



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ELECTROEROSIONADORA CON INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA PARA EL LABORATORIO DE CNC DE LA ESPE-EL”

*LARA SÁNCHEZ ROBERTO CARLOS
QUISPE QUISPE PEDRO ALEXANDER*

Latacunga, 2014

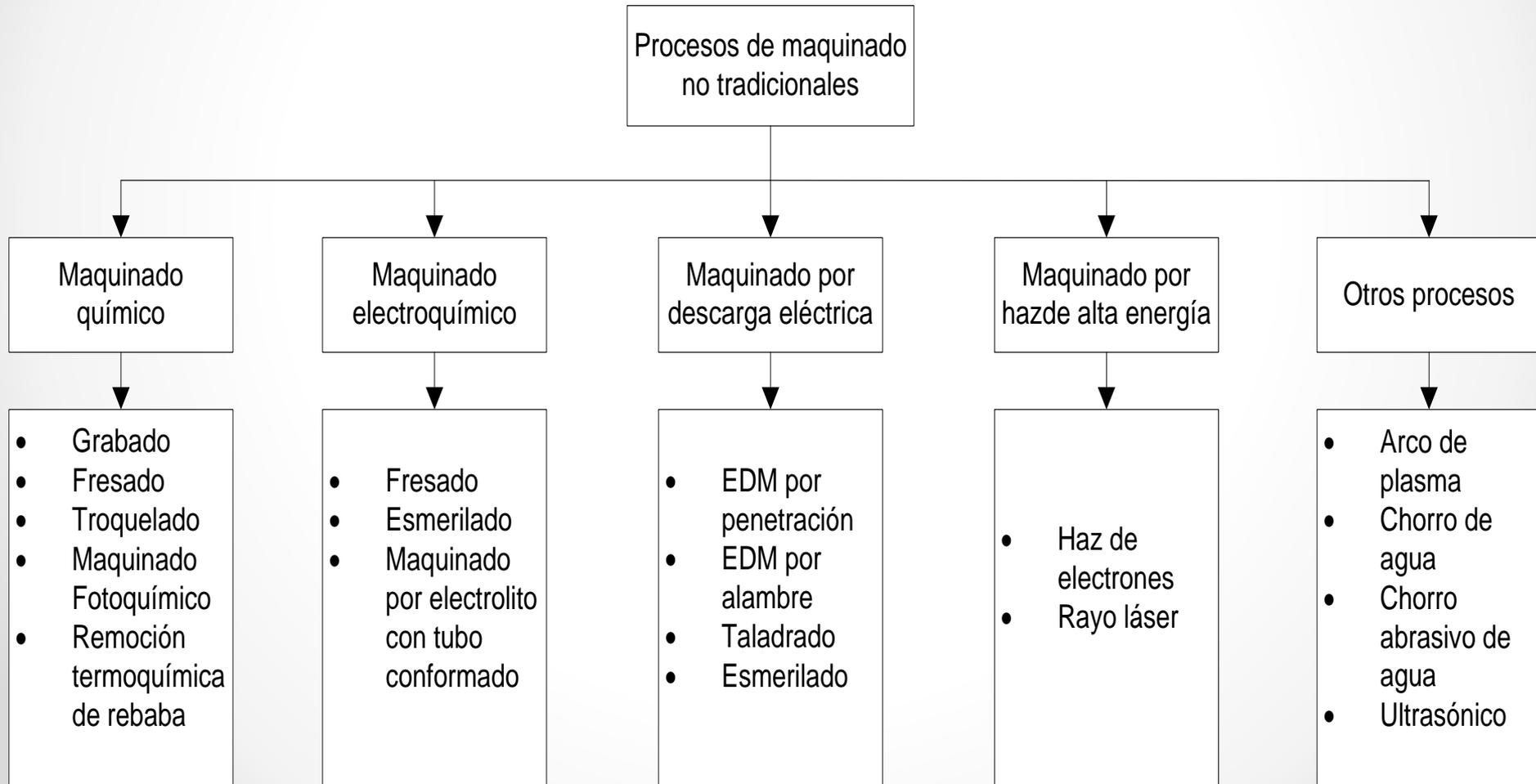
PROCESOS TRADICIONALES DE MAQUINADO

la mayor parte del maquinado se realiza eliminando material en forma de viruta, existen otros métodos que ofrecen capacidades únicas que son muy utilizados a nivel industrial, como son:



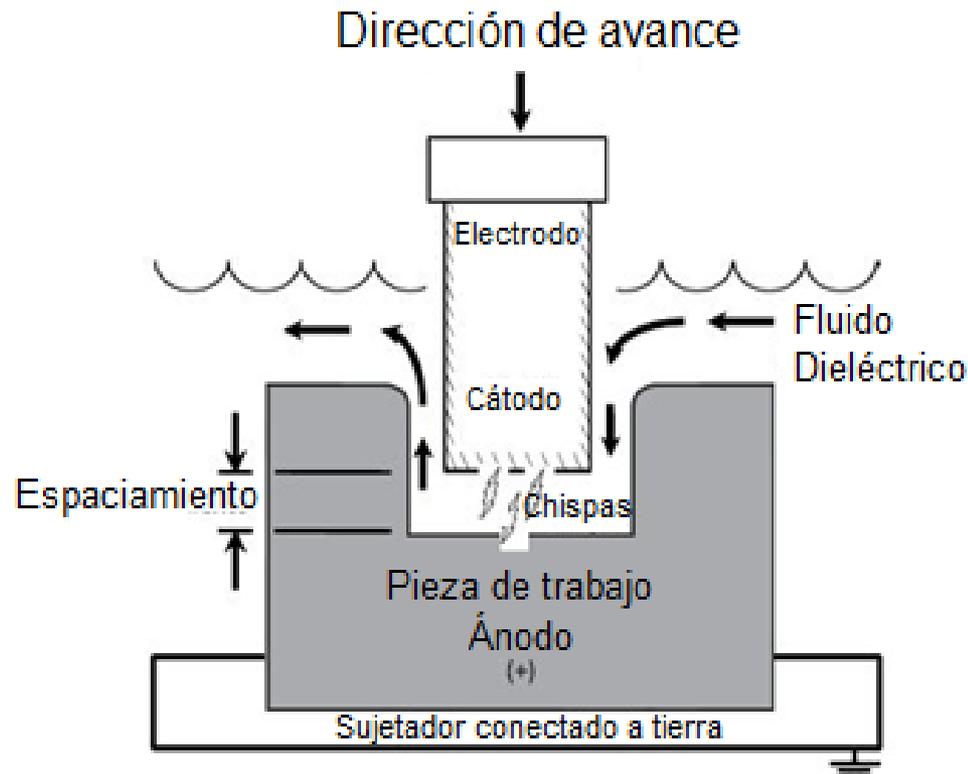
Procesos no convencionales o no tradicionales

Como grupo se caracterizan por la insensibilidad a la dureza del material de la pieza de trabajo.



MAQUINADO POR DESCARGA ELÉCTRICA (EDM)

proceso de mecanizado de materiales eléctricamente conductores mediante el uso de chispas controlada con precisión que se producen entre un electrodo y una pieza de trabajo en presencia de un fluido dieléctrico



CARACTERÍSTICA MÁS IMPORTANTE DE LA ELECTROEROSIÓN

Es la posibilidad de erosionar cualquier tipo de material conductor, independientemente de su dureza, ya que los factores que influyen en los resultados no son los puramente mecánicos como dureza, tenacidad, etc. sino los térmicos como conductividad térmica, temperatura de fusión, etc.

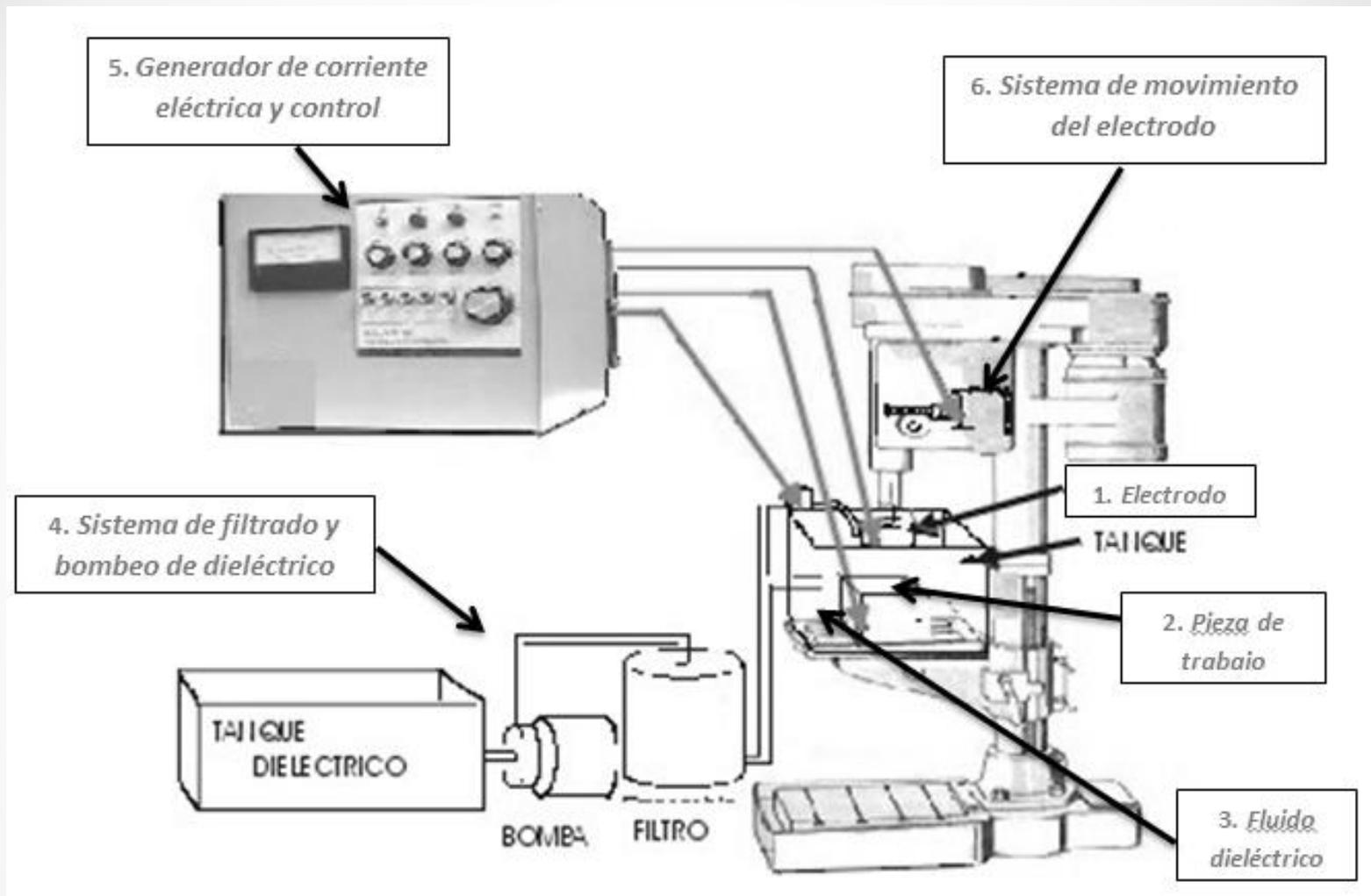


ELECTROEROSIÓN POR PENETRACIÓN

Es el mecanizado de agujeros y formas ciegas, en las que el electrodo tiene la forma que se desea mecanizar, debe existir un movimiento relativo vertical entre electrodo y pieza de trabajo, moviéndose el electrodo y manteniéndose fija la pieza.

componentes básicos:

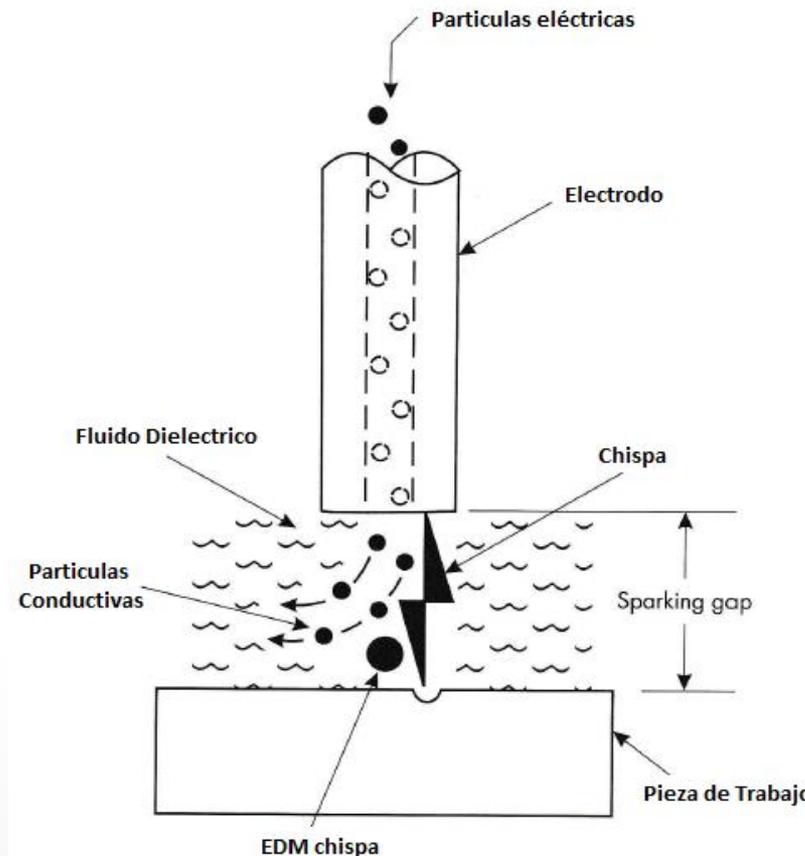
- Electrodo.
- Pieza de trabajo.
- Fluido dieléctrico.
- Sistema de filtrado y bombeo de dieléctrico.
- Fuente de corriente eléctrica.
- Sistema de movimiento del electrodo y la mesa de trabajo.
-



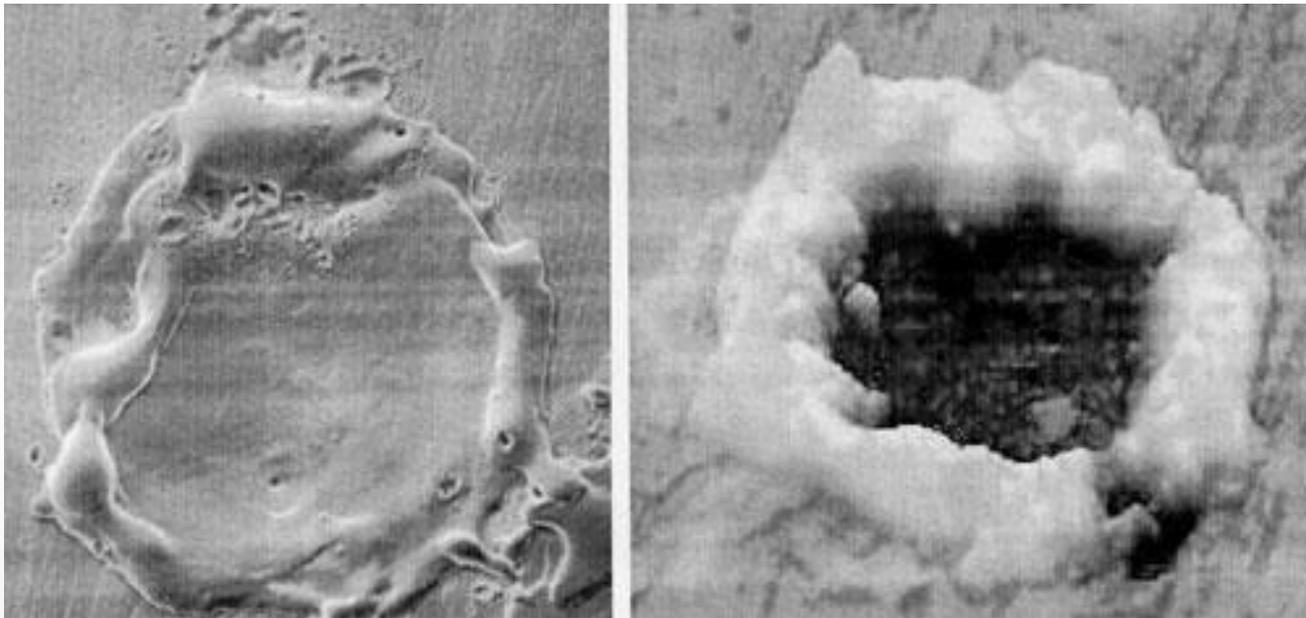
PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA ELECTROEROSIÓN POR PENETRACIÓN

El sistema EDM básico consiste en una herramienta (electrodo) y la pieza de trabajo, conectadas a una fuente de poder de DC y colocadas en un fluido dieléctrico. Cuando la diferencia de potencial entre la herramienta y la pieza es suficientemente alta, se descarga una chispa transitoria que atraviesa el fluido y quita una cantidad muy pequeña de metal de la superficie de la pieza

El electrodo se hace avanzar hacia la pieza de trabajo hasta un punto cercano a ellos igual a 0,001 pulgadas (0,025 mm), con una tensión aplicada igual a 170 V DC, el fluido dieléctrico se ioniza formando un canal conductor que cambia su esquema de fluido aislante a un conductor eléctrico



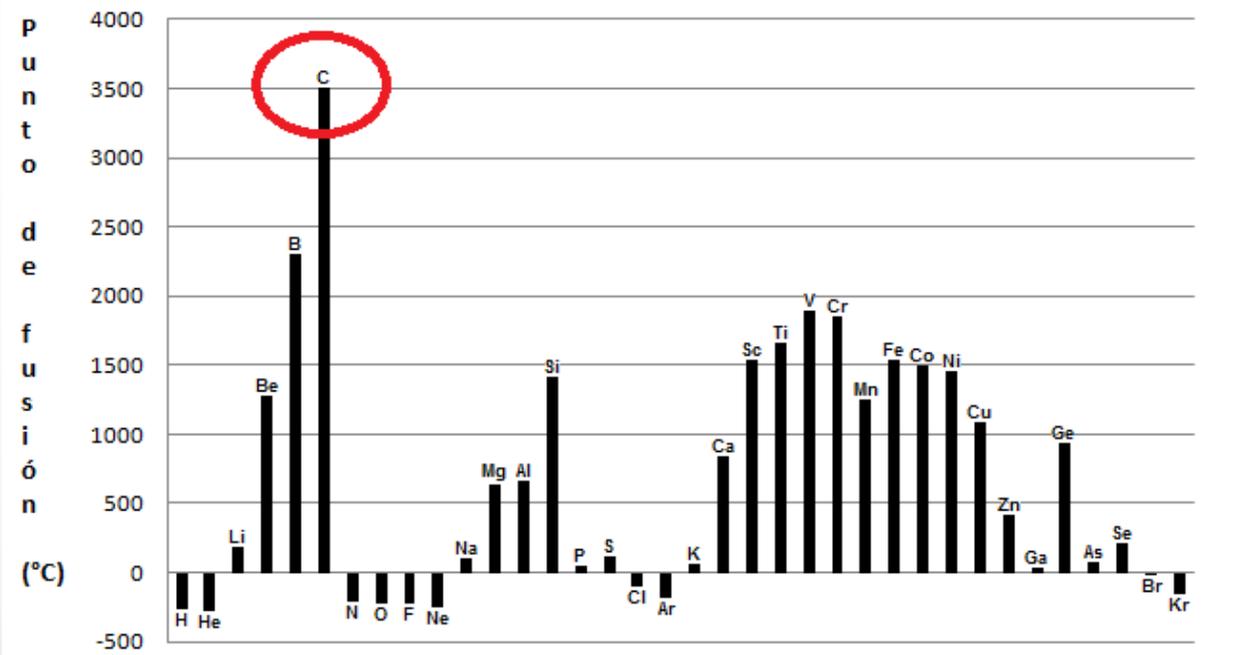
La duración de la chispa es muy corta, pues suele variar desde 1 microsegundo hasta 2 milisegundos y va acompañada de un gran aumento de temperatura, que suele alcanzar hasta decenas de miles de grados centígrados, y corrientes que van desde los 0,1 a 500A en un volumen reducido dando como resultado la fusión e incluso evaporación de dicho volumen de material



TIPOS DE ELECTRODOS

Por necesidad los materiales de los electrodos deben ser eléctricamente conductores, con las siguientes características:

- Un alto punto de fusión.
- Capacidad de ser fácilmente mecanizadas.
- Un bajo costo



ELECTRODO	PIEZA DE TRABAJO	POLARIDAD	DESGASTE	
			in	mm
Cobre	Acero	Positiva	0.1	2.54
Cobre	Acero	Negativa	1	25.4
Grafito	Acero	Positiva	0.01	0.254
Grafito	Acero	Negativa	0.4	10.16

COBRE

GRAFITO

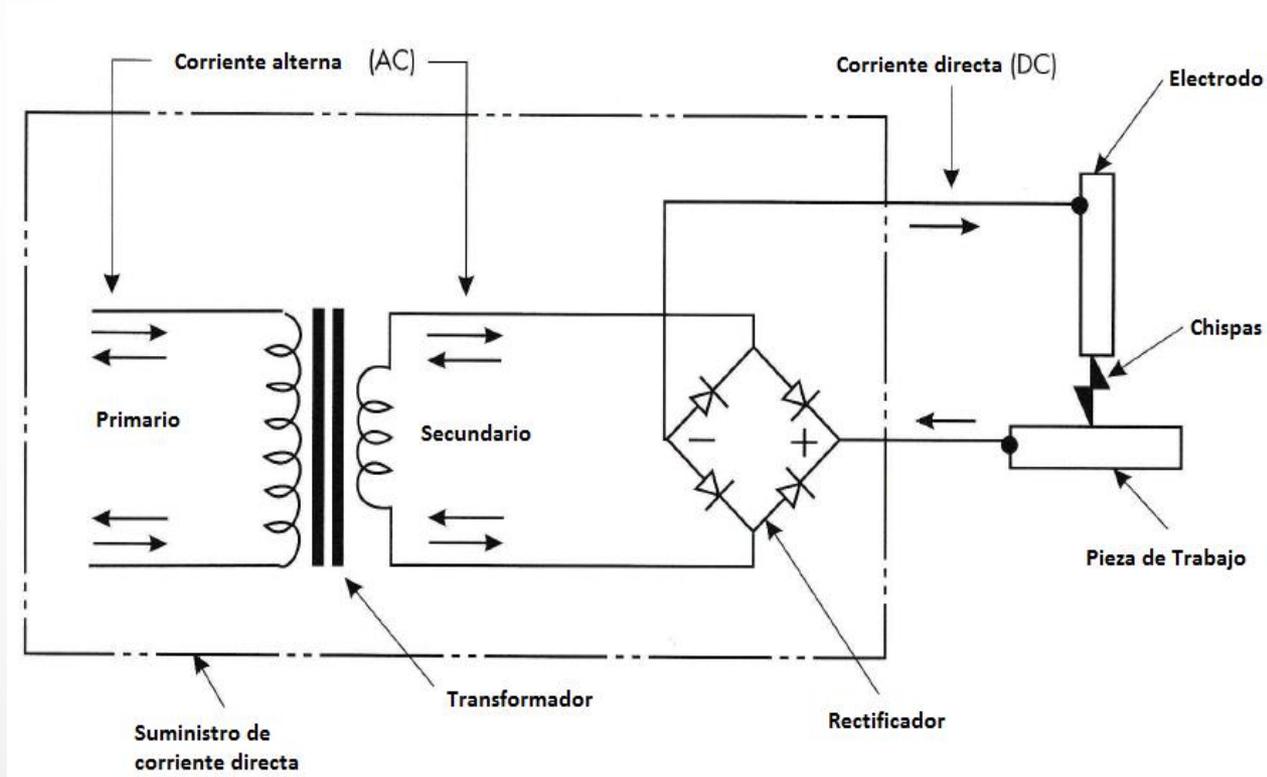
FACTORES QUE REPERCUTEN EN LA ELECTROEROSIÓN

- Potencia de la máquina
- La distancia entre electrodo y pieza de trabajo (GAP)
- El flujo del líquido dieléctrico

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS CHISPAS

SUMINISTRO DE POTENCIA PARA CIRCUITO DE EDM.

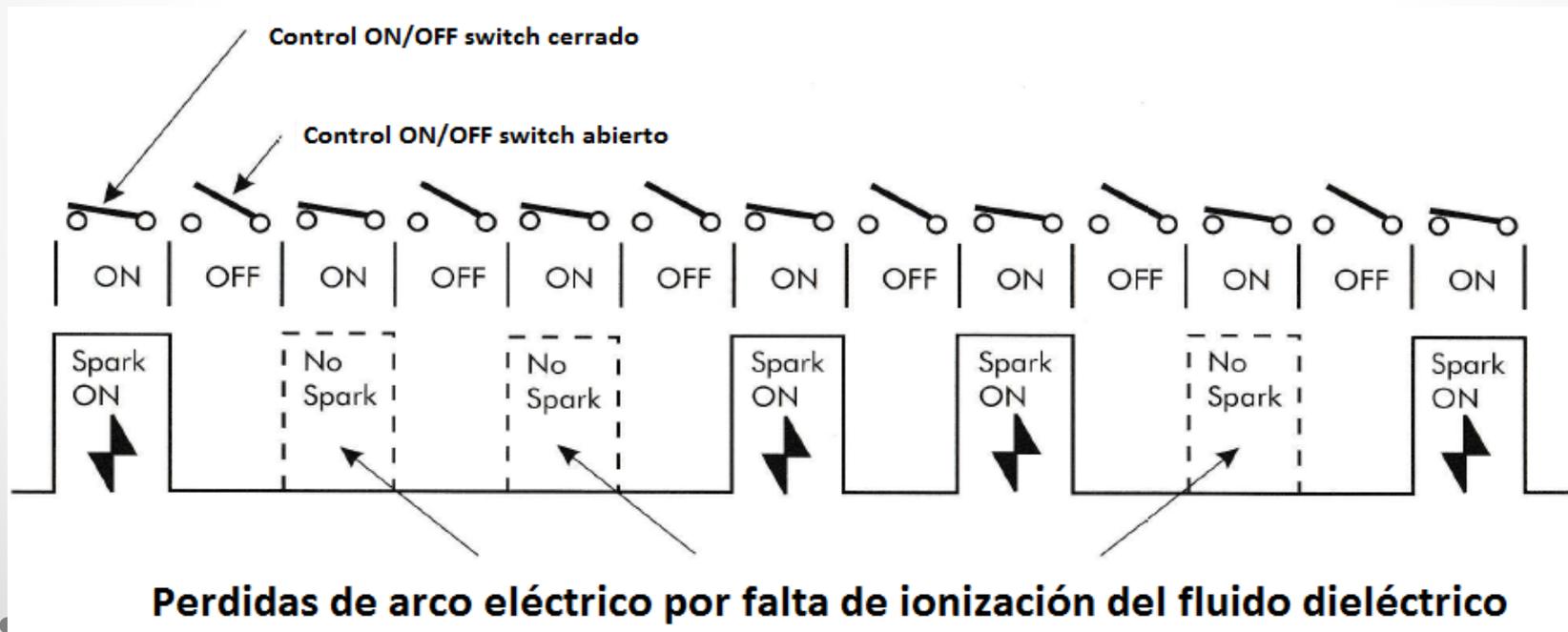
La fuente de alimentación de corriente continua es un conjunto de componentes eléctricos y electrónicos que cambia la electricidad de corriente alterna CA a corriente continua DC.

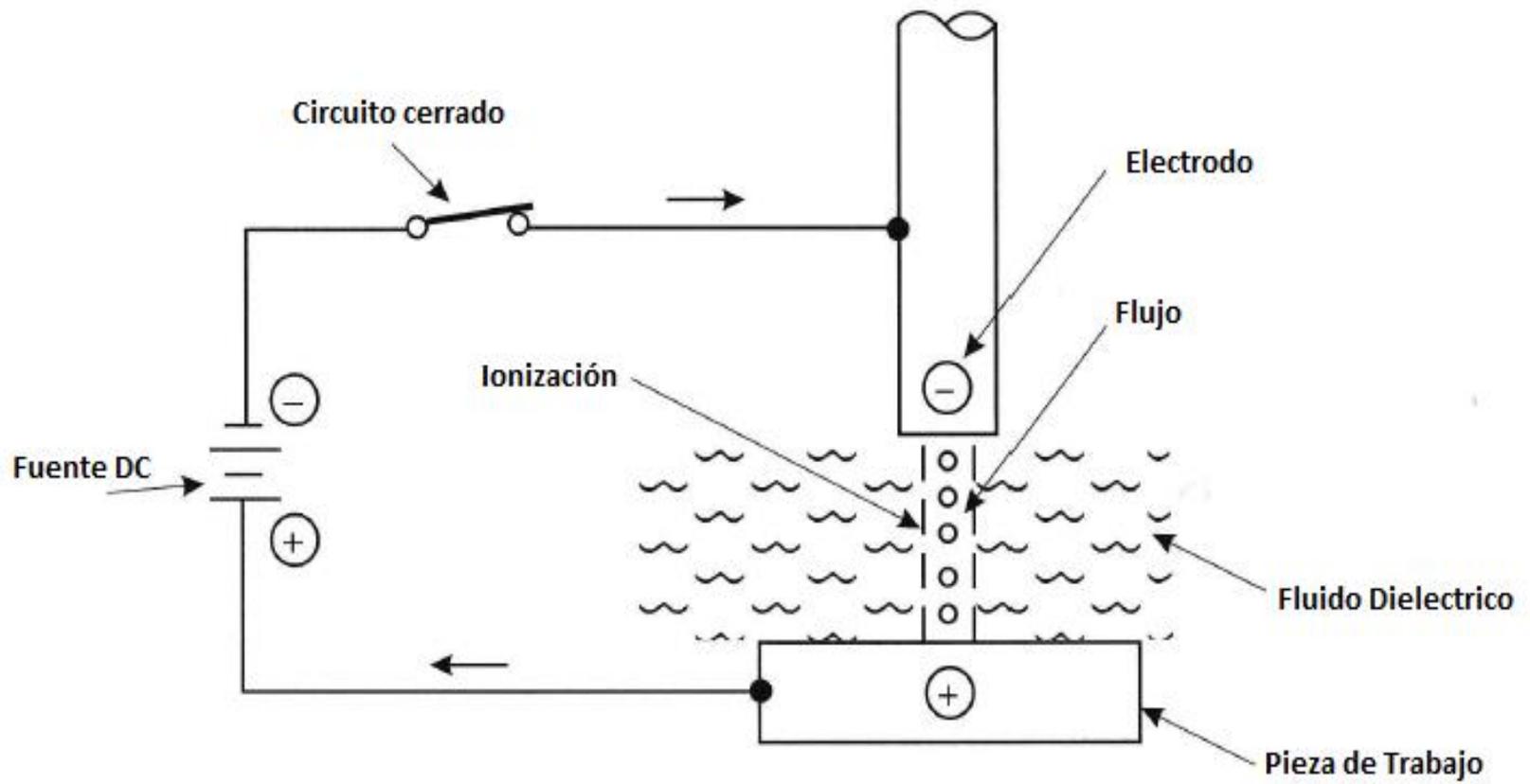


CONTROL DE ARCO ELÉCTRICO

ON/OFF

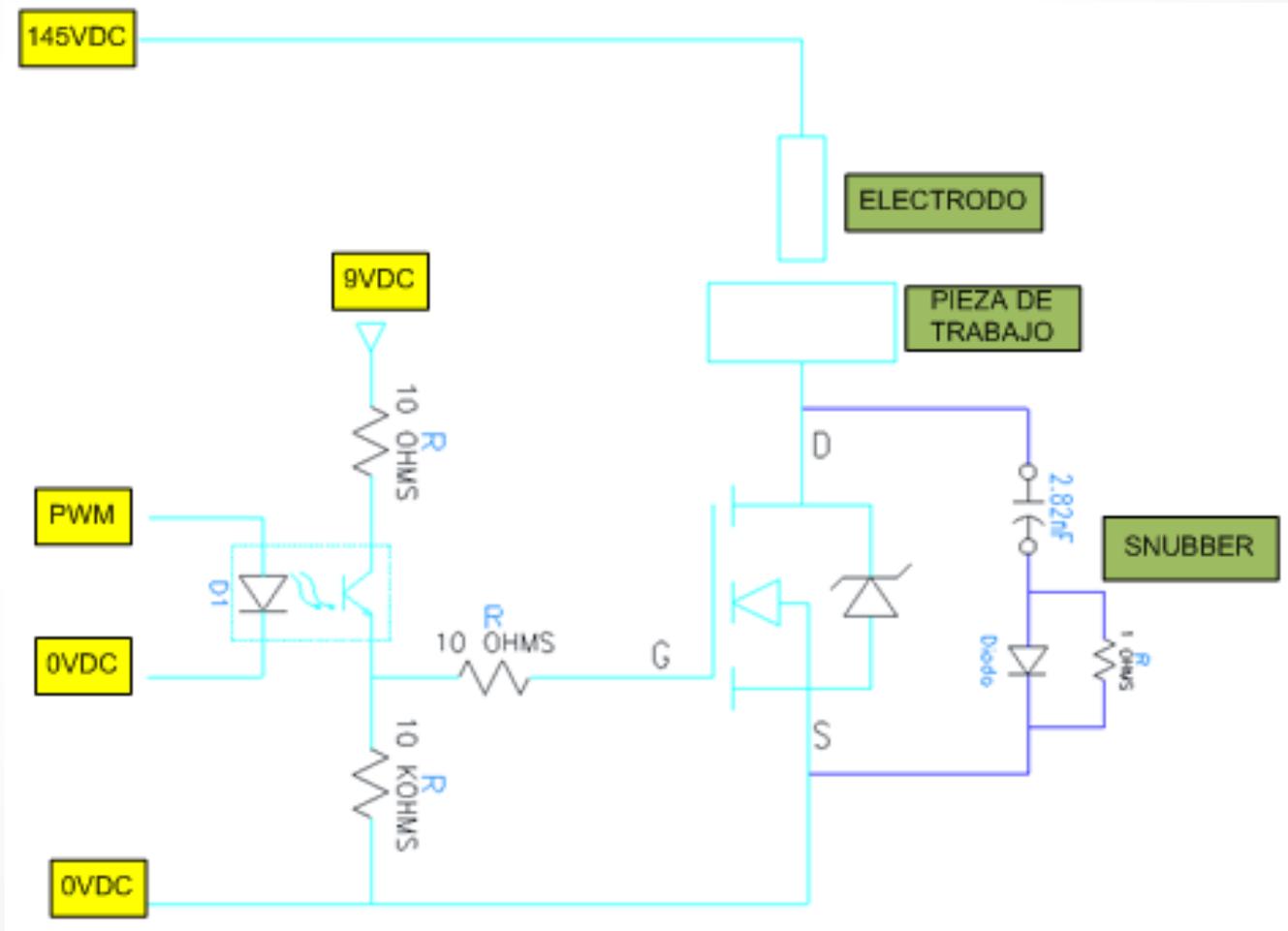
El interruptor enciende y apaga el arco eléctrico de forma muy precisa, este tiempo está dado en microsegundos, y la distancia máxima de mecanizado es aproximadamente 0,001 pulgadas (0,025 mm)





CIRCUITO SNUBBER

Para mejorar la conmutación de encendido y apagado



LEVANTAMIENTO DEL ESTADO DE LA MÁQUINA



DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LA MÁQUINA

CÁLCULO DE LA FLEXIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA

EJES	DIAMETRO (mm)
Longitudinal (X)	11,14
Transversal (Y)	10,83
Vertical (Z)	No soporta carga

UNIFICADA PASO FINO		
Medida Nominal		
Dext	-	Nº
Nº 0 (.060")	-	80 UNF
Nº 1 (.073")	-	72 UNF
Nº 2 (.086")	-	64 UNF
Nº 3 (.099")	-	56 UNF
Nº 4 (.112")	-	48 UNF
Nº 5 (.125")	-	44 UNF
Nº 6 (.138")	-	40 UNF
Nº 8 (.164")	-	36 UNF
Nº 10 (.190")	-	32 UNF
Nº 12 (.216")	-	28 UNF
1/4"	-	28 UNF
5/16"	-	24 UNF
3/8"	-	24 UNF
7/16"	-	20 UNF
1/2"	-	20 UNF
9/16"	-	18 UNF
5/8"	-	18 UNF
3/4"	-	16 UNF
7/8"	-	14 UNF
1"	-	12 UNF
1"1/8"	-	12 UNF
1"1/4"	4	12 UNF
1"3/4"	4	12 UNF
1"1/2"	-	12 UNF

CÁLCULO DEL PAR DE TORSIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA

EJES	TORQUE
Longitudinal (X)	1,04 Nm
Transversal (Y)	1,04 Nm
Vertical (Z)	17,6 Nmm

EJES	(X, Y)	Z
Nivel de voltaje	220V	220V
Tipo de servomotor	M02430	M00630
Código del motor	11	4
Potencia nominal (Kw)	0.75	0.4
Corriente nominal (A)	3.0	2.5
Velocidad nominal (rpm)	3000	3000
Velocidad máxima (rpm)	4000	4000
Torque nominal (Nm)	2.39	1.27
Porcentaje de trabajo (%)	40	30
Peso (Kg)	2.86	1.78
Encoder (ppr)	2500	2500
Polos	4	4
Nivel de aislamiento del motor	Class B	Class B
Nivel de protección	IP65	IP64

DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA

HMI

REALIZACIÓN DEL PROGRAMA EN EL EJE Z Y MEZA Y AUTOMÁTICO

PROGRAMACION DEL EJE X,Y

X: mm

Y: mm

VELOCIDAD: %

COORDENADAS GUARDADAS:

X	Y	X	Y
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

PROGRAMACION DEL EJE Z

MANUAL: SIMULACION:

DISTANCIA ELEC: RETROCESO EJE Z: mm

DISTANCIA DE RETROCESO:

PROFUNDIDAD DE LA PEZA:

N:

TIEMPO DE ESPERA ELECTRODO ABAJO:

TIEMPO DE ESPERA ELECTRODO ARRIBA:

VELOCIDAD: %

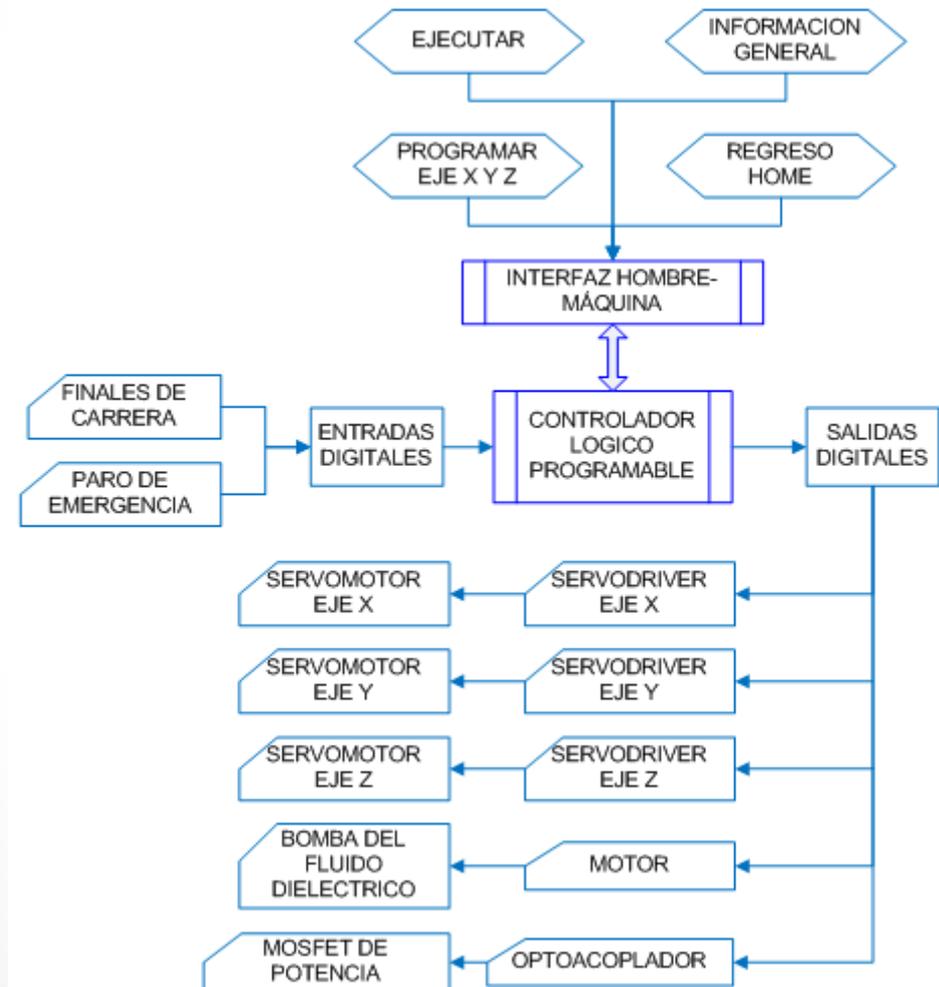
FRECUENCIA: Hz



PLC



DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DEL HARDWARE



PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

- Tener salida de pulsos de alta velocidad para los movimientos de los servomotores
- Realizar interpolaciones relativas y absolutas para el control simultáneo de los ejes
- Poseer registros retentivos para el almacenamiento de posiciones a ejecutarse
- Gran flexibilidad para la ejecución de cualquier programa mediante coordenadas
- Entregar un eficiente control de posición y velocidad

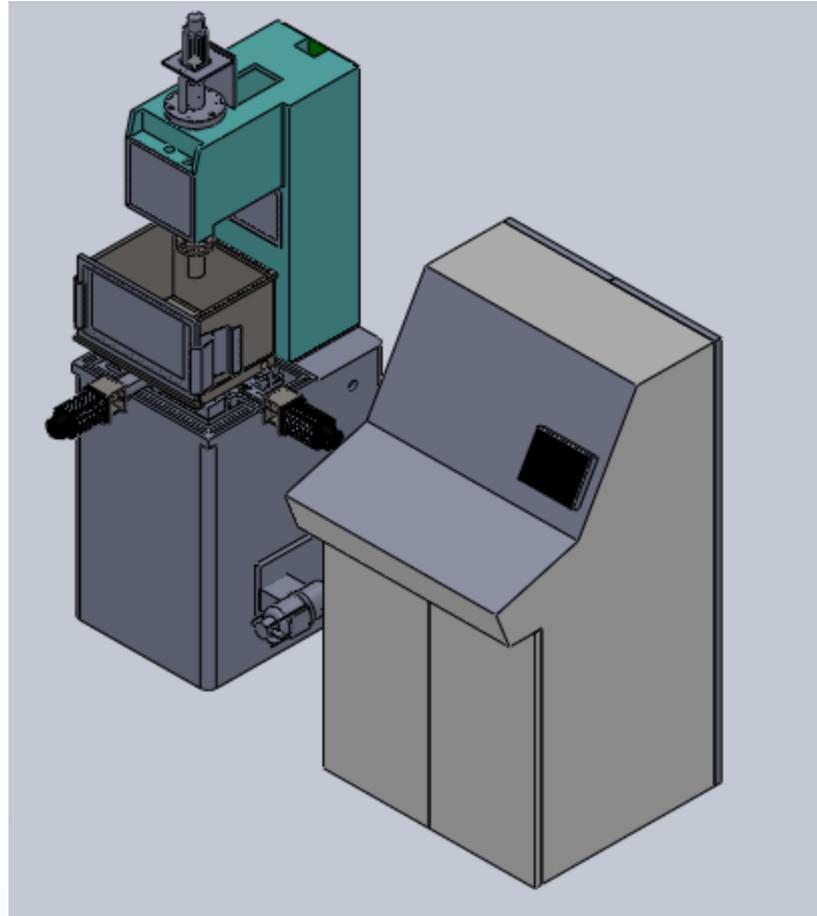


Características de las salidas de alta velocidad

Salida de pulsos de alta velocidad	
Modelo	XCC-32T-E
Bit de salida de alta velocidad	Y0~Y4
Fuente de alimentación externa	desde [5~30V] DC
Denotan la acción	indicación por led
Máxima corriente	50mA
Máxima frecuencia de salida de pulsos	200KHZ

Salida de transistor genérico		
Modelo	XCC-32T-E	
Bit de salida por transistor	Y5~Y15	
Fuente de alimentación externa	desde [5~30V] DC	
Circuito de aislamiento	aislamiento con opto acoplador	
Denotan la acción	indicación por led	
Tiempo de respuesta	OFF→ON	bajo los 0.2ms
	ON→OFF	bajo los 0.2ms

IMPLEMENTACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS EN LA MÁQUINA ELECTROEROSIONADORA

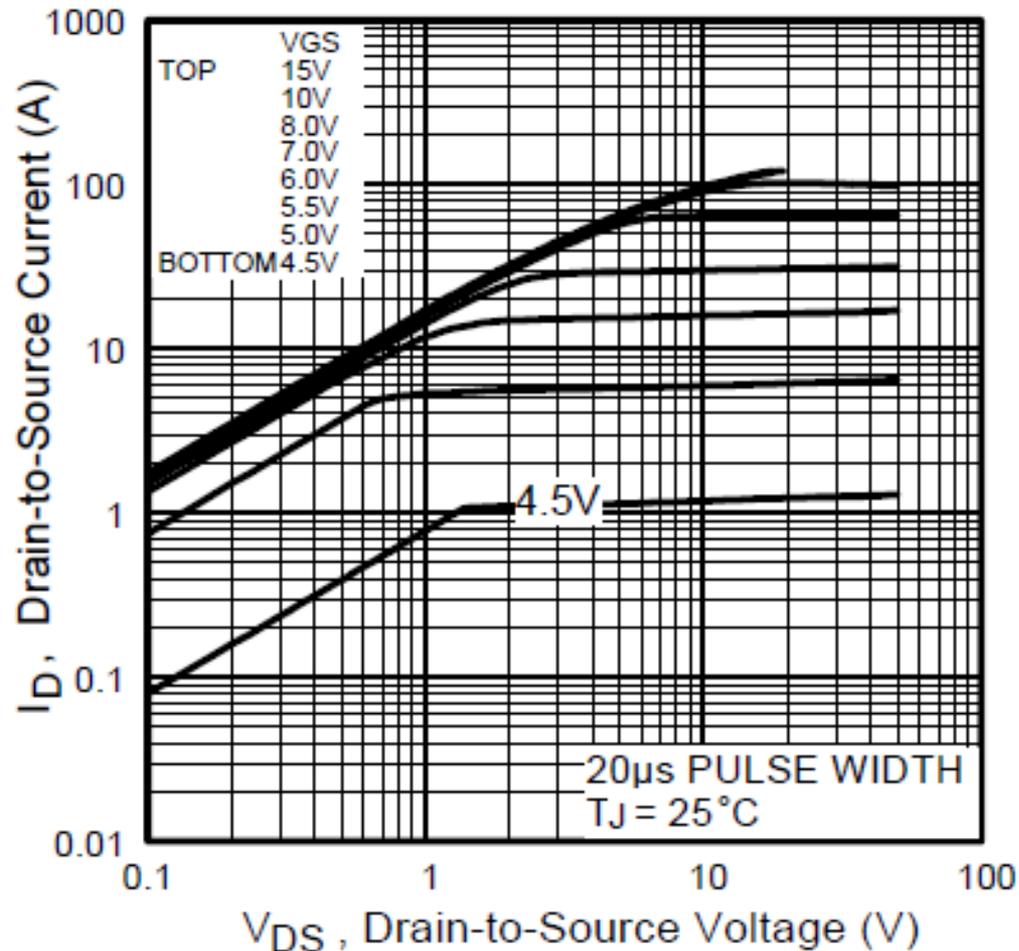


PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA

- Pruebas de continuidad
- Verificación de los voltajes
- Pruebas de funcionamiento del generador de pulsos
- Pruebas de posicionamiento de la mesa de trabajo
- Pruebas del mecanizado por descarga eléctrica

IRFP250N

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	30	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	21	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	120	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	214	W
	Linear Derating Factor	1.4	$\text{W}/^\circ\text{C}$
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V



Pruebas del mecanizado por descarga eléctrica



Material del electrodo	Material de la pieza de trabajo	Frecuencia	Corriente	Profundidad de mecanizado	Figura
Cobre electrolítico	Acero A-36	900 Hz	5 <u>Amp.</u>	3 mm	4-10
Cobre electrolítico	Acero A-36	1100 Hz	6 <u>Amp.</u>	4 mm	4-11
Cobre electrolítico	Acero A-36	1500 Hz	8 <u>Amp.</u>	3 mm	4-12
Cobre electrolítico	Acero A-36	2000 Hz	9 <u>Amp.</u>	6 mm	4-13



Figura 4-10 Mecanizado de 3mm

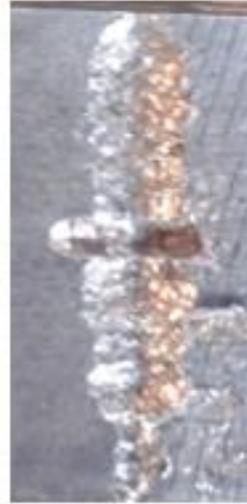


Figura 4-11 Mecanizado de 4mm



Figura 4-12 Mecanizado de 4mm



Figura 4-13 Mecanizado de 6mm



Material del electrodo	Material de la pieza de trabajo	Frecuencia	Corriente	Profundidad de mecanizado	Figura
Grafito	Acero A-36	2000	9 <u>Amp.</u>	9 mm	4-15
Grafito	Acero A-36	3000	10 <u>Amp.</u>	10 mm	4-16
Grafito	Acero A-36	4000	10 <u>Amp.</u>	9 mm	4-17
Grafito	Acero A-36	4000	10 <u>Amp.</u>	9 mm	4-18
Grafito	Acero A-36	4000	10 <u>Amp.</u>	7 mm	4-19



Figura 4-15 Mecanizado de 9mm



Figura 4-16 Mecanizado de 10mm



Figura 4-17 Mecanizado de 9mm



Figura 4-18 Mecanizado de 9mm



Figura 4-19 Mecanizado de 7mm

Velocidad de eliminación de metal del mecanizado por electroerosión

La rapidez del volumen de remoción de materiales suelen estar de 2 a $400 \text{ m}^3 / \text{min}$

$$(V_w) = \frac{\text{Volumen de material}}{\text{tiempo de mecanizado}}$$

RAPIDEZ DE REMOCIÓN CON UN ELECTRODO DE COBRE ELECTROLÍTICO

Profundidad	Volumen	Tiempo	Rapidez de remoción	Figura
3 mm	$3870.96m^3$	3,2 horas	$19.35 m^3/min$	4-10
4 mm	$5161.28m^3$	4,15 horas	$20.24 m^3/min$	4-11
3 mm	$3750m^3$	3 horas	$20.83 m^3/min$	4-12
6 mm	$7500m^3$	6,4 horas	$18.75 m^3/min$	4-13

RAPIDEZ DE REMOCIÓN CON UN ELECTRODO DE GRAFITO

Profundidad	Volumen	Tiempo	Volumen de remoción	Figura
9 mm	5806.44m ³	8 horas	12.09 m ³ /min	4-15
10 mm	6451.6m ³	9 horas	11.94 m ³ /min	4-16
9 mm	4572m ³	8 horas	9.52 m ³ /min	4-17
9 mm	5715m ³	8 horas	11.90 m ³ /min	4-18
7 mm	4516.12m ³	6 horas	12.54 m ³ /min	4-19

VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

¿Es posible rediseñar y automatizar con HMI una máquina electroerosionadora?

Se automatiza la máquina dotándola de todas las modificaciones tanto mecánicas como eléctricas para que la misma pueda trabajar con el HMI de una manera eficaz para el proceso de electroerosionado por descarga eléctrica.



INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	Máquina electroerosionadora "Carcasa"	1	1000	1000
3	Servomotor y servo driver	3	1800	5400
3	PLC	1	300	700
4	touch screen	1	500	700
5	Materiales Mecánicos	Global	500	500
6	Materiales Eléctricos	Global	300	800
7	Mano de obra y adaptaciones	Global	600	600
TOTAL				9700

PROYECCIÓN DE VENTAS

Año	Valor (\$)
0	0
1	1500
2	1500
3	2000
4	2000
5	2500
6	2500
7	3000
8	3000
9	3500
10	3500

VAN Y TIR

Año	Inversión	Costos operativos	Impuestos renta	Ingresos	Flujo
0	9700				
1		220	180	1500	1000
2		225	252	2100	1523
3		265	324	2700	2111
4		273	396	3300	2631
5		281	468	3900	3151
6		289	540	4500	3671
7		297	612	5100	4191
8		305	684	5700	4791
9		313	756	6300	5231
10		321	828	6900	5751
Tasa interna de retorno					26%
Valor actual neto al 5%					16053.89

CONCLUSIONES

- Se rediseño la trasmisión de movimiento de los ejes x, y y de la máquina electroerosionadora y se construyó el sistema de trasmisión mecánico del eje z, automatizando las diferentes tareas de mecanizado mediante una interfaz humano máquina, logrando así su reincorporación en el mercado de fabricación de moldes y matrices.
- Dentro de los electrodos que se puede utilizar para la fabricación de moldes en acero por medio de electroerosión, el cobre electrolítico presenta un mayor desgaste versus el grafito.
- Se diseñó la trasmisión de movimiento de los ejes X, Y, Z con un paso fino para un desplazamiento preciso de 1mm equivalente a 1000pulsos mediante un control en lazo cerrado que permite obtener un acabado superficial de acuerdo a las demandas del mercado.



- Se diseñó e implementó el programa de control para los movimientos de los tres ejes de la máquina electroerosionadora en modo manual y automático, permitiendo de esta manera introducir sentencias de control por planos para el eje X, Y, mientras que para el eje Z se desarrollo de una relación de trabajo para el mecanizado por electroerosión.
- Se diseñó el circuito de electroerosión para una corriente máxima de 10 A, con una tasa de remoción que bordea entre los rangos de 35 a 40 minutos por 1mm.
- Se realizó un sistema de circulación continuo de fluido dieléctrico mediante una bomba, para desalojar las partículas pulverizadas y crear un medio ideal para el proceso por descarga eléctrica.

RECOMENDACIONES

- Parametrizar adecuadamente las posiciones de los ejes X, Y, Z, para evitar colisiones que pueden afectar los elementos de la transmisión de movimiento.
- Tener muy presente las condiciones de seguridad para toda la ejecución de la máquina durante el mecanizado por descarga eléctrica, y así evitar colisiones y cortocircuitos.
- No colocar las manos en el tablero de potencia del circuito de EDM, ya que se manejan corrientes mayores de 5A en corriente directa.
- No topár simultáneamente el electrodo y la mesa de trabajo ya que puede producir una descarga eléctrica en el cuerpo.

•

•

- El operador por ningún motivo debe girar con las manos ningún eje cuando los servo drives estén encendidos, ya que esto produciría daños al enconder.
- Realizar la lubricación por goteo de los tres ejes para evitar el desgaste mecánico de la tuerca, y en especial del eje Z ya que este trabaja más de 6 horas continuas.
- Inspeccionar visualmente la contaminación del diésel para realizar el cambio del mismo para un mejor mecanizado en el proceso.

Muchas Gracias por la
atención prestada