver apartado 8.4 del Manual de Instalación).

Así por ejemplo, si resulta que $V = 100 \text{ mm/min}$, se programaría: **!11.046L1092.300**

ó para FACAPs múltiplos de 1 mm: **!11.046L273.100**

El desplazamiento por el radio vector de la órbita se ejecuta en PARALELO con la ejecución del programa de penetración. Cuando el tiempo de limpieza ("return time") ha transcurrido, el retorno a la órbita (punto de chispa) por el radio vector NO se realizará hasta que el eje de penetración ejecute el bloque en donde se inició la limpieza. Con ello se pretende que en ciclos de limpieza largos, el electrodo se aproxime al punto de chispa penetrando en la cavidad antes de que se alcance el de la órbita.

EJEMPLO:

Supongamos que después de una penetración de Z-5.3 mm desbastando (alta corriente) que produce un GAP lateral de 0.4 mm, deseamos acabar la pieza con el mismo electrodo hasta Z-5.5 mm:

M15	;Orden de paro del generador de corriente.
G91	;El eje Z se encuentra en -5.3. Quedan por penetrar 0.2 mm.
G0Z2	;Retirada del eje Z en 2 mm para aseguran una correcta limpieza.
G1X.4Y0	;Aproximamos el electrodo a la pared lateral.
TE0.5C1K3TD50TS100	;Establecemos nuevo régimen de erosión...
TK3TC1	;... y de limpieza.
F24	;establecemos la velocidad del ORBITADO.
M13	;Ponemos en marcha al generador (se supone que M3 y M5 realizan tal función).
G52X0Y0I-.4J0	;En incrementales, preparados para orbitar con radio R=0.4 mm y F=24 mm/min
F12	;Velocidad para la penetración.
G0Z-1.8 G50	;De los 2 mm. que subió Z, se recupera 1.8 mm. Cuando se alcanza la cota
;	iniciamos el orbitado (se programa después de movimiento para poder retroceder).
G1Z-0.4	;0.2 mm. restantes más los 0.2 de penetración.
F500G51	;Para orbitado. Volvemos al centro a 500 mm/min..
G0Z5	;Retirada del eje Z cuando ya esté terminada la penetración pero ya no orbitando.
M15	;Para generador.
G99	;Fin de programa.

 **NOTA:** El CNC retrocederá por la orbita y a velocidad F si se alcanza la tensión a la cual se preestablece el voltaje del GAP. Si la tensión del GAP es inferior a los niveles en los que interviene el "return feed factor" (ver apartado 1.2 del apéndice I en este mismo manual) el CNC interrumpe la orbita y desplaza a los ejes hacia el centro a la velocidad F + 6 mm/min.

(Ver comandos TX. y TY- como criterios de cancelación del orbitado).

 **ATENCION:** Debido a las especiales características de este comando (ejecutada la orden de puesta en marcha de la orbita, no existe comando bajo ejecución), la ANTICOLISION (ver apéndice J en este manual) no será OPERATIVA si solo se desplazan los ejes que orbitan.

APENDICE L: "SPARK OUT" (CHISPORROTEO). Comandos G81, G82 y G83.

DESCRIPCION GENERAL:

En determinadas circunstancias (pulido) interesa que el electrodo permanezca en el fondo de la cavidad penetrada, controlando la estabilidad de la chispa y ejecutando ciclos de limpieza, durante un tiempo determinado (TX.) o mientras no se hayan efectuado un número determinado de órbitas (comando TY- , ver apéndice N).

A tal efecto, el CNC MAC-EDM tiene previstos comandos especiales de movimiento lineal, circular o helicoidal, que permitan que el electrodo (normalmente a baja corriente) no continúe la penetración, pues ya se alcanzó la cota programada, pero permanezca erosionando las crestas que provocaron anteriores regímenes de erosión.

COMANDOS ESPECIFICOS PARA CHISPORROTEO:

A tal efecto y para no introducir nuevos conceptos sobre la programación, el operario hará uso de los comandos que se describieron para la interpolación lineal, circular y helicoidal: Comandos G1, G2 y G3 (solo que su codificación se efectuará mediante otras funciones G al uso).

La única diferencia es que con los comandos G81, G82 y G83, una vez se haya alcanzado el punto final de la trayectoria programada, el comando en ejecución NO finalizará pudiendo permanecer en tal posición hasta un tiempo infinito. (Ver cancelación del chisporroteo en apartado siguiente).

G81: Para realizar penetraciones lineales.

G82: Para realizar penetraciones circulares o helicoidales en sentido G2 (CW).

G83: Para realizar penetraciones circulares o helicoidales en sentido G3 (CCW).

con lo cual, la programación de G81, G82 y G83 es IDENTICA a la de G1, G2 y G3 respectivamente (ver apartado 3.2.2., 3.2.3.1 y 3.2.3.2 en este mismo manual), solo que el comando decodificado al alcanzar la posición final, permanecerá indefinidamente bajo ejecución (con ello se obtiene que la superficie frontal del electrodo elimine las "crestas" provocadas por regímenes de corriente elevados durante el tiempo que sea necesario).

Los comandos G81, G82 y G83 con el desplazamiento de ejes asociado, determinarán la ventana de posicionamiento en donde podrán moverse los ejes que están realizando una penetración. Solo las limpiezas y cuando estas retorcedan, podrán "salir" de los márgenes que marca el "spark out".

ANULACION ORDEN DE CHISPORROTEO:

Si se pulsa la tecla < **STOP** > los ejes interrumpirán su movimiento. Si posteriormente se pulsa la tecla < **START** > se reiniciará el movimiento bajo el control del voltaje del GAP. Si se pulsa < **ENTER** > se abortará la ejecución del comando allí donde se encuentren los ejes.

La señal de emergencia, o cualquiera de alarma, provocarán asimismo la cancelación del comando de chisporroteo.

Para dar por finalizada por PROGRAMA la orden de chisporroteo, el CNC MAC-EDM posee los comandos **TX.** (ver apéndice H) y **TY-** (ver apéndice N) para cancelación por tiempo o por número de órbitas respectivamente. Tanto TX. como TY- hacen que el comando que está bajo ejecución finalice.

EJEMPLO: Suponemos que el régimen de desbaste ha alcanzado la cota -4.9 mm en el eje Z. Mediante "chisporroteo" queremos "pulir" con un régimen de corriente inferior alcanzada la cota -5 mm.

```
G91F6           ;en incrementales y velocidad lenta.
C1TD1TS1K3    ;corriente 1 Amp., 1 micro sgd. para Tiempos de Impulso y Pausa y
                Supresor de Chispas defectuosas a un valor intermedio.
G0Z2           ;secuencia de escape para limpiezas.
G0Z-2          ;secuencia de escape para limpiezas. Volver a punto de chispa.
G1Z-.1         ;penetrando una decima de milímetro en régimen bajo.
G0Z.1          ;subimos la misma cantidad erosionada.
TX1.5          ;chisporroteo durante un minuto y medio.
G0Z2           ;para chisporroteo, la secuencia de escape para limpiezas.
G0Z-2
G81Z-.1TX.     ;Z permanecerá en la cota -5 mm hasta que TX. alcance el valor de cero.
G0Z5           ;finalizado el chisporroteo, fin de programa.
G99
```

APENDICE M: APROXIMACION A CHISPA EN VACIO. Comando TFnnnn.nnn

DESCRIPCION GENERAL:

En orden a evitar perdidas innecesarias de tiempo mientras el electrodo permanece distante de la pieza a erosionar, el CNC MAC-EDM posee un criterio de decisión por el cual la velocidad de erosión programada F (normalmente muy baja), viene automáticamente establecida al valor que se haya programado como velocidad de aproximación a chispa en vacio.

Esta misma conmutación automática de la velocidad de trabajo, sirve para señalar al CNC la NO ejecución de ciclos de limpieza (se sobreentiende que no hay chispas y por ello carece de sentido perder tiempo realizando continuos bombeos).

PROGRAMACION:

Siguiendo la terminología normal a todos los comandos específicos para electroerosión, el CNC incorpora a **TFnnnnn.nnn** como comando de selección de la velocidad de aproximación en vacio.

Se permiten valores desde 1 mm/min hasta 15 mts/min., pero dependiendo del régimen de corriente, del tamaño del electrodo y principalmente de la construcción de la máquina, el valor de la velocidad de aproximación en vacio deberá ser programado con extremado cuidado para evitar posibles colisiones del electrodo con la pieza.

El valor programado es mantenido en la memoria no volátil del equipo permitiendo que el fabricante de la máquina establezca su valor fijo y que el usuario no deba modificarlo.

NOTAS:

Si el valor introducido mediante el comando TF es cero, se anula la posibilidad de aproximación en vacio, o sea que la velocidad programada F nunca será modificada.

Sobre la Velocidad de Aproximación en Vacio no actúa el "feed Override", salvo si este se posiciona en 0% en el cual la velocidad de desplazamiento en vacio (o la F programada * "feed override") será 0.

*** Cuando se produce la primera chispa, la velocidad de avance de los ejes vuelve a ser la velocidad programada F regulada mediante el "Feed Override". ***

Durante la ejecución de desplazamientos de los ejes ya sea del tipo G1, G2, G3 u orbitado (comando en ejecución), el CNC revisa continuamente la generación de chispas o no; según sea el resultado (2 segundos sin señal de retroceso), el CNC actuará sobre la velocidad programada de desplazamiento.

Lógicamente con desplazamientos del tipo G0 (punto a punto) o con el "Dry Run" pulsado, la velocidad se establece a la máxima de los ejes regulada por el "Rapid Override". Por lo tanto, no actuará la Velocidad de Aproximación a chispa en vacio.

Al ejecutar comandos del tipo G0, o cuando se efectúa un STOP y ENTER (la ejecución del programa es abortada), o cuando existe una alarma, o cuando se finaliza la ejecución de un programa (G99) el CNC reestablece la velocidad a la programada (F), de tal forma que el criterio de decisión de variación de la velocidad se reinicializa nuevamente (espera por 2 segundos sin chispa).



ATENCION: El CNC está preparado para poder retroceder en todo momento que se detecte que el voltaje del GAP se iguala al establecido por el GAP "Override" o por el comando TGnn. No obstante, a la velocidad a la que se aproxima el electrodo (inercia o electrodo muy débil) puede que no sea factible una reacción dentro de la escasa distancia que existe entre electrodo y pieza cuando se está erosionando. Por ello, el fabricante E.D.M. ajustará el valor de la velocidad de aproximación en vacio y, en todo caso, explicará al cliente final los valores que haya determinado como posibles.

APENDICE N: CANCELACION PENETRACION POR N° DE ORBITAS. Comandos TYnnnnn y TY-

DESCRIPCION GENERAL:

En el apéndice H se introdujo el comando (TX.) para posibilitar la cancelación de comandos de penetración por tiempo. (Especialmente indicado para operaciones de chisporroteo según se constató en el apéndice L).

En el apéndice K se hace mención a la posibilidad de ejecutar un ciclo de orbitado (ejes continuamente girarán según el radio y velocidad programados).

Paralelamente con la ejecución de un orbitado, existe un contador que contabiliza exactamente el número de vueltas ejecutadas. El Parámetro de usuario PU68 ha sido destinado en la versión MAC-EDM como contador de órbitas ejecutadas, en donde los comandos G52 y G53 establecen su valor inicial a cero órbitas. Empleando los comandos de comparación (ver en sección 11 del Manual de Programación los comandos = , < , >), se podrán realizar las operaciones oportunas de cancelación de penetraciones u orbitado en sí.

En el apéndice L se apunta la posibilidad de realizar un "Spark out" o chisporroteo en el cual el comando en ejecución nunca se dará por finalizado a no ser que a continuación de este se programe el comando TX. (cancelación por tiempo).

Normalmente el "Spark out" se combina con el orbitado, de forma que después de una penetración con un régimen elevado de corriente, se enclava un orbitado que compensa el GAP producido por la penetración de desbaste y penetramos en igual cantidad que el radio de la orbita.

Para este tipo de combinación ("Spark out" + orbitado) y siempre paralelamente con la ejecución de un orbitado, existe otro contador (Parámetro de usuario PU69) que se inicializa mediante el comando **TYnnnnn**. Cada vez que UNA órbita es COMPLETADA y SI EL COMANDO DE "SPARK OUT" HA ALCANZADO SU POSICION FINAL, el parámetro PU69 viene decrementado por 1 (naturalmente, si el valor de este contador es cero, la operación de resta no se efectúa).

Semejante al comando TX. , para saber si el valor del mencionado contador (PU69) ha alcanzado el valor de cero y cancelar el comando de "Spark out" que está bajo ejecución se dispone del comando **TY-** .

PROGRAMACION:

Para inicializar el contador al valor de vueltas que debe ejecutar el orbitado para interrumpir la ejecución de un movimiento, emplearemos al comando:

TYnnnnn

en donde **nnnnn** indica el número de vueltas de 1 a 99.999,000 (la programación de decimales es permitida, pero el CNC no los tiene en cuenta).

Al igual que el comando TX. (apéndice H de este mismo manual), el comando **TY-** ("t" seguida de una "y" y a continuación el signo menos "-") debe ser programado a continuación de un comando de movimiento de ejes (G81, G82 o G83 en este caso). Su misión es la de revisar continuamente el estado del contador PU69 mientras se está ejecutando un desplazamiento de los ejes.

Mientras el valor del contador no alcance el valor de cero, el comando de desplazamiento sigue bajo ejecución.

Quando el comando de ejecución de movimiento de ejes llega a su fin sin haber alcanzado el valor de cero en el contador, se salta a ejecutar el bloque siguiente. Por tal motivo es conveniente que solo se emplee con los comandos de "Spark out" en donde habiéndose llegado a la cota final, el comando NO SE DARA NUNCA POR FINALIZADO.

Solo cuando el desplazamiento programado anteriormente al comando TY- ha sido alcanzado, el contador

asociado con TY se irá decrementando. Cuando llega al valor de cero, se aborta el comando que está en ejecución y se continúa con la decodificación en el mismo bloque a continuación de TY-.



NOTA: El valor que se introduce en el parámetro PU69 sufre ciertos cálculos para establecerlo de forma operativa para el CNC. Efectivamente, para que el CNC lo elabore con rapidez, el valor que se introduce en el parámetro es el equivalente a su valor expresado en milésimas ($TYnnnnn/1000$).

Apreciaremos que dicho valor se va decrementando automáticamente hasta el valor de cero.



ATENCIÓN: El comando TY- al ejecutarse (o sea que el contador de orbitas alcanza el valor de cero) lleva implícito un **O-130-14** (desactivación de la posibilidad de retroceso y de la autoactivación de ciclos de limpiezas). Este hecho deberá tenerse MUY presente durante la programación.

(Ver ORBITADO en APENDICE K y "SPARKING OUT" - o CHISPORROTEO- en APENDICE L).

EJEMPLO 1: El empleo del contador PU68 (nº de vueltas realizadas por el orbitado), facilita la cancelación del orbitado.

G91F4.5 ;en incrementales y a 4.5 mm/min.
 G1X.5 ;alcanza perímetro de la órbita.
 G52X0Y0R.5G50 ;orbita ininterrumpidamente.
 @01 &68<120 G99.01 ;orbita hasta dar 120 vueltas.
 F250G51 ;cancela orbitado.

EJEMPLO 2: Suponemos que el régimen de desbaste ha alcanzado la cota -4.9 mm. en el eje Z. Mediante "chisporroteo" queremos "pulir" la pieza orbitando cuando con un régimen de corriente inferior alcanzamos la cota -5 mm.

G91F6 ;en incrementales y velocidad lenta.
 C1TD1TS1K3 ;corriente 1 Amp., 1 micro sgd. para Tiempos de Impulso y Pausa y Supresor de Chispas defectuosas al máximo.
 G0Z2 ;secuencia de **escape** para limpiezas.
 G0Z-2 ;secuencia de **escape** para limpiezas. Volver a punto de chispa.
 G1Z-.1 ;penetrando una decima de milímetro en régimen bajo.
 G0Z.1 ;subimos la misma cantidad erosionada.
 G1X.1 ;radio de la órbita 0.1 mm.
 G53X0Y0I-.1J0 ;inicializa orbitado.
 TY12 ;numero de orbitas = 12.
 G0Z2 ;para chisporroteo, la secuencia de escape para limpiezas.
 G50 ;orden inicio orbitado.
 G0Z-2
 G81Z-.1TY- ;Cuando Z alcance la cota de -5 mm. y con cada órbita que se complete, si Z permanece en -5 mm. se decrementará PU69 hasta que se hayan dado 12 vueltas.
 F150G51 ;cuando PU69 = 0 TY- aborta el comando G81, volvemos al centro de la órbita a 150 mm/min. y ...
 G0Z5 ;... subimos el eje Z hasta el inicio de la erosión.
 G99 ;fin de programa (implícitamente: fin orbitado).



NOTA IMPORTANTE: Las ordenes **TX., TY- y G50** solo se ejecutan si el equipo MAC-EDM está recibiendo la orden de avanzar (nunca mientras se está retrocediendo) y si NO se está ejecutando un ciclo de limpieza (durante TK y nunca durante TC y el retorno asociado al punto de chispa).

APENDICE P: LIMPIEZAS PROFUNDAS. Comando TAnn.

En piezas de pequeña conicidad en donde la penetración a realizar sea muy profunda (mayor a 4 mm.), interesa que con una determinada cadencia "nnn" programable, el tiempo de limpieza (TC) venga multiplicado por un factor "mmm" ($mmm * TC$) cuya misión es alargar el recorrido de las limpiezas ("return time") de forma que se asegure una evacuación de la suciedad aun cuando el electrodo penetre en la pieza una distancia grande.

Para establecer el factor de multiplicación "mmm" por el cual vendrá multiplicado el tiempo de limpieza, el fabricante E.D.M. hará uso de la siguiente instrucción:

!11.054L0.mmm

en donde "mmm" podrá tomar los valores de 001 a 256.

Por otra parte, el comando **TAnnnnn** (con "nnnnn" de 0 a 65.536) señalará al CNC que número ("nnnnn") de limpieza debe ser "alargada" en tiempo.

Así y si por ejemplo tenemos que el fabricante seleccionó un factor de 3 mediante la ejecución de la instrucción del comando: !11.054L0.003, al programar TA5 se obtendrá que, desde el mismo justo instante de su programación, las limpiezas (con duración "Return Time" = TC) números 5, 10, 15, 20, ... se ejecutarán con un valor igual al de $3*TC$.

Para cancelar la orden de ejecución de "limpiezas profundas", bastará ejecutar la orden **TA0** (el valor de cero se interpreta como cancelación).

El valor de TA programado se almacena en el parámetro de usuario **PU48** para que se pueda realizar una modificación mientras se esté ejecutando un programa.



NOTA: El valor que se introduce en el parámetro PU48 sufre ciertos cálculos para establecerlo de forma operativa para el CNC. Efectivamente, para que el CNC lo elabore con rapidez, el valor que se introduce en el parámetro es el equivalente a su valor expresado en milésimas ($TAnnnnn/1000$).

APENDICE Q: COMANDO J.

En la tarjeta EROMET (específica para electroerosión) existen 4 salidas disponibles.

La programación de códigos J permitirá suministrar por las 4 salidas antes mencionadas, los códigos hexadecimales 0 a 15.

Por ejemplo, el fabricante E.D.M. puede utilizar esta codificación para seleccionar el condensador a conectar entre electrodo y pieza (para operaciones de pulido).

Si se programa un valor superior al máximo, se limitará a este (15).

El valor de la J programada se almacenará en el parámetro de usuario **PU47** permitiendo su modificación durante la ejecución de un programa.

APENDICE R: CICLOS DE ELECTROEROSION. Ejemplos.

En el "floppy disk" GMAC que se entrega junto con el equipo, se encuentre el directorio CYCLERO que contiene algunos ejemplos especialmente concebidos para introducir al fabricante en las normas de programación y ayudar a la implementación de los ciclos de erosión.

En esta sección se presentan la funciones M que están presentes en el directorio CYCLERO como demostración y para entender el significado exacto de los ciclos de erosión:

M13: PUESTA EN MARCHA DEL GENERADOR (POLARIDAD POSITIVA).
M14: PUESTA EN MARCHA DEL GENERADOR (POLARIDAD NEGATIVA).
M15: PARO DEL GENERADOR.
M50: DETECCION DE PIEZA EN CUALQUIER EJE.
M51: COMPENSACION DESGASTE Y CENTRAJE.
M52: AUTOCENTRAJE PARA INTERIORES.
M81: CICLO DE PENETRACION.
M82: CICLO DE PENETRACION CON TIEMPO DE CHISPEO.
M85: CICLO DE ORBITADO CON PENETRACION.
M86: CICLO DE ORBITADO CON PENETRACION Y TIEMPO DE CHISPEO.
M89: CAJERA CIRCULAR CON PENETRACION.

Todos ellos están comentados y DEBEN SER ADAPTADOS a las características propias de la maquina (no pueden ser directamente ejecutados puesto que han sido pensados como ejemplos. El fabricante deberá efectuar algunos cambios en las salidas o en determinados movimientos y añadir algún "test" de entradas para adecuar los ciclos a sus necesidades).

Además, el fabricante debería desarrollar algunos nuevos ciclos (ciclo cónico, esférico, piramidal, helicoidal, etcétera) los cuales es de esperar que, con ayuda de estas funciones M, el trabajo pueda serle más sencillo.

Existen 3 tipos de ficheros en el directorio CYCLERO:

- *.CIC Diálogos para las funciones M descritas.
- *.TXT Programas comentados de las funciones M.
- *.MAC Programa que puede ser transmitido vía RS-232C y directamente ejecutado después de haber realizado las modificaciones oportunas por el fabricante de la máquina.

Mostraremos aquí un programa que puede ser editado mediante cualquier editor de mercado (p.e. Edlin). El programa se emplea para la detección de pieza.

* Fichero M50.TXT para detección de pieza en cualquier eje:

```

; ***** DETECCION DE PIEZA EN CUALQUIER EJE: M50 *****
; Después de la detección, el electrodo retrocederá 0.1 mm. y NO se realizará una traslación de
; coordenadas.
;
;PARAMETROS UTILIZADOS:
; PU40 para valores iniciales.
; PU97, PU98 y PU99 para variables.
;CONDICIONES INICIALES:
;1- El operario moverá la máquina manualmente para aproximar el electrodo al punto de contacto con
; la pieza.
;SUPUESTOS:
;1- El cableado para la ANTICOLISION se realizó (conector BNC de la tarjeta MPC), de tal forma que
; los comandos
; G71, G72 pueden ser programados.
;2- Si Generador en paro, suponemos que ANTICOLISION se activa (ver M15).
;3- Asumimos que M13 pone en marcha al generador (y ANTICOLLISION OFF).
;4- y M15 efectúa un paro del generador de corriente (y ANTICOLLISION ON).
;INICIALIZACION DE PARAMETROS:
;1- PU40.- EJES A MOVER. El signo indica sentido de desplazamiento: 1=X+ , -1=X- , 2=Y+ , -2=Y- ,

```

- 3=Z , -3=Z-
- ;2- En PU97 se almacenará el Límite Software o Final de Carrera teniendo presente la traslación de coordenadas del eje seleccionado.
- ;3- En PU98 se almacenará la velocidad programada (F).
- ;4- En PU99 se almacenará el "status" del CNC.
- ;COMENTARIOS:
- ;1- PU60, PU61 y PU62 se emplean para almacenar la posición exacta de los ejes X, Y y Z respectivamente referida al "origen máquina" de cada eje. Ver apéndice F en el Manual de Programación.

```

;PROGRAMA: =====
P&50 ;Asigna a M50 como programa para la detección de pieza.
M15 ;Paro del Generador de Corriente.
&99!8.594 ;CNC "status" almacenado en PU99 para ser restituido al final.
&98!8.642 ;Velocidad F programada en PU98.
G26 ;ANTICOLISION inactiva.
&40=1G99.00 ;Salta a X+.
&40=-1G99.10 ;Salta a X-.
&40=2G99.20 ;Salta a Y+.
&40=-2G99.30 ;Salta a Y-.
&40=3G99.40 ;Salta a Z+.
&40=-3G99.50 ;Salta a Z-.
!8.642L&98 ;Restitución velocidad F programada.
!8.594L&99 ;Restitución "status" del CNC (incluyendo estado ANTICOLLISION).
AXIS.ERROR ;Si ningún eje seleccionado, mensaje de error parpadeando.
G99
/ ;X+ se seleccionó.
@00
&97!10.346 ;Límite Software Positivo para eje X ...
@01
&97-&70 ;... menos traslación de coordenadas del eje X.
G90G1F125 ;Selección de la velocidad y dimensionado absoluto.
X&97G71 ;ejecuta el contacto con la pieza!.
G91G0
&40=1X-0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento positivo.
&40=-1X0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento negativo.
G90G1F6 ;Reduce velocidad F y vuelve a dimensionado absoluto.
X&97G71 ;detecta pieza pero a velocidad más lenta.
G91G0
&40=1X-0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento positivo.
&40=-1X0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento negativo.
!8.642L&98 ;Restitución velocidad F programada.
!8.594L&99 ;Restitución "status" del CNC (incluyendo estado ANTICOLLISION).
G99
/ ;X- se seleccionó.
@10
&97!10.350 ;Límite Software Negativo para el eje X ...
G99.01
/ ;Y+ se seleccionó.
@20
&97!10.424 ;Límite Software Positivo para eje Y ...
@21
&97-&71 ;... menos traslación de coordenadas del eje Y.
G90G1F125 ;Selección de la velocidad y dimensionado absoluto.
Y&97G71 ;ejecuta el contacto con la pieza!.
G91G0
&40=2Y-0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento positivo.
&40=-2Y0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento negativo.
G90G1F6 ;Reduce velocidad F y vuelve a dimensionado absoluto.
Y&97G71 ;detecta pieza pero a velocidad más lenta.
G91G0
&40=2Y-0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento positivo.

```

&40=-2Y0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento negativo.
 !8.642L&98 ;Restitución velocidad F programada.
 !8.594L&99 ;Restitución "status" del CNC (incluyendo estado ANTICOLLISION).
 G99
 / ;Y- se seleccionó.
 @30
 &97!10.428 ;Límite Software Negativo para el eje Y ...
 G99.21
 / ;Z+ se seleccionó.
 @40
 &97!10.502 ;Límite Software Positivo para eje Z ...
 @41
 &97-&72 ;... menos traslación de coordenadas del eje Z.
 G90G1F125 ;Selección de la velocidad y dimensionado absoluto.
 Z&97G71 ;¡ejecuta el contacto con la pieza!.
 G91G0
 &40=3Z-0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento positivo.
 &40=-3Z0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento negativo.
 G90G1F6 ;Reduce velocidad F y vuelve a dimensionado absoluto.
 Z&97G71 ;detecta pieza pero a velocidad más lenta.
 G91G0
 &40=3Z-0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento positivo.
 &40=-3Z0.1 ;Retrocede 0.1 mm para movimiento negativo.
 !8.642L&98 ;Restitución velocidad F programada.
 !8.594L&99 ;Restitución "status" del CNC (incluyendo estado ANTICOLLISION).
 G99
 / ;Z- se seleccionó.
 @50
 &97!10.506 ;Límite Software Negativo para el eje Z ...
 G99.41