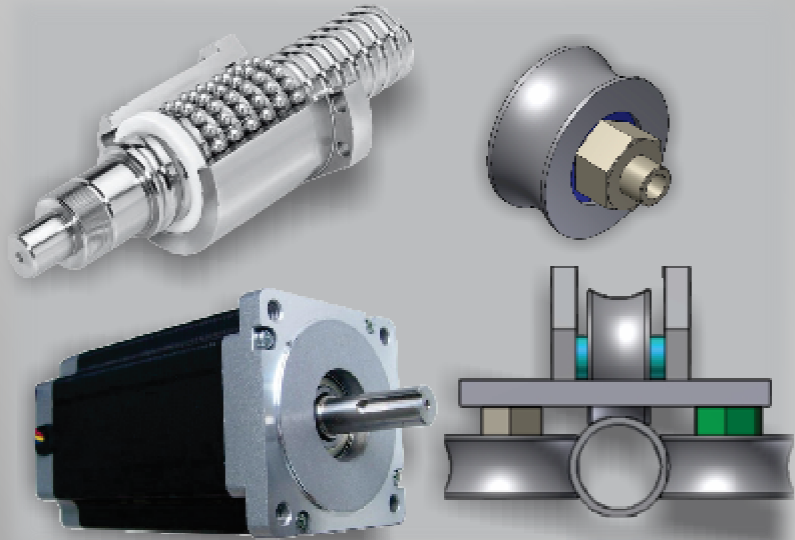


INGENIERÍA

ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO FINAL

Corte de varillas de Acero por Control Numérico



Diego Echarry



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA



*FACULTAD DE INGENIERIA
Departamento Ingeniería Eléctrica*

Proyecto Trabajo Final

Diciembre. 2015

CORTE DE VARILLAS DE HIERRO POR CONTROL NUMÉRICO

Autor

Alumno: Diego Echarry

Carrera Ingeniería Electromecánica

Tutor: Ingeniero Ruben Ferreyra

Evaluadores: Ingeniero Mario G. Macri

Ingeniero Claudio Dimenna

Ingeniero Máximo Menna



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo intentará ser lo más explicativo posible, para que pueda ser leído y comprendido por personas con mínimos conocimientos del tema a tratar, pero con la rigurosidad y el análisis que requiere el ojo entrenado de los profesores que lo evalúan, seres que dedican parte de su vida a adquirir y transmitir conocimientos indispensables para el correcto desarrollo de las capacidades del alumno.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema para el corte de varillas de acero, utilizando como herramienta un disco abrasivo propulsado por una máquina comercialmente disponible, denominada sensitiva.

Surge de la necesidad de ordenar y economizar el espacio destinado al corte, así como también disminuir el tiempo necesario y aliviar la tarea del operario, en un taller donde se elaboran bastidores confeccionados con caño estructural rectangular o cuadrado y columnas realizadas en hierro ángulo para la automatización de portones a control remoto, siendo el corte de las varillas el primer paso a efectuar para lograr estas construcciones.

Los automatismos en general, se han vuelto de relevante importancia en un sin número de bienes de uso común. Están presentes tanto en la industria donde se automatizan líneas de producción, como en el hogar con el encendido programado de luces, alarmas, o lo que se denomina hoy Domótica. El objetivo de estas automatizaciones es, sin dudas, la comodidad de las personas, es decir, disminuir el esfuerzo físico necesario para realizar alguna tarea, y en base a esto, el accionamiento de portones de cocheras a control remoto es uno de los mejores ejemplos, donde simplemente presionando un botón se logra mover una masa de más de 100 kilogramos, disminuyendo así notablemente el esfuerzo necesario y el tiempo de entrada y salida en automóvil a la cochera del hogar, edificio o trabajo.

Cabe hacer una mención especial respecto del tiempo de entrada y salida. En los tiempos que corren, la seguridad se ha tornado el tema por excelencia a la hora de valorar en que bienes invertir el dinero. En este punto, el portón automático minimiza en gran medida el tiempo de exposición (portón abierto), durante el cual la propiedad y las personas se encuentran en una posición vulnerable ante embates de individuos de mal vivir. Por estos motivos los portones automáticos pasaron, en los últimos 10 años, de ser un bien de lujo al que solo tenían acceso las clases altas de la sociedad, a convertirse en bienes de uso común, prácticamente indispensables y accesibles para todas aquellas personas con la capacidad económica de poseer un automóvil.

El sistema a diseñar para el corte de las varillas, que como se dijo anteriormente, es el primer paso para las construcciones que se realizan en este taller, consiste en una plataforma móvil, montada sobre dos guías dispuestas de manera vertical, que se desplaza en forma paralela a la estantería donde se estiban las varillas, en la que irá emplazada la máquina sensitiva propulsora del disco de material abrasivo.

Estará ubicada debajo de la estantería, con un desplazamiento útil de la plataforma y por consiguiente del disco de corte de 3000mm, que permite obtener todo el rango de medidas posibles desde 10 a 6000 mm.

El movimiento se generará por intermedio de un motor paso a paso (pap), del torque adecuado para vencer las fuerzas de roce presentes en el sistema de guía y la fuerza necesaria para acelerar el conjunto hasta la velocidad de avance. Dicho motor estará controlado por una computadora personal (pc), mediante un software comercialmente disponible, de bajo costo y que además cuenta con una versión

Demo gratuita que cumple ampliamente los requerimientos del sistema, ya que se trata del control de un solo eje.

El software que se utilizará se denomina mach3 de la firma Artsoft y está especialmente diseñado para controlar motores PaP o servomotores en sistemas compuestos por uno a seis ejes, donde es posible programar el movimiento interrelacionado de los distintos ejes por medio del código G&M, este código de programación es un lenguaje de bajo nivel, nativo de la mayoría de las máquinas con control numérico computarizado(CNC), mediante el que se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas. El nombre proviene del hecho de que el programa está constituido por instrucciones Generales y Misceláneas.

Este tipo de control requiere además, de la instalación intermedia entre la pc y el motor de un driver que convierte los pulsos de baja intensidad, que envía la pc, a pulsos de mayor intensidad acordes a los que necesita el motor para proveer el torque adecuado.

El posicionamiento controlado y preciso que es posible lograr con estos sistemas que utilizan motores a pasos, comandados por una computadora de escritorio o un plc, comúnmente llamados con CNC, es ampliamente aprovechado por una gran variedad de industrias y talleres dedicados a la elaboración de bienes terminados y piezas a pedido.

Se pueden encontrar desde tornos, fresas y pantógrafos que dan forma y cortan el acero, hasta router y brazos robóticos que moldean y realizan grabados en madera. Tornándose, muchas de estas tareas, prácticamente irrealizables sin la implementación del control numérico.

De lo dicho anteriormente se desprende la necesidad de incursionar en el tema propuesto para lograr la mayor utilidad y competitividad posible de la tecnología actual en el control numérico computarizado de máquinas y herramientas.

ÍNDICE

Introducción	3
CAPÍTULO 1	
Características del Corte y Sistema Mecánico	
1.1 Tipo de Corte	5
1.2 Máquina Sensitiva	6
1.3 Ubicación y Tamaño del Sistema de corte	7
1.4 Conjunto de Guías y Rodamientos	8
1.4.1 Determinación de la distancia entre soportes	10
1.5 Transmisión del Movimiento	13
1.6 Tornillo de Movimiento o Husillo	14
1.7 Resistencia al Avance	17
1.8 Motor a pasos	20
CAPÍTULO 2	
Electrónica y Conexionado	
2.1 Introducción	30
2.2 El Puerto Paralelo	31
2.3 Placa Interfaz	33
2.4 Disposición y Conexionado de Interruptores	36
2.5 Driver del Motor Paso a Paso	37
2.6 Diagrama Eléctrico Unifilar y Cadena Porta Cables	41
CAPÍTULO 3	
Software de Control y Modos de Operación	
3.1 Introducción	44
3.2 Configuración de Parámetros	45
3.2.1 Unidades Nativas	45
3.2.2 Asignación del Puerto Paralelo y Frecuencia de trabajo	46
3.2.3 Asignación de Pines y Señal del Motor a Pasos	47
3.2.4 Configuración de las Señales de Entrada	48
3.2.5 Configuración de las Señales de Salida	50
3.2.6 Configuración de los Parámetros del Motor a pasos	51
3.2.7 Configuración de Límites por Software y Referencia	52
3.3 Función de Botones y Casilleros en Pantalla	54
3.4 Código G & M	56
3.5 Modos de Operación	58
Vistas del sistema de corte	61
Costos y Proveedores	62
Evaluación Económica	65
Conclusiones	66

Posibles Ampliaciones del Proyecto	67
Bibliografía	68
Planos	70
Anexos	

CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS DEL CORTE Y SISTEMA MECÁNICO

1.1 TIPO DE CORTE

[1] [2]

En la actualidad se utilizan en forma masiva dos tipos de herramientas para el corte de varillas de hierro, estas son la sierra sin fin y el disco abrasivo, siendo este último el más adoptado por pequeños y medianos talleres debido a su bajo costo, simplicidad de uso y corte en seco, sin necesidad de lubricante ni refrigerante durante la operación. Por sus cualidades y fundamentalmente por tratarse de una máquina de bajo peso, es que fue elegida para este trabajo.

En cuanto al disco a utilizar como herramienta de corte, está formado por granos de mineral abrasivo, ligados con resina y reforzado en su interior con una malla de fibra de vidrio. Existe una gran variedad disponible en el mercado de acuerdo al material a cortar y en muchos casos hay varias opciones para un mismo material, variando el mineral que lo compone, el tamaño del grano y la dureza (referida al desprendimiento de los granos).

El disco recomendado por fabricantes para el corte de acero es el conformado por granos de óxido de aluminio, con tamaño de grano medio o grande y la dureza, relacionada con el arco de contacto entre el disco y el material a cortar, a medida que aumenta el espesor de la varilla, y como consecuencia el arco de contacto, debe disminuirse la dureza para evitar la cristalización de la superficie cortante.

La figura 1.1.1 muestra la nomenclatura normalizada por la Federación Europea de Fabricantes de Abrasivos (FEPA), que identifica por medio de un grupo de letras y números el mineral abrasivo, el tamaño de los granos y la dureza de la matriz de los discos.



Figura 1.1.1 – Nomenclatura de la FEPA para discos abrasivos

Los discos abrasivos utilizados en forma habitual para el corte de varillas en máquinas de banco se proveen en dos medidas, de 400 mm de diámetro exterior, para ser utilizado en máquinas robustas propulsadas por motores trifásicos de 2 hp y transmisión a correas, y de 355 mm de diámetro exterior, para utilizarse en máquinas livianas que pueden tanto fijarse a una mesa o transportarse para efectuar cortes en obra. Debido a que el sistema de corte desplazará la máquina que propulsa el disco se opta por la opción más liviana, con el objetivo de disminuir los esfuerzos sobre las guías y la transmisión, y permitir un diseño económico.

Se listan a continuación las características del disco abrasivo a utilizar, de acuerdo a las recomendaciones de fabricantes.

Diámetro exterior: 355 mm

Diámetro interior: 25,4 mm

Espesor: 3,2 mm

Rpm máximas: 4350

Tipo: A 30 R

1.2 MÁQUINA SENSITIVA

[3]

La máquina elegida para propulsar el disco es una sensitiva de marca Makita con protección móvil que mantiene cubierto el disco en todo momento durante la operación de corte. El motor universal es de 220 vca que con ayuda de una caja reductora acoplada al eje logra la velocidad requerida por el disco. Este se ajusta al eje de salida de la reductora por medio de dos arandelas de 80 mm de diámetro y un tornillo que enrosca en el centro del eje.

La figura 1.2.2 muestra la sensitiva elegida y a continuación se listan sus datos técnicos.



Figura 1.2.2 – Máquina sensitiva propulsora del disco

Datos técnicos de la sensitiva Makita MLC142, provistos por el fabricante.

Tensión de alimentación : 220 vca

Consumo de corriente: 9,2 a

Potencia: 2000 w

Velocidad: 3850 rpm

Peso: 15,4 kg

1.3 UBICACIÓN Y TAMAÑO DEL SISTEMA CON RESPECTO A LA ESTANTERÍA

Como se dijo anteriormente, para lograr el rango de medidas de 10 a 6000 mm será necesario un desplazamiento del disco de corte y por consiguiente de la plataforma de 3000 mm.

Con este rango de movimiento es posible obtener cortes de 10 a 3000 mm tomando como referencia el extremo derecho de la varilla y de 3000 a 6000 mm haciendo lo propio con el extremo izquierdo de la misma. Esta forma simple de ejecutar el corte referenciando a derecha o a izquierda, es la que permite limitar el rango de desplazamiento de la plataforma a 3000 mm que sumado a la efectividad de la máquina sensitiva liviana, posibilitan la concreción del sistema de corte a un costo razonable. La figura 1.3.3 aclara la idea respecto del desplazamiento acotado de la plataforma, donde se observa como un corte efectuado a 2000 mm respecto del extremo derecho, es también un corte de 4000 mm respecto del extremo izquierdo, partiendo de una varilla estándar de 6000 mm.

Debido a que el conjunto de rodamientos y plataforma donde se emplazará la sensitiva tendrá al menos 600 mm en la dirección de las guías, necesarios para proveer estabilidad a dicha plataforma, y a que contará con un espacio de 400 mm de sobre recorrido para amortiguar el posible sobrepaso, es que el largo de la estructura portante a la que se sujetarán las guías y el medio de tracción será de 4000 mm.

El alto estará determinado por la posición más baja posible para minimizar el espacio que se le restará a la estantería, tomando como parámetro mínimo la comodidad del operario, esta es la que permita depositar la varilla manualmente sin necesidad de agacharse. De pruebas prácticas realizadas con individuos de hasta 1,8 metros de altura, se desprende que la altura mínima de apoyo es de 760 mm, la que sumada a la altura de la sensitiva abierta da una altura total de 1310 mm.

Cabe aclarar que la estantería debajo la cual se ubicará el sistema de corte, se encuentra apoyada y amurada a una pared de mampostería y es de tipo peine con 4 soportes equidistantes por estante, la misma permite la carga y descarga de manera lateral, esto es en dirección perpendicular al largo de las varillas. Los planos 1 y 2 aclaran y especifican lo dicho.

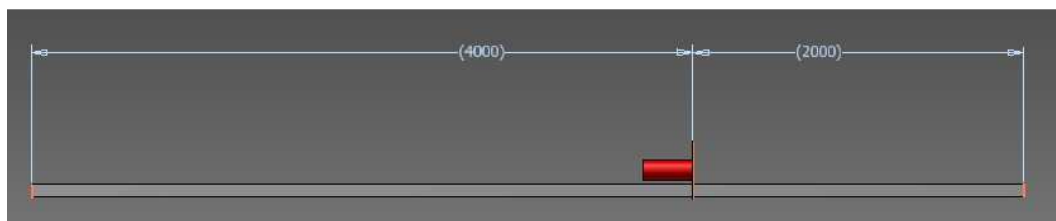


Figura 1.3.3 – Ejecución de un corte, obteniendo dos medidas posibles de acuerdo a referencia

1.4 CONJUNTO DE GUÍAS Y RODAMIENTOS

Existe una amplia variedad de materiales disponibles para maquinaria con CNC y en particular de guías y sus respectivos rodamientos o deslizadores, para la correcta elección de estas, resulta indispensable determinar las sollicitaciones y condiciones a las que estarán expuestas.

Es necesario además, valorar la posibilidad de la fabricación a medida del sistema de guías y rodamientos con materiales adecuados y principalmente de mayor disponibilidad que los destinados a maquinaria con CNC, ya que estos últimos solo se consiguen en algunos puntos del país y son de importación.

En la figura 1.4.4 se pueden ver los modelos de guías y sus patines deslizantes comercialmente disponibles en distribuidores abocados a implementos de máquinas comandadas con CNC.

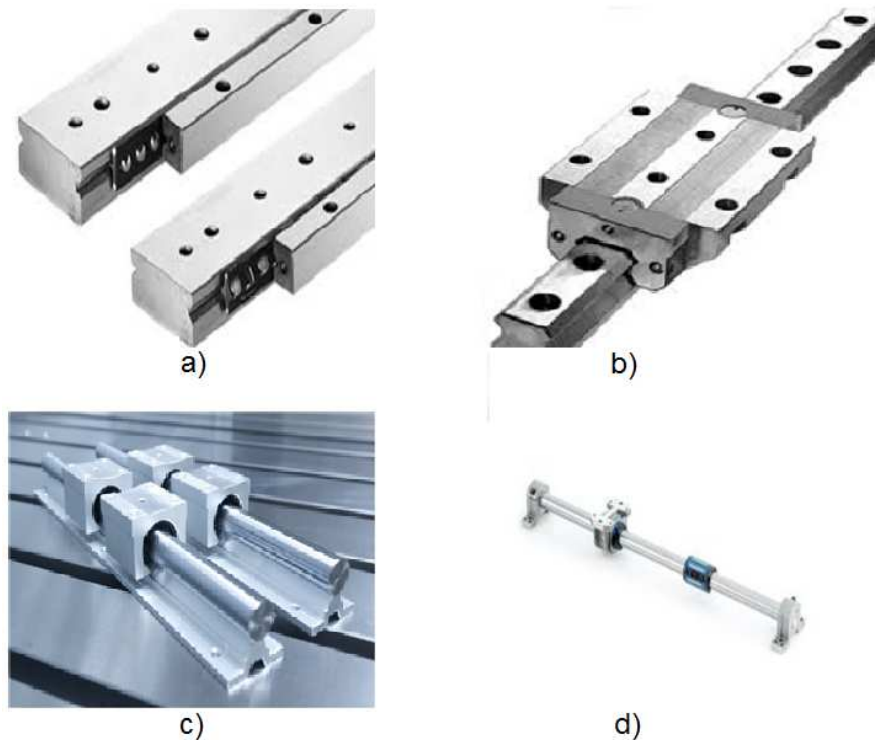


Figura 1.4.4 – Sistemas de guías disponibles para máquinas comandadas con CNC

En el tipo de corte elegido, disco abrasivo, se generan pequeñas partículas de acero desprendidas del material que es cortado en forma de chispa y otras que se desprenden del disco de corte en forma de polvo. Esta particularidad exige que la guía se encuentre completamente cubierta, o en su defecto no presente caras planas horizontales ni perfiles cóncavos, donde puedan acumularse las partículas que se desprenden del corte, para evitar que obstruyan el correcto deslizamiento del patín u ocasionen un desgaste prematuro del conjunto. Dado que el largo de la guía es de 4000 mm y proveerle cobertura implica un sistema de caparazón retráctil o fuelle, lo que resulta una tarea compleja y costosa, es que se elige la guía de perfil circular, que cumple con los segundos requisitos antes mencionados.

Como muestra la figura 1.4.4, las guías disponibles de perfil circular se proveen con dos tipos de sujeciones, de soporte corrido, figura 1.4.4.c., o en los extremos, figura 1.4.4.d., esta última se descarta rápidamente por estar diseñadas para recorridos cortos, menores de 2000 mm, y deja sin efecto la posibilidad de fabricarla,

debido a que el largo requerido conllevaría una sección de gran tamaño para evitar la deformación.

Esto deja como única opción, dentro de los materiales disponibles, el conjunto mostrado en la figura 1.4.4.d., sin embargo, esta guía posee soporte de sujeción corrido o continuo que obstaculiza el desagote de las partículas y polvo que se desprenden del corte, ya que el sistema se apoya en la misma pared que la estantería y genera un espacio cerrado entre esta y el soporte.

Por lo tanto, en base a lo analizado anteriormente se opta por la construcción del sistema de guías en caño circular, con soportes independientes y equidistantes, y como patín o deslizador, una placa de acero que porta las ruedas de material plástico, para disminuir el ruido y el desgaste de la guía, montadas sobre rodamientos de bolillas, la figura 1.4.5 aclara lo dicho.

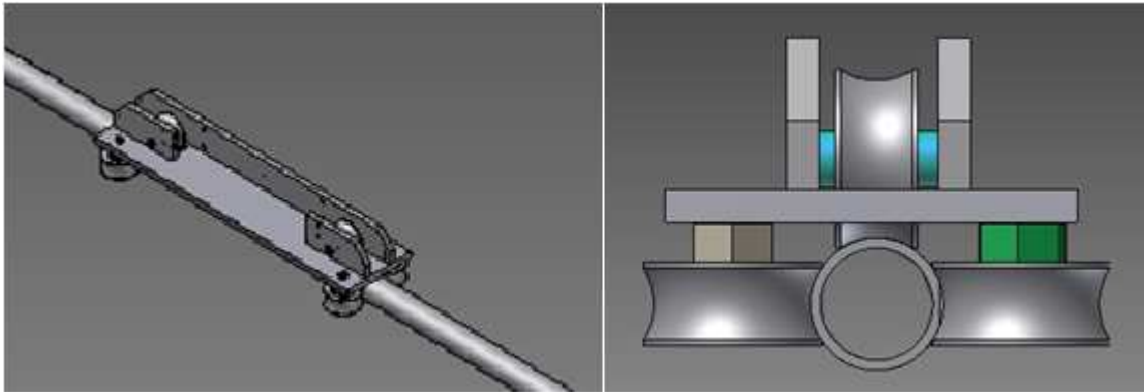


Figura 1.4.5 – Conjunto de guía y deslizador a construir

El primer paso es elegir el caño circular, el tamaño y material de este, y por consiguiente su resistencia, determina la distancia máxima entre soportes para que cumpla con los requisitos que se fijarán de deformación, ante los esfuerzos máximos a los que está sometido. Se elige caño de acero inoxidable circular sin costura que a pesar que no tiene las mejores prestaciones en cuanto al desgaste presenta excelentes condiciones dimensionales que fueron corroboradas en depósito del proveedor con micrómetro, variando solo 0.05 mm en su diámetro a lo largo de un barra de 6000 mm. Se listan a continuación sus especificaciones:

Material: acero inoxidable 304L

Caño sin costura

Diámetro exterior: 48,3 mm

Espesor: 3,6 mm

La figura 1.4.6 muestra las características técnicas de este material en donde, a los fines de determinar la distancia entre soportes, el dato a utilizar es el modulo de elasticidad.

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300 -						
		Acero al Cromo Níquel						
DESIGNACIÓN	TIPO ASTM (AISI)	301	302	303	304	304 L	321	
		COMPOSICIÓN QUÍMICA	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 16,0018,00 Ni% 6,008,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00 S% 0,15 Min.	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,0020,00 Ni% 8,0010,50	C% 0,030 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,0020,00 Ni% 8,0012,00	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 9,0012,00 Ti% >5xC% 0,07
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	500	500	500	500	
	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA (W/m K)	a 100 C	16	16	16	16	16	16
		a 150 C	21	21	21	21	21	21,5
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICO MEDIO (x 10 ⁶ C ⁻¹)	0100 C	16,92	17,28	17,3	17,30	17,30	16,74
		0300 C	17,10	17,82	17,8	17,80	17,80	17,10
0500 C		18,18	18,36	18,4	18,40	18,40	18,54	
0700 C		18,72	18,72	18,7	18,80	18,80	19,26	
INTERVALO DE FUSIÓN (C)	13981420	13981420	13981420	13981454	13981454	13981427		

Figura 1.4.6 – Características técnicas del acero inoxidable 304L

1.4.1 DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE SOPORTES [4]

Debido a que se trata de una máquina de la que se espera precisión, el cálculo se basa en desplazamientos máximos en el instante de mayor carga. Se impone como valor de diseño un desplazamiento lateral máximo de la guía de 1 décima de milímetro. Los soportes se disponen en forma discreta, dejando un vano a determinar entre los mismos. Dicho soporte se realiza en forma de cuna y se fija con un bulón roscado sobre la guía como se aprecia en la figura 1.4.7, proveyendo una fijación sólida que impide la rotación de la sección, por lo que se calcula como empotrado. Para esto se determina el momento que debe anular el conjunto de guías, debido a la suma de esfuerzos y pesos actuantes, en donde el peso del patín deslizador no se tiene en cuenta por actuar en línea vertical con las guías.

Teniendo en cuenta la posible desalineación de las guías y o el patín se realiza el cálculo para la condición más desfavorable, en la que solo una rueda transmita el esfuerzo en el centro del vano.

La figura 1.4.8 muestra el diagrama de fuerzas en donde igualando momentos y despejando se obtiene la fuerza ejercida sobre la guía.

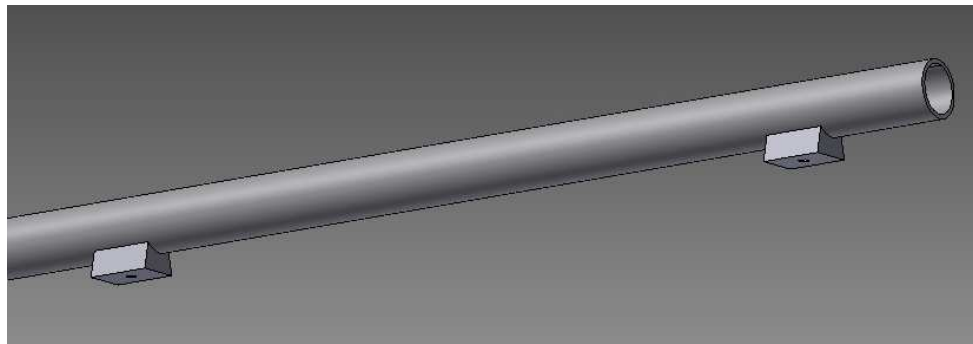


Figura 1.4.7 – Caño guía y soportes

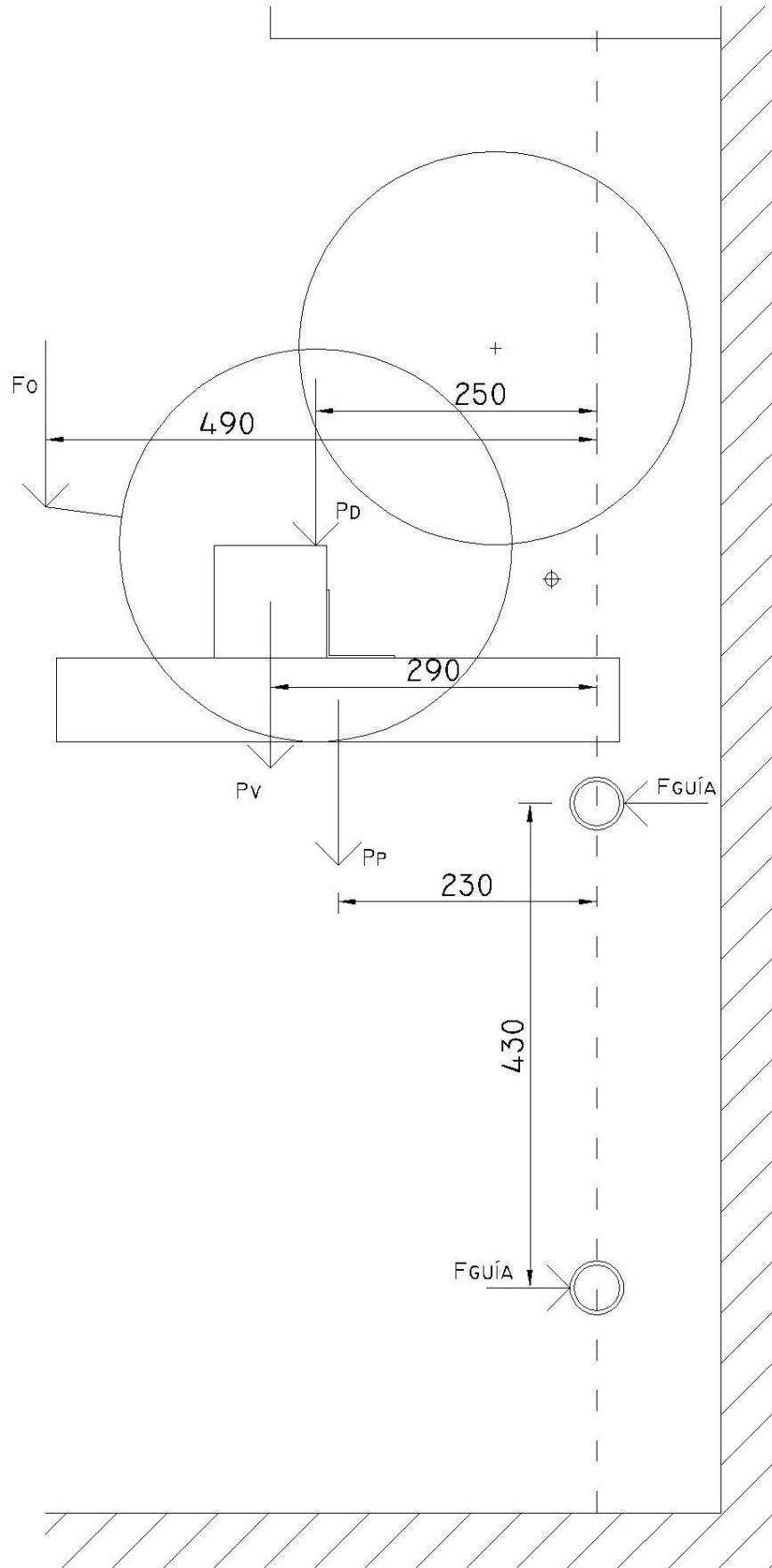


Figura 1.4.8 – Diagrama de fuerzas actuantes sobre la plataforma

Donde:

P_v : mitad del peso de la varilla de mayor peso a cortar (caño cuadrado de 100 x 100 x 3,2 mm de espesor) [kg]

P_P : peso de la plataforma [kg]

P_D : peso de la sensitiva [kg]

F_o : fuerza máxima ejercida por el operario [N]

F_G : fuerza ejercida por una rueda sobre el centro del vano [N]

La fuerza ejercida por el operario no es un parámetro fijo, este varía de acuerdo al tipo de perfil a cortar, en los casos donde el arco de contacto entre el disco y el perfil se hace mayor al 10 % del diámetro del disco, esto es 35 mm, suele cristalizarse la superficie cortante, siendo necesario imponer enviones para promover el desprendimiento de granos y contar con otros nuevos. Por este motivo y para cubrir la posibilidad de un esfuerzo desmedido por el operario es que se impone un valor alto para esta fuerza.

$$F_G = \left(\frac{P_v \cdot 290 + P_p \cdot 230 + P_d \cdot 250}{430} \right) \cdot g + \frac{F_o \cdot 490}{430} = 734 \text{ N} \quad (1.4.1)$$

Donde:

$P_v = 30 \text{ kg}$

$P_P = 20,3 \text{ kg}$

$P_D = 15,4 \text{ kg}$

$F_o = 300 \text{ N}$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

La figura 1.4.9 muestra la deformación lateral de la guía en el momento de mayor carga, este es mientras se realiza el corte con las hipótesis antes mencionadas, donde por efecto de la posible desalineación una sola rueda ejerce la fuerza total en el centro del vano entre soportes y la condición de empotrado en los vínculos.

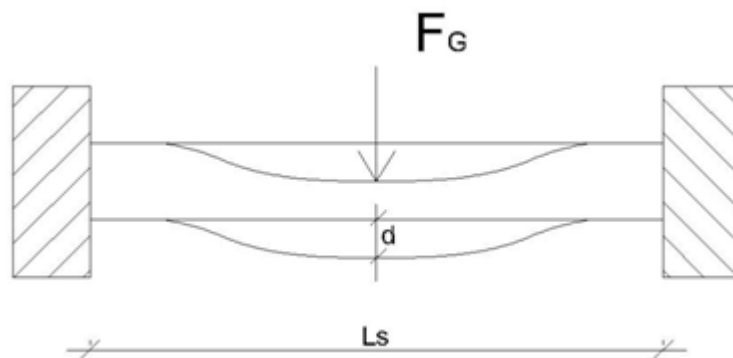


Figura 1.4.9 – Deformación lateral de la guía en el momento de mayor carga

Siendo:

L_s : largo del vano

d : desplazamiento lateral de la guía

El largo del vano se obtiene despejando de la ecuación de flecha máxima, para pequeños desplazamientos y las condiciones establecidas:

$$d = \frac{F_G \cdot L_s^3}{192 \cdot E \cdot I} \quad (1.4.2)$$

Siendo:

E: módulo de elasticidad = 193.000 N/ mm²

I: momento de inercia de la sección = 127.084 mm⁴

Resultando

$$L_s = 862 \text{ mm}$$

Para lograr una disposición equidistante y además conservadora se adopta un vano de 780 mm con los soportes extremos a una distancia de 50 mm del final de la guía.

$$L_{sa} : \text{Largo del vano adoptado} = 780 \text{ mm}$$

1.5 TRANSMISIÓN DEL MOVIMIENTO

Existen varias maneras para mover una plataforma con un motor, la decisión depende de varios factores como, el esfuerzo máximo, la distancia a recorrer, la velocidad, la precisión esperada y por supuesto la simplicidad de construcción.

La velocidad de avance es un parámetro que debe imponerse y a partir de este determinar la relación de transmisión entre las revoluciones del motor y el avance de la plataforma. Se impone un tiempo de 10 segundos para que la plataforma se desplace los 3000 mm entre extremos del movimiento, determinando por lo tanto una velocidad de avance de 300 mm/s. Se debe tener en cuenta también que los motores pap tienen un rango de revoluciones acotado a no más de 500 rpm dado que a partir de este valor el torque de salida cae significativamente.

En cuanto a la precisión, para el armado de bastidores y columnas con uniones soldadas por medio de electrodos revestidos, donde uno de sus lados es de más de 2 metros, es aceptable una diferencia máxima entre varillas de 1 mm, sin embargo es de buena técnica disminuir, dentro de las posibilidades prácticas y económicas, el error a una medida imperceptible, por lo que se impone un error de posicionamiento de 0,1 mm.

Las opciones para el sistema de transmisión son:

Piñón y cremallera dentada.

Piñón y cadena de rodillos.

Tornillo de movimiento o husillo.

Las dos primeras implican que el motor se encuentre solidario a la plataforma que se desplace y necesariamente reducir la velocidad de salida mediante una caja reductora o juego de poleas para lograr la precisión esperada y obtener un buen torque de detención. El tornillo de movimiento, en cambio, permite acoplar en forma directa el eje del motor, sin caja reductora, debido a que es posible elegir el paso del mismo, en cuanto a la precisión, los de bolas recirculante aseguran un juego axial de 0.05 mm cumpliendo de manera holgada la precisión esperada. Otra ventaja de este

es que el motor se fija a la estructura de las guías, evitando así, el cableado flexible. Por los motivos antes mencionados se elige el tornillo de bolas recirculantes como medio de tracción.

1.6 TORNILLO DE MOVIMIENTO O HUSILLO

[5]

El primer parámetro a determinar para la selección del husillo es el paso del mismo, indicado en milímetros de avance por cada revolución, como se pretende acoplar el motor en forma directa, sin reducción ni multiplicación, las revoluciones máximas que este puede alcanzar determinarán el paso mínimo para lograr la velocidad de avance impuesta. Una vez asignado el paso se corrobora con los gráficos provistos por el fabricante que las revoluciones estén por debajo de las críticas para el diámetro y largo del husillo correspondiente. Se calcula el paso para dos números de revoluciones, 400 rpm y 500 rpm, en donde el torque del motor PAP mantiene un valor aceptable.

$$P = \frac{V_a}{N_a} \quad (1.6.3)$$

Donde:

P: paso del husillo

V_a: velocidad de avance = 300 mm/s

N_a: revoluciones por segundo

Para 400 rpm:

$$P = 45 \text{ mm/rev}$$

Para 500 rpm:

$$P = 36 \text{ mm/rev}$$

El valor de paso disponible, para husillo de bolas recirculantes dentro del rango calculado es de 40mm/rev, que posee un diámetro exterior de 40 mm, con este paso se logra la velocidad de avance impuesta y se mantienen las revoluciones del motor pap en 450 rpm, dentro del rango aceptable. El largo del husillo será de 3500 mm, que es la suma del recorrido útil y el sobre recorrido. Utilizando la figura 1.6.10, provista por el fabricante, con el largo y diámetro del husillo se determina el tipo de montaje, de manera que mantenga las revoluciones de funcionamiento por debajo de las críticas. Los datos para determinar esto son:

Dh: diámetro del husillo = 40 mm

Lh: largo del husillo = 3,5 m

Ingresando en la figura 1.6.10 con Lh, interceptando la curva del Dh y generando a partir de este punto una recta horizontal, se cruzan las revoluciones críticas para los diferentes modos de montaje en los extremos. Se observa que en los dos primeros modos, esto es apoyado-libre y apoyado-apoyado, las revoluciones de funcionamiento se encuentran por encima de las críticas, los modos que cumplen la condición son apoyado-empotrado y empotrado-empotrado, se verifica el primero de estos por ser el más simple y económico afectándolo por el factor 0,8, resultando:

$$R_a = 0,8 \cdot R_c = 472 \text{ rev/min} \quad (1.6.4)$$

Donde:

R_c : revoluciones críticas = 590 rpm

R_a : revoluciones admisibles de servicio

Dado que para esta disposición, apoyado-empotrado las revoluciones de funcionamiento que son 450 rpm, están por debajo de las revoluciones admisibles, se determina este como tipo de montaje.

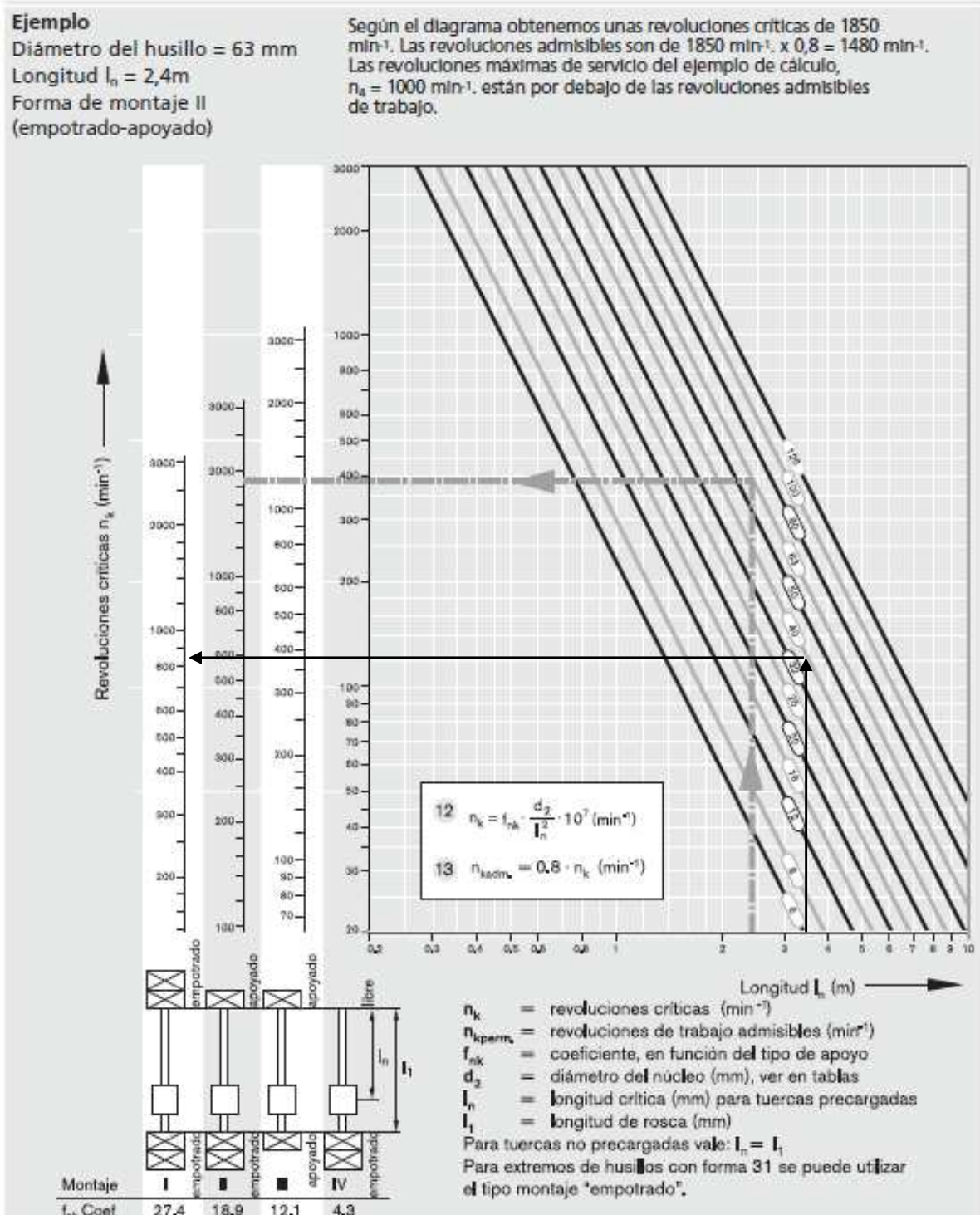


Figura 1.6.10 – Revoluciones críticas de husillos de bolas recirculantes

Se determina también, mediante la figura 1.6.11, la carga axial admisible teórica y se la afecta por el factor 0,5, según recomendación del fabricante. Esta será corroborada una vez determinado el esfuerzo de trabajo en el siguiente apartado.

$$F_a = 0,5 \cdot F_k = 11 \text{ kN} \quad (1.6.5)$$

Donde:

F_k : carga axial del husillo = 22 kN

F_a : carga axial admisible de servicio

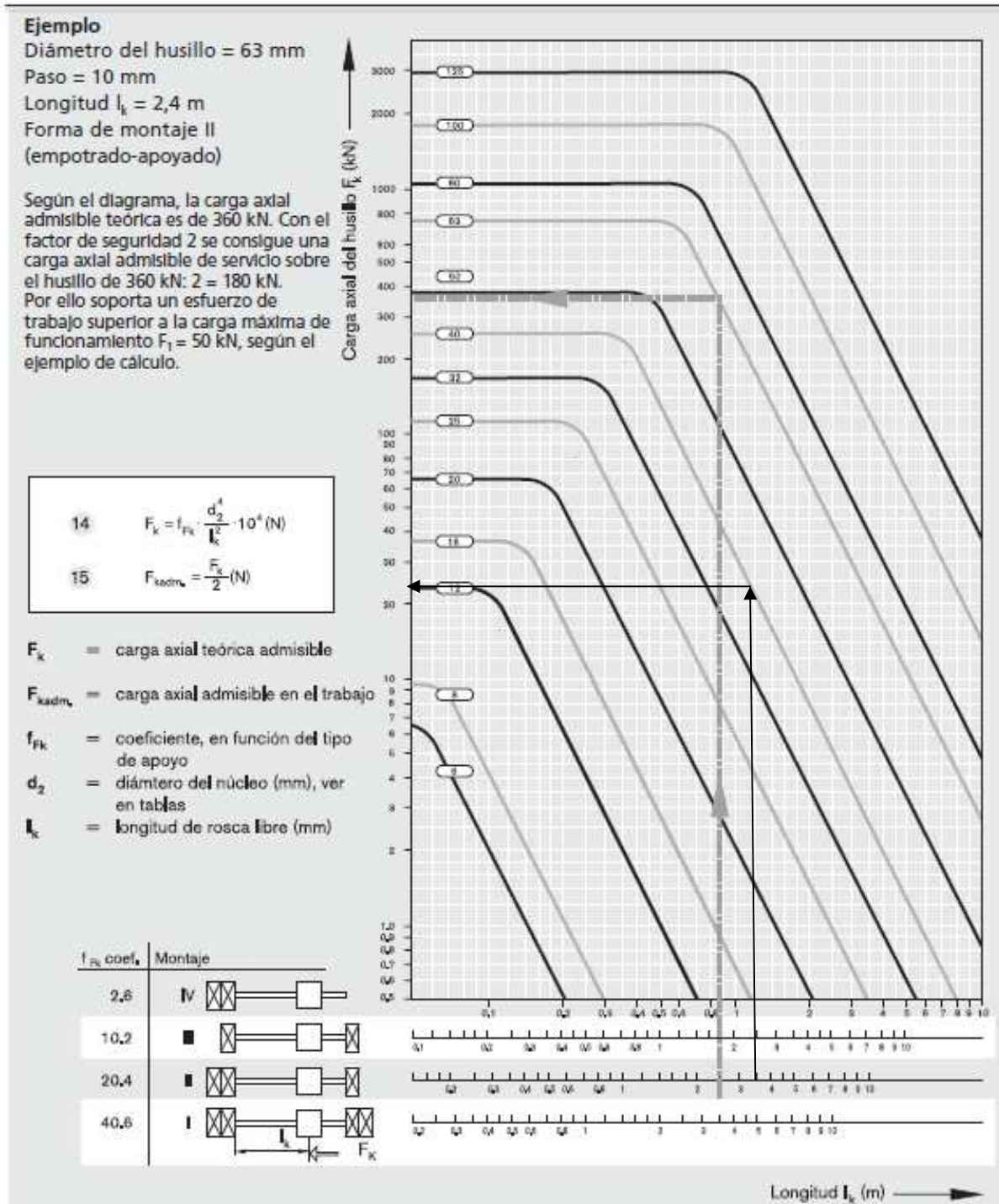


Figura 1.6.11 – Esfuerzo admisible de husillos de bolas recirculantes

1.7 RESISTENCIA AL AVANCE

[6]

Con el objetivo de determinar el tamaño del motor, es decir, el torque necesario para propulsar la plataforma, se tienen en cuenta las fuerzas de roce posibles entre las ruedas y las guías, el roce entre la varilla de mayor tamaño a cortar y la plataforma, y la aceleración que se le impone para llegar a la velocidad de avance. El momento o torque total se obtiene de la siguiente expresión:

$$Mm = Mc + Ma \quad (1.7.6)$$

Donde:

$$Mc = Fct \cdot \left(\frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + \mu h \cdot Rh \right) \quad (1.7.7)$$

Y

$$Fct = Frv + Frp \quad (1.7.8)$$

Siendo:

Mm: Torque del motor

Mc: Torque ejercido por la suma de las cargas

Ma: Torque necesario para acelerar el conjunto de cero hasta la *Va*

Fct: Fuerza ejercida por la carga en dirección axial al husillo

Frv: Fuerza de roce de la varilla de mayor tamaño

Frp: Fuerza de roce entre guías y ruedas

$\mu h \cdot Rh$: Roce tangencial debido al perfil del filete o canaleta

η : Rendimiento del husillo

$\mu h \cdot Rh = 0,00015 \text{ m}$ (para tornillos de bolas recirculantes)

$\eta = 0,9$ (para tornillos de bolas recirculantes)

Como se mencionó la varilla de mayor tamaño a cortar es un tubo cuadrado de 100 x 100 x 3,2 mm de espesor, el que en las condiciones más desfavorables apoya la mitad de su peso sobre la plataforma, imponiendo una fuerza de roce contraria al movimiento de:

$$Frv = (Pv \cdot \mu a) g = 218 \text{ N} \quad (1.7.9)$$

Donde:

μa : coeficiente de fricción acero-acero = 0,74

Para determinar *Frp*, utilizando la figura 1.4.8, se suman las cargas que ejercen presión sobre el conjunto de guías y patines, en donde no se tiene en cuenta la *Fo* por no actuar durante el movimiento de la plataforma, cambia también, la distancia de aplicación del peso del disco a 90 mm y se determina en estas nuevas condiciones, el esfuerzo lateral de las guías (*FGo*).

$$F_{GO} = \left(\frac{Pv \cdot 290 + Pp \cdot 230 + Pd \cdot 90}{430} \right) \cdot g = 336 \text{ N} \quad (1.7.10)$$

También se tiene en cuenta la fuerza de contacto vertical, ejercida por el peso del conjunto, en donde se incluye el peso de los patines y ruedas, resultando:

$$F_{Gv} = (P_v + P_p + P_d + P_r) \cdot g = 1066 \text{ N} \quad (1.7.11)$$

Donde:

F_{Gv} : fuerza vertical sobre guías

P_r : peso de patines y ruedas = 43 kg

Antes de continuar con las fuerzas de contacto, es necesario realizar un breve análisis respecto del perfil circular, elegido como sistema de guía.

En este tipo de perfil, la condición de rodadura sin roce se verifica solo en el plano medio de la rueda, por lo que la boca de esta debe ser de un diámetro mayor que el de la guía (D_e) para evitar el roce excesivo y se construye en Derlin (material termoplástico cristalino de alta rigidez y baja fricción sobre acero). El diámetro de la boca será un 5% mayor que el de la guía.

$$D_b = 1,05 \cdot D_e = 50,7 \text{ mm}$$

Donde:

D_b : diámetro de la boca de la rueda

D_e : diámetro exterior del caño guía

A pesar de que con estas condiciones no existirá roce, siempre que la alineación del conjunto sea la adecuada, se calcula el par resistente debido a un desgaste moderado de las ruedas, que ocasione una desviación tal, en la que el roce del perfil sea el 50% del correspondiente al del contacto completo de la boca de la rueda. Determinando así un coeficiente debido al desgaste igual a:

$$K_d: \text{coeficiente debido al desgaste} = 0,5$$

Como muestra la figura 1.6.12, se determina otro coeficiente (K_f) que promedia el roce debido a la forma del perfil de contacto.

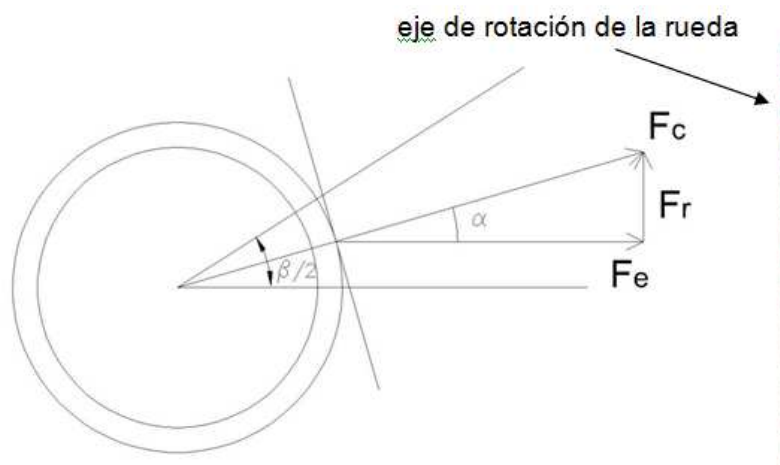


Figura 1.7.12 – Relación entre fuerza efectiva y de roce debido a la forma del perfil

Donde:

β : Ángulo de abrace de la rueda = 65°

α : $\beta/4$

F_c : Fuerza de contacto

F_r : Fuerza de roce

F_e : Fuerza efectiva

$$K_f = \frac{F_r}{F_e} = 0,33 \quad (1.7.12)$$

Siendo:

$$F_r = F_e \operatorname{tg} \alpha$$

Realizado el análisis se determina la fuerza de roce debida al contacto entre guías y ruedas.

$$F_{rp} = K_d \cdot K_f \cdot \mu_D \cdot (F_{GO} + F_{GV}) = 104 \text{ N}$$

Donde:

μ_D = coeficiente de fricción delrin-acero = 0,45

Utilizando la expresión 1.7.8, se obtiene la fuerza total de la carga.

$$F_{ct} = 322 \text{ N}$$

De la expresión 1.7.6 se obtiene el par resistente de la carga.

$$M_c = 2,32 \text{ Nm}$$

El par necesario para acelerar la carga, M_a , se obtiene imponiendo el tiempo que demora el conjunto en llegar a la V_a , teniendo en cuenta la inercia de las masas en movimiento y que la aceleración es constante desde cero hasta V_a .

$$M_a = (I_r + I_t) \cdot \dot{\alpha} \quad (1.7.13)$$

$$I_r = I_h + I_m \quad (1.7.14)$$

$$I_t = m \cdot \left(\frac{P}{2 \cdot \pi} \right)^2 \quad (1.7.15)$$

Donde:

P : paso del husillo

I_r : Momento de inercia de masas rotantes

I_t : Momento de inercia debido a las masas en movimiento lineal

I_h : Momento de inercia del husillo

I_m : Momento de inercia del rotor del motor

m : Masa total de la plataforma

á: Aceleración angular impuesta

Se impone un tiempo de 1 segundos para que la plataforma alcance Va, con este valor y teniendo en cuenta que á es constante, se determina su valor.

$$\acute{\alpha} = \left(\frac{Na}{1 \text{ s}} \right) = \left(\frac{7,5 \text{ rev/s} \cdot 2\pi \text{ rad/rev}}{1 \text{ s}} \right) = 15\pi \text{ rad/s}^2 \quad (1.7.16)$$

Como todavía no está definido el motor PAP a utilizar, se toma la inercia del rotor de un motor, cuyo par se encuentra en el orden de Mc.

$$I_m = 0,00055 \text{ kg m}^2$$

$$I_h = \frac{\pi \cdot Rh^4}{2} \cdot Lh \cdot \gamma = 0,0069 \text{ kg m}^2 \quad (1.7.17)$$

Donde:

Rh = Radio del husillo = 0,02 m

γ = Densidad del acero = 7850 kg/m³

De la expresión 1.7.14 se obtiene:

$$I_r = 0,0075 \text{ kg m}^2$$

La masa total en movimiento será:

$$m = (P_p + P_d + P_r) = 78,7 \text{ kg}$$

Por lo tanto

$$I_t = 0,0032 \text{ kg m}^2$$

Con los valores obtenidos y la expresión 1.7.13 se determina el par que necesita el motor para acelerar la carga.

$$M_a = 0,51 \text{ Nm}$$

El par total a vencer por el motor será, según la expresión 1.7.6:

$$M_m = 2,83 \text{ Nm}$$

1.8 MOTOR PAP

[7] [8] [9]

Para aplicaciones donde se requieren movimientos controlados y precisión de posicionamiento se utilizan dos tipos de motores, los servos y los paso a paso. Los servos son motores de corriente alterna o continua, cuyas ventajas radican en mantener un buen torque de salida a altas revoluciones y ser controlados a lazo cerrado, para esto se ubica un encoder en el eje del motor el cual envía los pulsos a la electrónica que ajusta la posición comparando con las instrucciones recibidas, para mantenerse enclavados necesitan de un freno mecánico, estas características hacen que el conjunto de motor y control resulte significativamente más caro que los paso a paso. Los motores a pasos en cambio poseen la ventaja, por su forma de funcionamiento, que pueden ser controlados a lazo abierto y mantenerse por sí

mismos enclavados en una posición, su desventaja principal es el acotado rango de revoluciones en el que entrega un torque útil, siendo prácticamente nulo a partir de las 1000 rpm.

Para este trabajo, teniendo en cuenta que está dirigido a pequeños y medianos talleres donde el costo es un factor determinante para la efectiva realización del proyecto y además, que actualmente están disponibles motores paso a paso con un torque suficiente e inclusive superior al necesario, se elige este último para propulsar el husillo.

Existen tres tipos de motores a pasos, los de imán permanente, de reluctancia variable y los híbridos, estos últimos son una combinación de los dos anteriores por lo que comparten sus principales características y fundamentalmente sus ventajas. Para el uso en maquinaria con CNC se utilizan los motores híbridos, que a diferencia de los de reluctancia variable poseen un alto par de mantenimiento cuando se encuentran detenidos, lo que permite mantener la posición sin pérdida de pasos, además de una frecuencia de trabajo y número de pasos mayor que los de imán permanente. Con el objetivo de comprender su funcionamiento y seleccionar correctamente dicho motor y su control se describe a continuación la forma constructiva y sus características principales.

El motor híbrido está formado por un estator dentado y un rotor de tres partes como muestra la figura 1.8.13. El rotor de apilado simple está compuesto por dos cilindros dentados separados en sentido axial por un imán permanente que genera la polarización de los mismos, los cilindros se encuentran dispuestos con los dientes de polos opuestos desfasados en una mitad de un salto de diente para disminuir el ángulo entre pasos y consecuentemente proveer una mayor resolución.

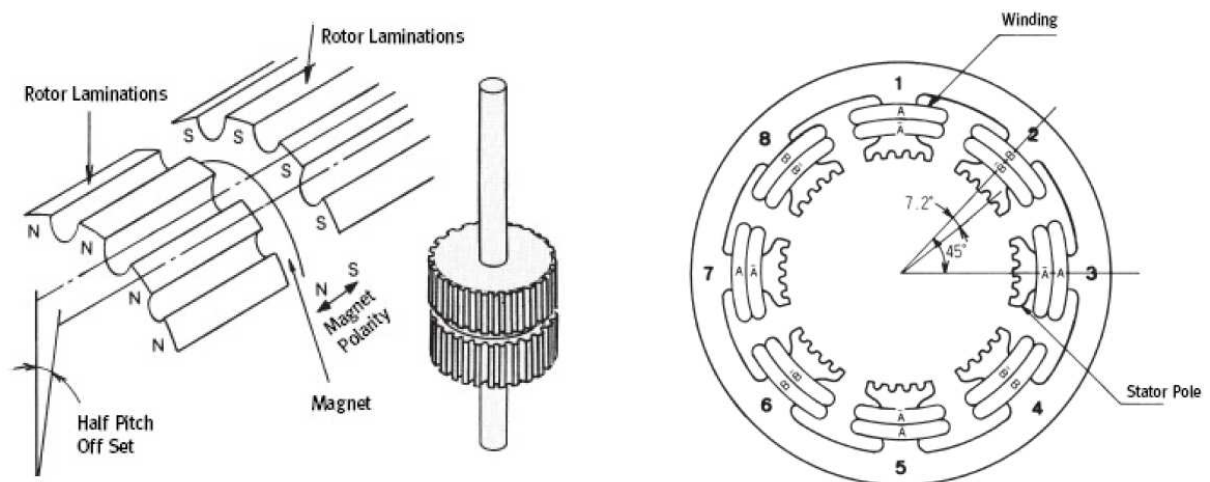


Figura 1.8.13 – Rotor y estator de un motor paso a paso híbrido

Con esta disposición, combinando la alimentación de las bobinas y su polaridad se logran pasos de un cuarto del salto entre dientes. La figura 1.8.14 permite explicar cómo, en un motor de 8 polos y 50 dientes, conmutando la alimentación entre las bobinas pares e impares e invirtiendo el sentido del flujo de corriente en las mismas pueden obtenerse 200 pasos por revolución. Partiendo del paso 1 (step 1) en el que se encuentran energizadas las bobinas impares, de manera que se genera polo norte (N) en los polos 1 y 5 del estator y polo sur (S) en los polos 3 y 7 con lo que se alinean los dientes del estator con los del rotor de la carga apropiada. Luego en el paso 2 se excitan las bobinas pares, de forma que se genera polo norte en 2 y 6, y sur en 4 y 8 entonces el rotor buscando alinear los dientes más próximos a los del

estator, gira un ángulo que se corresponde a un cuarto del paso de los dientes. En el paso 3, se alimentan nuevamente las bobinas impares con la polaridad invertida respecto del paso 1, se genera polo N en 3 y 7 y polo S en 1 y 5 girando el rotor otro cuarto de paso. De manera análoga al paso 3, para el paso 4 se alimentan nuevamente las bobinas pares con la polaridad invertida respecto del paso 2. Así de este modo, con un número bajo de bobinas se pueden obtener pasos muy chicos aumentando significativamente la resolución.

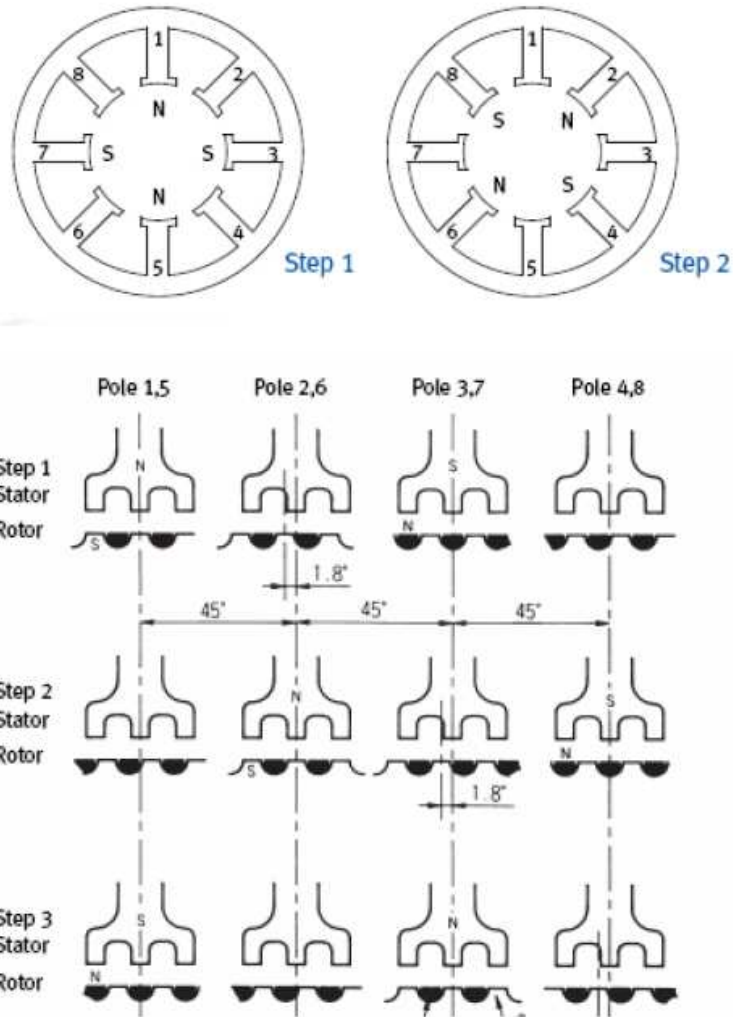


Figura 1.8.14 – Secuencia y polarización de las bobinas de un motor a pasos híbrido

Las características del comportamiento dinámico del motor, que relacionan el torque y la velocidad, permiten seleccionarlo de acuerdo a las condiciones esperadas de servicio, el par que genera tiene que ser suficiente para arrastrar las cargas a las que está sometido, en secuencias de aceleración, desaceleración o trabajando a velocidad constante. La elección se lleva a cabo basándose en las curvas de par-velocidad que deben ser provistas por el fabricante. La zona de trabajo del motor la determina dos curvas como muestra la figura 1.8.15.

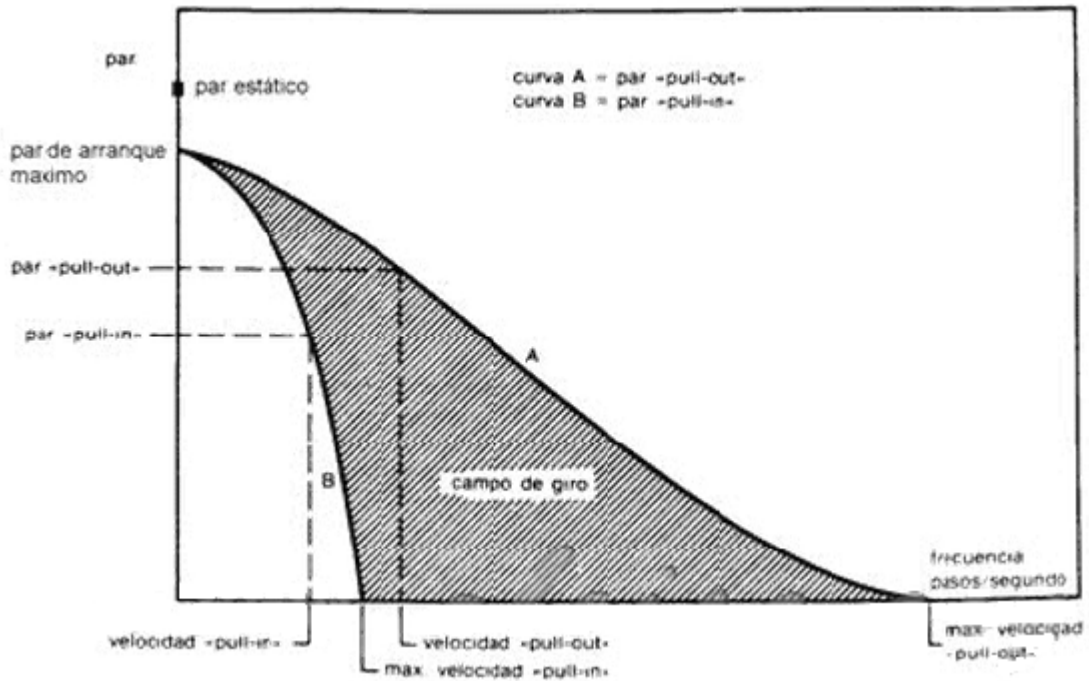


Figura 1.8.15 – Curvas de características dinámicas de un motor a pasos

La primera curva, denominada pull in, indica el par de arranque o parada sin pérdida de pasos en función de la velocidad con el motor en estado de reposo, sus extremos representan la máxima frecuencia y máximo par de arranque. Para que el motor pueda arrancar, se tiene que confrontar la curva de arranque “pull in” con el par resistente del sistema y obtener la frecuencia máxima de arranque, por encima de ésta el par que entrega el motor es inferior al de la carga, quedando bloqueado. La segunda curva, denominada pull out, establece el par máximo y la frecuencia máxima de trabajo. Si la relación par-frecuencia cae a la derecha de la curva el rotor pierde el sincronismo del campo magnético generado por la excitación, provocando la pérdida de pasos o el paro completo, dejando el motor en un estado de oscilación sin movimiento. Las curvas pull in y pull out delimitan el área de aceleración y desaceleración conocida como campo de giro o zona de arrastre.

En la actualidad los fabricantes de motores paso a paso, solo ofrecen la curva pull out, esto es debido a que los software de control permiten configurar la rampa de velocidad, logrando un arranque a una tasa muy baja de pulsos en la que las dos curvas están muy próximas, además el motor se elige con un torque superior al de la carga esperada, por lo que estas dos particularidades aseguran el arranque en condiciones de par-frecuencia que caen a la izquierda de la curva pull in.

Las curvas de par-frecuencia presentan una serie de inestabilidades en las zonas de bajas frecuencias, de 10hz a 100hz, variando según el tipo de motor. La figura 1.8.16 muestra los denominados dips, valles o inclinaciones hacia abajo de la curva característica pull out. Estos ocurren debido a la resonancia mecánica que experimenta el motor a estas frecuencias, pudiendo variar por la acción de la carga del sistema mecánico que esté acoplado al eje. Estos valles producen una disminución drástica del par generado por el motor incluso la anulación total, provocando el paro de éste con cargas mínimas o trabajando en vacío. Otro tipo de inestabilidades son las denominadas island, islas que forman parte de la curva pull in. En estas zonas el motor no es capaz de arrancar y se pone a oscilar mientras tenga aplicado al eje un mínimo par de fricción.

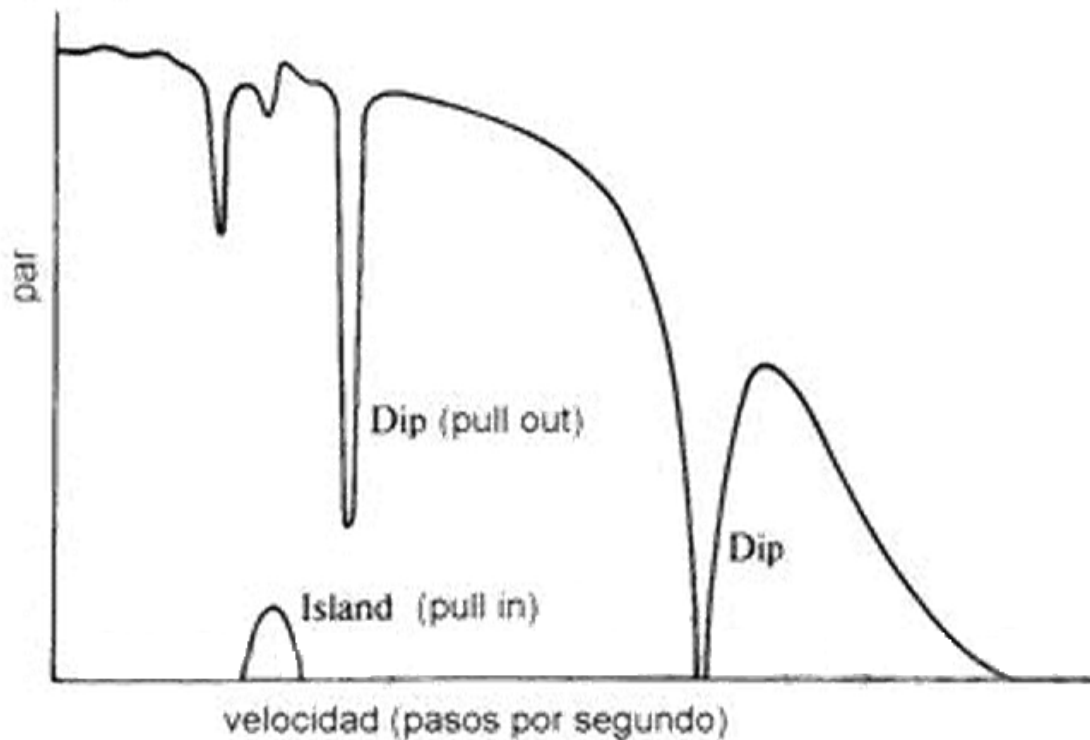


Figura 1.8.16 – Dips y islands de las curvas pull out y pull in

Una forma de solucionar este problema es hacer trabajar al motor con pasos intermedios, comúnmente llamado medio paso o mejor en micropasos, en estos modos de operación, mediante el driver que maneja la corriente del motor se traspasa la corriente de una bobina a otra en forma gradual, de esta manera el movimiento del rotor no es incremental paso a paso con saltos angulares bruscos, sino que es prácticamente lineal, eliminándose las resonancias mecánicas que causan los problemas de inestabilidad. Estos modos de operación son contemplados por los fabricantes y actualmente se encuentran disponibles drivers para alimentar motores pap, con la posibilidad de configurar la cantidad de pasos intermedios simplemente modificando la posición de un conjunto de interruptores.

Como se mencionó anteriormente estos motores tienen la particularidad, manteniendo energizadas sus bobinas, de mantener la posición cuando se encuentran detenidos sin necesidad de un freno mecánico, el par resistente que ofrecen en esta condición se lo llama par de retención o en inglés Holding Torque y es por medio del cual se denominan dado que es el único valor constante, es decir un motor pap de 8 Nm indica que tiene un par de retención de 8 Nm.

Si bien es posible seleccionar motor y driver por separado, solo teniendo en cuenta el consumo de corriente, es conveniente utilizar el driver con el que fue obtenida la curva pull out para asegurar que esta refleje las prestaciones reales del conjunto. Esta curva depende, no solo de la corriente proporcionada por el driver, sino también fuertemente de la tensión de alimentación del mismo, a mayor tensión mayor torque a altas revoluciones.

Como en cualquier aplicación donde se propulsa una carga, debe seleccionarse un motor que proporcione un par superior al requerido, de modo que trabaje con cierta holgura y contar con un porcentaje extra de par que solvete resistencias al avance no previstas. Este porcentaje extra se determina de acuerdo a varios

factores como el impacto sobre el costo, la experiencia en la aplicación en la que se va a utilizar y los motores disponibles comercialmente.

Para la selección se relevaron las curvas pull out de varios motores a pasos, los primeros en evaluarse fueron de la firma Fullingmotor, cuyo torque se encuentra dentro del rango buscado, esto es 3 Nm en adelante. Esta marca la distribuyen Lineartec en la ciudad de Buenos Aires y Machinet en la ciudad de Córdoba. La figura 1.8.17 extraída del manual de la firma, muestra el formato de estos motores junto a sus especificaciones.



Item	Specifications
Step Angle	1.8°
Step Angle Accuracy	±5% (full step, no load)
Resistance Accuracy	±10%
Inductance Accuracy	±20%
Temperature Rise	80° C Max. (rated current, 2 phase on)
Ambient Temperature	-20° C ~ +50° C
Insulation Resistance	100MΩ Min., 500VDC
Dielectric Strength	820VAC, 1s, 3mA
Shaft Radial Play	0.02Max. (450 g-load)
Shaft Axial Play	0.08Max. (450 g-load)
Max. radial force	220N (20mm from the flange)
Max. axial force	60N

● Size 86mm High Torque Hybrid Stepping Motor Specifications

Model No.		Current /Phase	Resistance /Phase	Inductance /Phase	Holding Torque (Bipolar)	# of Leads	Rotor Inertia	Weight	Detent Torque	Length
Single Shaft	Double Shaft	A	Ω	mH	Kg.cm	#	g-cm ²	kg	kg-cm	mm
FL86STH65-5904A	FL86STH65-5904B	5.9	0.28	1.7	34	4	1000	1.7	0.8	65
FL86STH65-2808A	FL86STH65-2808B	2.8	1.4	3.9	34	8				
FL86STH80-5504A	FL86STH80-5504B	5.5	0.46	4	46	4	1400	2.3	1.2	80
FL86STH80-4208A	FL86STH80-4208B	4.24	0.75	3.4	46	8				
FL86STH118-6004A	FL86STH118-6004B	6	0.6	6.5	87	4	2700	3.8	2.4	118
FL86STH118-4208A	FL86STH118-4208B	4.2	0.9	6	87	8				
FL86STH156-6204A	FL86STH156-6204B	6.2	0.75	9	122	4	4000	5.4	3.6	156
FL86STH156-4208A	FL86STH156-4208B	4.2	1.25	8	122	8				

Figura 1.8.17 – Especificaciones de los motores Fullingmotor

En la curva pull out, el torque que entrega el motor se encuentra expresado en función de la velocidad de giro, en pulsos por segundos, revoluciones por segundo y en otros casos en revoluciones por minuto, a continuación se expresa la velocidad de giro en las distintas unidades teniendo en cuenta que estos motores son de 200 pulsos por revolución.

$$Na: 7,5 \text{ rps} = 450 \text{ rpm} = 1500 \text{ pps}$$

Las figuras 1.8.18 a 1.8.21 muestran las curvas de torque de los motores analizados.

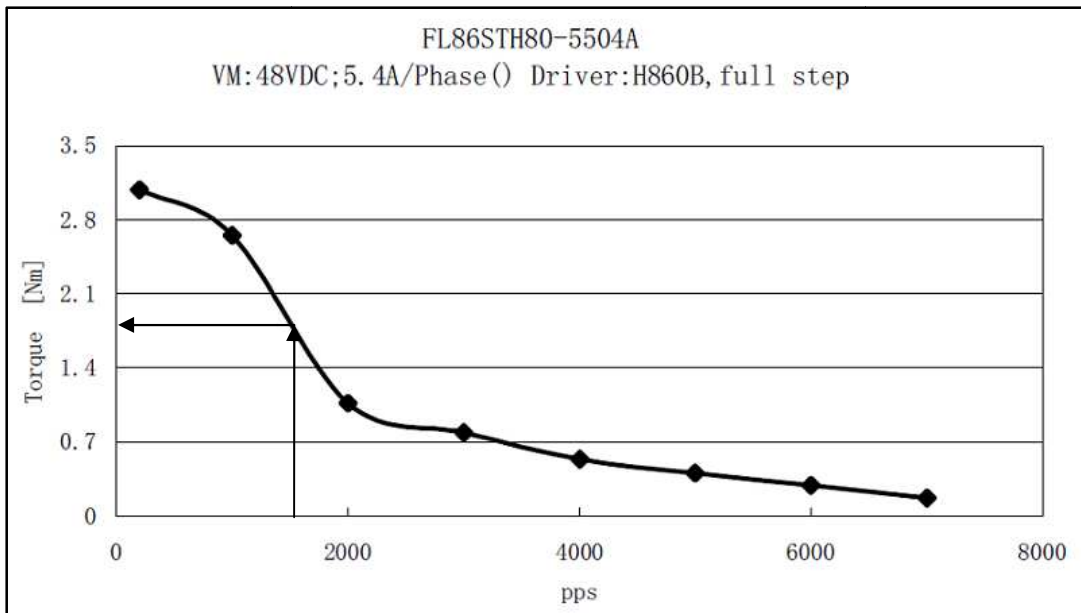


Figura 1.8.18 – Curva pull out del motor Fullingmotor FL86STH80-5504A

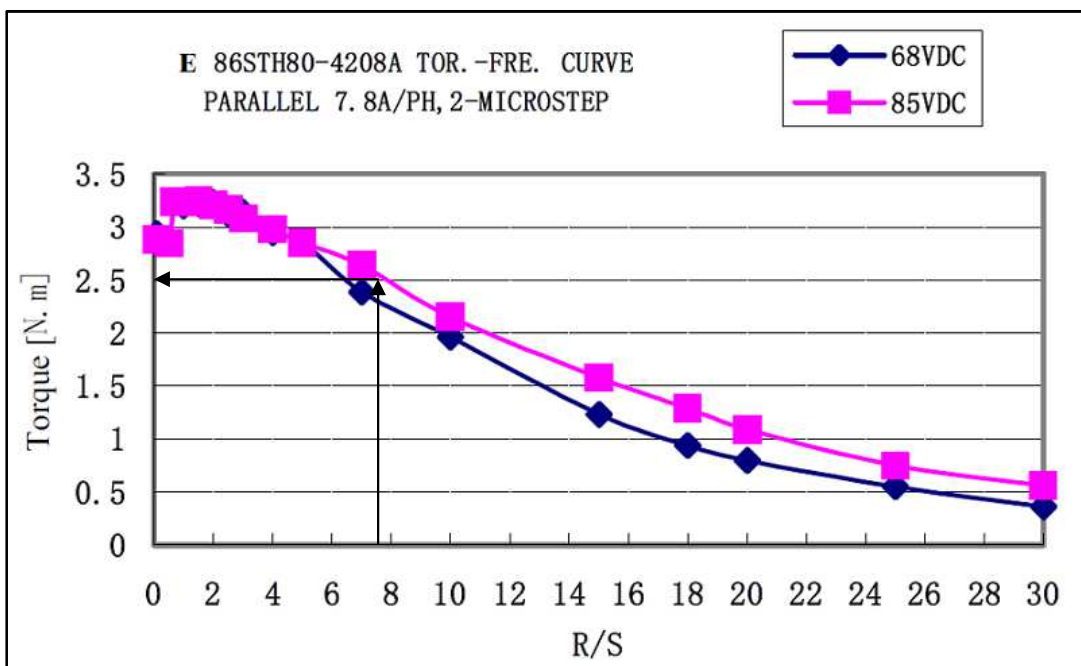


Figura 1.8.19 – Curva pull out del motor Fullingmotor FL86STH80-4208A

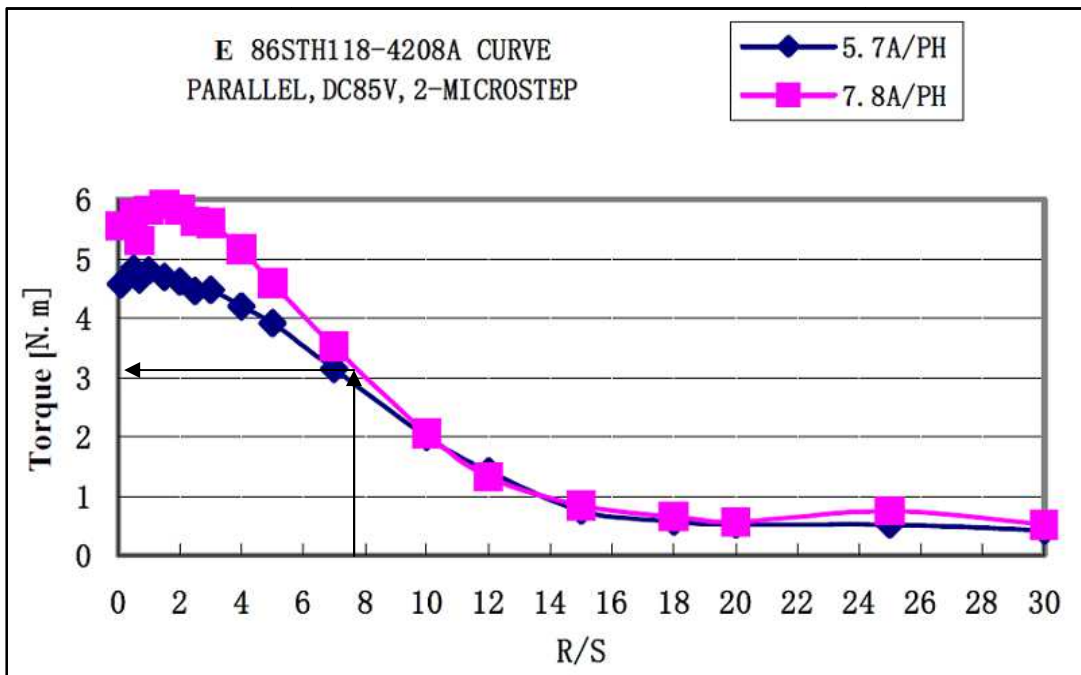


Figura 1.8.20 – Curva pull out del motor Fullingmotor FL86STH118-4208A

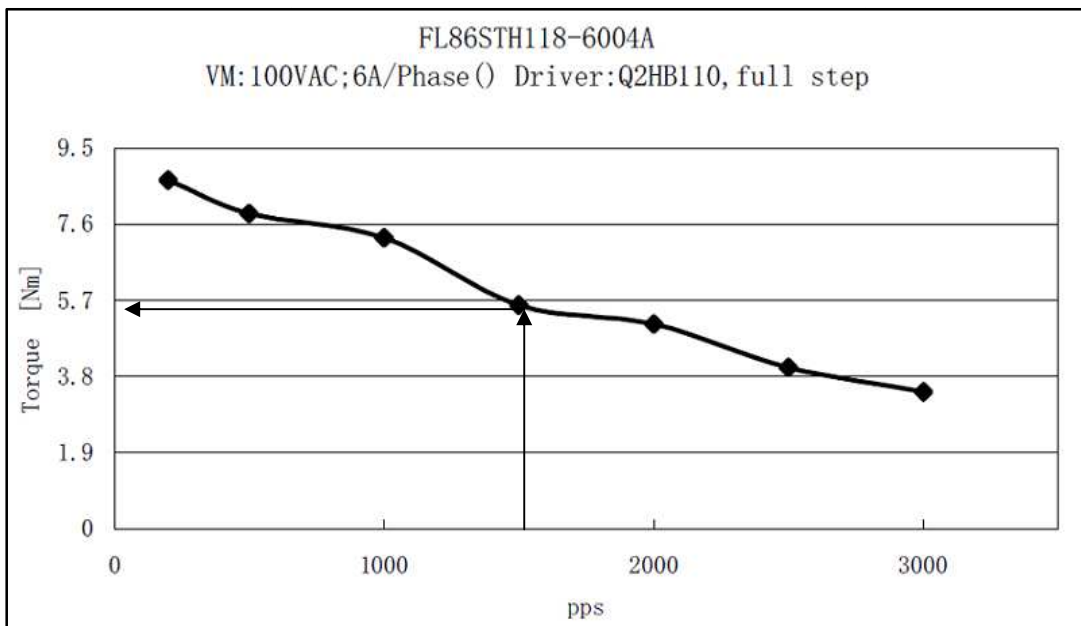


Figura 1.8.21 – Curva pull out del motor Fullingmotor FL86STH118-6004A

El par calculado es de 2,86 Nm que a los fines de seleccionar el motor se puede redondear en 3 Nm. Se observa en las dos primeras curvas, figuras 1.8.18 y 1.8.19, que el torque proporcionado por el motor a las revoluciones de trabajo resulta insuficiente, por lo que se descartan. En la tercera curva, figura 1.8.20, el torque es aproximadamente de 3,2 Nm el que supera por muy poco al requerido. La cuarta curva, figura 1.8.21, lo supera ampliamente brindando aproximadamente 5,5 Nm, resultando 92 % mayor al calculado por lo que es el adecuado, por falta de un tamaño intermedio, para propulsar la plataforma.

Al momento de efectuar la compra surgió el inconveniente que ninguno de los proveedores ofrecen el driver con el que se evaluó la respectiva curva, de manera que ésta no refleja ciertamente las prestaciones del conjunto de motor y driver, por ese motivo se continuó la búsqueda de proveedores.

De consultas realizadas a un fabricante de routers cnc de la ciudad de Córdoba, Esteban Castell, se contactó al representante oficial en la Argentina de la firma Leadshine, fabricante de insumos para maquinaria cnc. Esta firma ofrece un nuevo producto dentro de los encuadrados en los motores a pasos, se denomina servo fácil y consiste en un motor a pasos con encoder acompañado de un driver capaz analizar y corregir la pérdida de pasos, en caso de que no sea posible la corrección detiene el funcionamiento y energiza una salida para utilizarla como señal de error.

Estos motores se encuentran disponibles en tres tamaños, el de menor torque es de 8Nm que cumple ampliamente los requerimientos para este trabajo y su curva pull out se muestra en la figura 1.8.22.

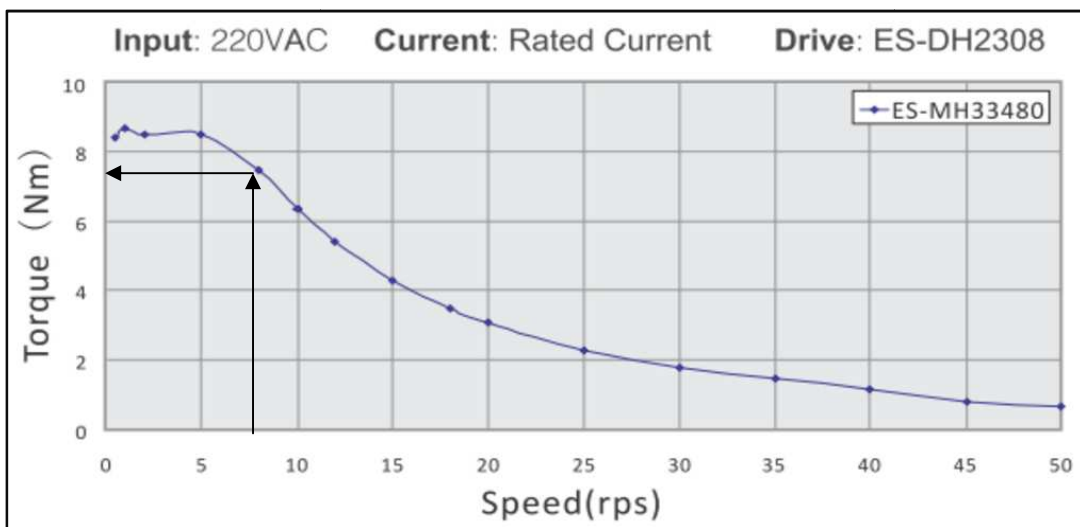


Figura 1.8.22 – Curva pull out del motor Leadshine ES-MH33480

El par que ofrece este motor a las revoluciones de trabajo es de 7,5 Nm aproximadamente, lo que representa un 150 % superior al calculado, este excedente permite disminuir el calentamiento del motor ya que el driver ajusta en forma automática el nivel de corriente acorde la carga. Además debido a que la tensión de alimentación del driver es de 220 vca no es necesario adicionar una fuente para el mismo conectándose directamente a la red, por este motivo el incremento del 20 % en el costo respecto del sistema a pasos tradicional es absorbido.

Las ventajas técnicas antes mencionadas y la existencia de un representante oficial en nuestro país, hacen que sea el motor elegido para propulsar la plataforma. La figura 1.8.23 muestra las especificaciones de dicho motor.

Corte de varillas de hierro por control numérico
Diego Echarry

Model	Phase	Step Angle (°)	Leads	Holding Torque (N.m)	Phase Current (A)	Phase Resistance (Ohm)	Phase Inductance (mH)	Rotor Inertia (kg.cm ²)	Weight (Kg)	Shaft Diameter (mm)
ES-MH23480	2	1.8°	4	8.0	4.8	0.38	3.1	2.7	4.0	14
ES-MH234120	2	1.8°	4	12	5.5	-	-	-	5.6	14
ES-MH33480	3	1.2°	3	8.0	3.0	2.34	18.33	4	5.6	14
ES-MH342120	3	1.2°	3	12	4.2	1.2	13	11	8.6	19
ES-MH342200	3	1.2°	3	20	5.2	1.88	18	17	12.8	19

Figura 1.8.23 – Especificaciones del motor Leadshine ES-MH33480

CAPÍTULO 2: ELECTRÓNICA y CONEXIONADO

2.1 INTRODUCCIÓN

Como se ha dicho, el movimiento de la plataforma se realiza por medio de un motor a pasos que a diferencia de los motores convencionales de corriente continua o alterna que funcionan con un suministro permanente de energía eléctrica, estos generan el movimiento de rotación a través de una secuencia de pulsos, girando un ángulo determinado en forma incremental al recibir impulsos eléctricos en sus bobinas, por lo que transforman estos impulsos en movimientos de giro controlados. La secuencia de pulsos necesaria la genera un circuito electrónico con uno o más micro controladores y transistores de salida que manejan la corriente del motor. Merece la pena comentar que el motor paso a paso es la primera máquina eléctrica que sin el uso de la electrónica no tiene razón de ser.

En la actualidad las máquinas comandadas con CNC utilizan un arreglo de dispositivos donde el control lo realiza un computador con un software específico de acuerdo con la máquina a manejar, generalmente contiene interface gráfica, botones y perillas, que permiten visualizar la posición instantánea a instantánea de la herramienta, programar insitu los movimientos para un trabajo particular y mover manualmente los ejes para referenciar la herramienta respecto de una pieza a maquinar. El control cuenta además con puertos de entradas y salidas.

A través de los de entrada, recibe las señales de sensores periféricos como, interruptores de final de carrera de los ejes (FC), interruptores que determinan posición de referencia (IR), parada de emergencia (PE) y encoder, en caso de sistemas de control con realimentación, también permite cargarle un programa de ejecución o secuencia de ordenes elaborado en otra computadora, realizado en forma manual o generado a partir de un dibujo, siendo esta una tarea muy común en máquinas con tres ejes como pantógrafos y fresadoras que trabajan en tres dimensiones.

Por medio de los de salida, envía las señales a los driver encargados de amplificarlas y proveer los niveles de corriente requerida por los motores pap o servos, comanda los relés que accionan las mordazas de sujeción de herramientas, el motor que propulsa la misma, el motor de lubricación y refrigeración, la apertura de válvulas en el caso de un sistema de corte por gas y acciona señalizaciones de aviso.

La figura 2.1.1 muestra, a modo de ejemplo, un arreglo de dispositivos para el manejo de motores pap que clarifica lo dicho, en este caso se trata de un sistema para el manejo de una máquina de tres ejes, se observan los driver que alimentan los motores y una placa interfaz entre los driver, los periféricos y la Computadora Personal (PC) de control, que actúa como filtro de las señales de entrada, aislando la posible interferencia que puede provocarse en los cables de conducción de estas señales entre el control y los interruptores. Esta interferencia se debe principalmente a los picos de corriente inducida por conductores contiguos que alimentan motores y solenoides por los que circula una corriente considerable, y puede ocasionar que la corriente inducida alcance valores lo suficientemente altos para ser interpretados por el control como el cambio de estado de un interruptor cuando no lo fuera.

El control es posible efectuarlo por medio de un computador disponible en comercios dedicados a CNC y diseñado para comandar una máquina en particular, o realizarlo a través de un programa versátil, comúnmente llamado software de control, el que mediante configuración se adapte a los requerimientos de uso particulares, que maneje el puerto paralelo de una computadora personal, mediante el cual se

establece la comunicación entre la PC y la placa interfaz, y desde esta a los drivers de los motores y los interruptores periféricos.

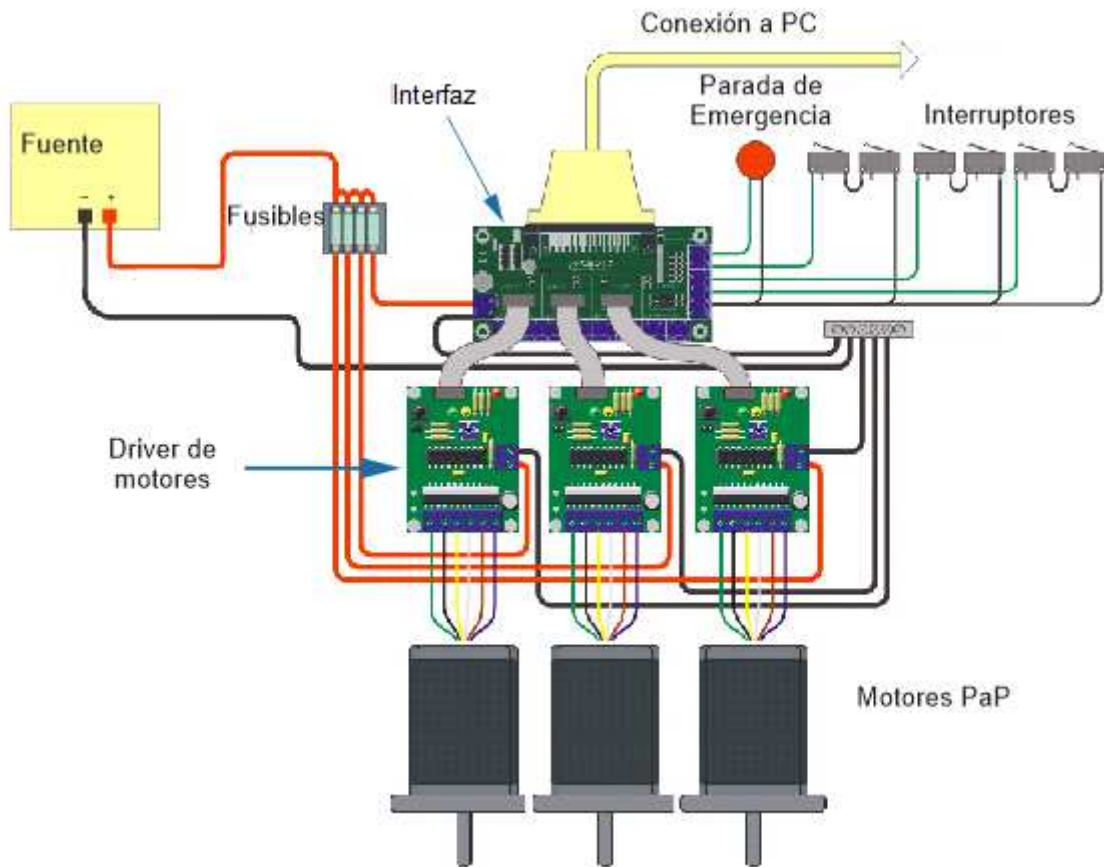


Figura 2.1.1 – Ejemplo de arreglo de dispositivos para sistemas de 3 ejes.

Como el objetivo de este trabajo es construir el sistema de corte de manera que sea accesible para pequeños y medianos talleres donde se realizan trabajos a medida, resulta indispensable simplificar dentro de las posibilidades, los dispositivos a utilizar para depender en menor medida de proveedores específicos que se encuentren en otras localidades. Por estos motivos el control se realiza mediante una PC con un software comercialmente disponible que establece la comunicación con los dispositivos a través del puerto paralelo de la misma.

2.2 EL PUERTO PARALELO

[10] [11]

El puerto paralelo fue introducido originalmente a la PC por IBM (International Business Machines) para proveer una interfaz de alto rendimiento como controlador de las impresoras de puntos. Este puerto tiene la capacidad de transmitir 8 bits de datos a la vez. Actualmente, además de conectar impresoras, se utiliza para transferencia de datos entre computadoras, conectar dispositivos periféricos como scanners y discos rígidos, y por supuesto controlar máquinas y herramientas dado que es una vía muy simple para transferir datos desde y hacia la PC.

Se encuentra comúnmente incluido en la placa madre de la computadora (MotherBoard) y la conexión de este con el mundo externo, que no ha sufrido modificaciones desde su creación, se realiza por medio de un conector hembra

DB25 que consta de 25 pines de conexión y se ubica en la parte posterior del gabinete de la PC. Este conector se muestra en la figura 2.2.2, donde las flechas indican la dirección de flujo relativo de información respecto de la PC.

Este puerto está formado por 17 líneas de señales y 8 líneas de tierra. Las señales de entrada y salida de los software de control que trabajan con el puerto paralelo funcionan en sistema digital binario, es decir, ceros y unos. Estas señales se diferencian por el nivel de tensión suministrado por los pines de salida o a los pines de entrada respecto de la línea de cero voltios de la computadora conectada a los pines 18 a 25.

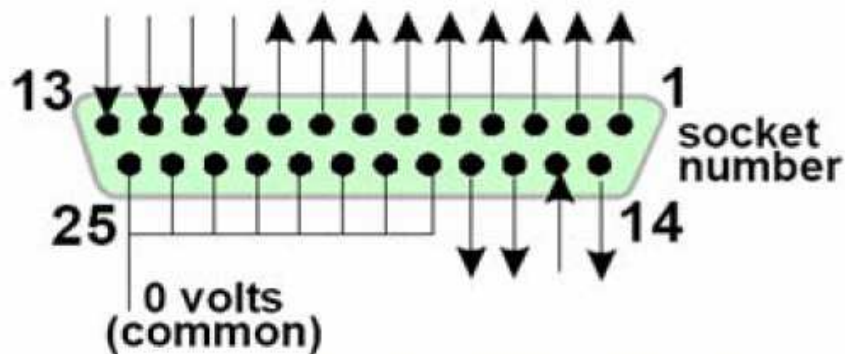


Figura 2.2.2 – Conector del puerto paralelo y direcciones de flujo de información

A continuación se describe la función de los pines o líneas del puerto paralelo.

8 líneas o pines son para salida de datos, sus valores son únicamente modificables a través de software y van del pin 2 al pin 9.

5 líneas son de entrada de datos, únicamente modificables a través del hardware externo, estos pines son: 11, 10, 12, 13 y 15, del más al menos significativo.

4 líneas son de control, habitualmente son salidas, aunque se pueden utilizar también como entradas, por lo que pueden ser modificadas tanto por software como por hardware, numeradas del más al menos significativo son los pines: 17, 16, 14 y 1.

8 líneas de masa, que son los pines del 18 al 25.

Los niveles de tensión que definen los dos estados posibles de las entradas y salidas en las PC actuales, coinciden con los niveles de la lógica transistor-transistor (TTL) con los que funcionaban las primeras computadoras, cualquier valor de tensión entre 0 y 0,8 voltios es tomado como nivel bajo y cualquier valor entre 2,4 y 5 voltios es tomado como nivel alto, resulta indispensable regular correctamente estas tensiones dado que un voltaje superior a 5 voltios o negativo en las líneas de entrada ocasiona un daño permanente a la placa madre de la PC.

Es arbitrario definir que un nivel bajo o un nivel alto representa un uno o un cero lógico, esto lo determina el software de control y la forma constructiva de la placa interfaz o el driver que reciben y emiten las señales desde y hacia la PC.

2.3 PLACA INTERFAZ

[12]

Como se explicó anteriormente, aunque no es indispensable, resulta conveniente la utilización de una placa interfaz que aisle eléctricamente el puerto paralelo de la PC de las señales de entrada y salida. Sus funciones son filtrar interferencias en el cableado hasta los interruptores, aislar las señales de salida a los driver, evitando así que un corto circuito provoque daños a la PC, proveer una tensión regulada para no exceder los niveles admitidos por el puerto y en general ofrecen relés de salida para comandar otros dispositivos como motores o señalizaciones que son activadas por medio del software de control a través de, botones en pantalla o la programación G&M con la que se programan los movimientos para un trabajo en particular.

Existe una gran variedad de placas interfaz disponible comercialmente, para este trabajo se opta por la placa STK v3.1, que cuenta con entradas opto-aisladas y habilitación desde el software que impide el uso de la placa si la PC o el software no están funcionando. Posee un completo manual explicativo de su funcionamiento y conexionado, además de asesoramiento técnico directo del fabricante. Como todas estas placas, la STK está preparada para el manejo de 4 motores PaP dado que el uso más frecuente se da en pantógrafos de corte con gas o router, donde se controlan al menos 3 ejes. Esto no resulta un impedimento, ya que es posible el uso de una sola salida a driver sin perjudicar su correcto funcionamiento.

La conexión con la PC se realiza mediante un cable llamado DB25 macho a hembra, disponible en comercios de informática y es el mismo con el que se conectan impresoras y scanners al puerto paralelo, el conexionado con el driver se efectúa con cable unipolar multifilamento de 1 mm² y para los interruptores se utiliza cable mallado de 2 x 0,50 mm². La figura 2.3.3 provista por el fabricante muestra la disposición de los bornes de conexiones de entradas, salidas, alimentación eléctrica y el conector DB25 macho por medio del cual se establece la comunicación con la PC. A continuación de esta figura se listan las características generales y técnicas de la placa interfaz elegida.

Como anexo se encuentra el manual completo de esta placa.

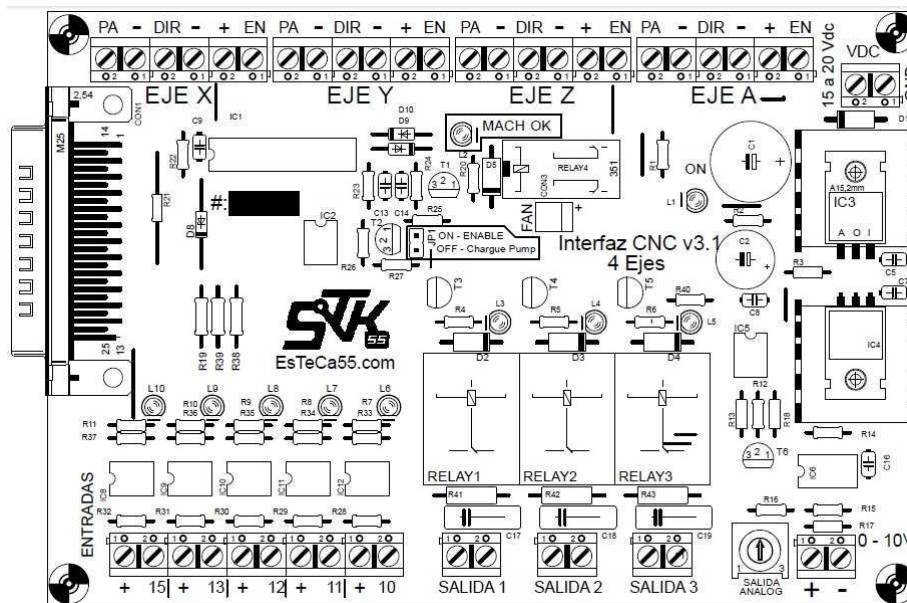


Figura 2.3.3 – Placa interfaz STK v3.1

Características generales:

*Control de hasta 4 ejes con señales de control: Paso, Dirección y Habilitación.
Habilitación general desde el software mediante señal de Enable o Charge-Pump que impide el uso de la placa si la PC o el software dejan de funcionar.
5 entradas de señal en 12 V para evitar ruidos, opto-aisladas.
3 Relés de control para dispositivos externos hasta 220 Vac.
Salida 0-10 V para control de velocidad de husillo.*

Características técnicas:

*Alimentación: de 16 a 24 Vcc 400mA
Relés de control hasta: 7 A en 240 Vac
Frecuencia Charge-Pump: 5 a 25 KHz
Frecuencia PWM para salida 0-10 V: 250 Hz
Tensión de salida Pulse, Dir, Enable: 5 Vcc
Tensión de entrada de sensores: 12 Vcc*

La tabla 2.3.1 indica cómo deben configurarse los pines del puerto paralelo en el software de control para relacionar correctamente los comandos de este, con las funciones de la placa interfaz y sus bornes de conexionado.

Tabla 2.3.1 – Configuración de Pines del Puerto Paralelo, acorde a placa interfaz

Pin	Tipo	Función
1	Salida	Charge Pump/Enable
2	Salida	Paso X
3	Salida	Dir X
4	Salida	Paso Y
5	Salida	Dir Y
6	Salida	Paso Z
7	Salida	Dir Z
8	Salida	Paso A
9	Salida	Dir A
10	Entrada	In 1
11	Entrada	In 2
12	Entrada	In 3
13	Entrada	In 4
14	Salida	Out 1
15	Entrada	In 5
16	Salida	Out 2
17	Salida	Out 3 ó Salida 0-10 V

El pin numero 1 se utiliza como señal de habilitación de la interfaz, inhabilitando tanto las salidas de paso y dirección de los motores pap como el accionamiento de los relés auxiliares hasta que el software de la PC toma el control, de esta manera no hay posibilidades de que se produzca ningún movimiento o se accione algún dispositivo auxiliar hasta que la PC y el software funcionen correctamente. Existen dos formas de controlar dicha habilitación, la más recomendable es por una señal

digital de 10 khz que genera el software en base al reloj de la PC, llamada Charger-Pum y que es censada por la interfaz, la otra forma es mediante una señal analógica denominada generalmente Enable y se diferencia por el nivel de tensión, alto o bajo.

Los pines del 2 al 9 transmiten desde la PC, la secuencia de pulsos y la señal de dirección de los motores pap, las que son aisladas y enviadas a los drivers. La frecuencia de la secuencia de pulsos determina la velocidad del motor o mejor expresado, las RPM, esta frecuencia se ajusta mediante configuración del software para lograr la velocidad requerida en el eje y depende de la cantidad de pasos por revolución del motor. La señal de dirección determina el sentido de giro del motor, cambiando la polarización de las bobinas desde el driver.

Los pines del 10 al 13 transmiten hacia la PC señales de entrada, que en general para estos sistemas se utilizan como señales de FC e IR, los FC son interruptores dispuestos en los extremos del recorrido de los ejes para evitar el traspaso del movimiento mas allá de los límites físicos, los IR , también interruptores, determinan la posición de referencia de los ejes.

Los pines 14, 16 y 17 se utilizan para el manejo de sistemas auxiliares como el encendido del husillo porta herramienta, el motor del líquido refrigerante y señalizaciones, la interfaz posee 1 relé por salida y estas son normal abierto por lo que cierra el circuito cuando la salida se encuentra activa, el pin 17 es posible configurarlo en el software de control para regular la velocidad del husillo porta herramienta en vez de accionar la salida a relé, en ese caso la interfaz entrega una tensión entre 0 y 10V, que mediante el uso de un variador de frecuencia externo se pueden controlar las revoluciones del husillo.

El pin 15 envía a la PC la señal de Parada de Emergencia (PE), recibida en la entrada de la interfaz, normalmente se utiliza uno o más interruptores con una cabeza de hongo grande y roja en posiciones fácilmente alcanzables. Esta entrada detiene el funcionamiento de los motores pap, husillo y salidas auxiliares, lo hace en forma simultánea la interfaz y el software de control.

La función de los pines del 1 al 9 se encuentra especificada en forma inequívoca de acuerdo con la forma constructiva del circuito y componentes de la interfaz, esto quiere decir que no es posible cambiar una salida de paso por otra de dirección. La asignación de los ejes X, Y, Z en cambio es arbitraria, debiendo seguir las especificaciones de la tabla 2.3.1 con el solo efecto de relacionar correctamente los comandos del software de control con la bornera de conexiones de la interfaz.

Las entradas (In 1 a In 5) y las salidas auxiliares (Out 1 a Out 3), pines del 10 al 17, no se encuentran especificadas en cuanto a sus funciones, las que pueden ser variadas dependiendo del sistema o máquina a controlar y de la configuración elegida para el conexionado de los interruptores. Debido a la cantidad limitada de entradas del puerto paralelo, los software están preparados para admitir más de una señal a través de una misma línea de entrada, por este motivo existen varias formas posibles para el conexionado de FC, IR y PE.

Para conectar más de un interruptor en la misma línea de entrada se tiene en cuenta el modo de funcionamiento de la placa elegida, en esta los interruptores deben ser normal cerrado (NC), es decir, toma como entrada la apertura del circuito en bornes, por lo que los interruptores asignados a una misma entrada deben conectarse en serie, de esta manera el accionamiento de cualquiera de ellos causa la activación de la misma.

2.4 DISPOSICIÓN Y CONEXIONADO DE INTERRUPTORES

Con el objetivo de aclarar la forma en que actúan los interruptores sobre el control y determinar el diagrama de conexionado, se describe a continuación la función de cada uno de ellos.

Finales de carrera (FC): se ubican en los extremos del recorrido del eje, en una posición previa al tope físico asegurando un espacio de sobre recorrido luego de su accionamiento. Su función es detener el movimiento de dicho eje antes del límite físico para evitar roturas mecánicas. Actúan sobre el control interrumpiendo en forma permanente la salida de pulsos hacia el motor y la señal de habilitación (Enable) del driver del eje en cuestión. Para habilitar nuevamente el movimiento es necesario girar el eje en forma manual hasta restaurar el interruptor a su posición normal. Otra manera de desbloquearlo es la conexión en paralelo de un pulsador normal abierto sin retención que al mantenerlo presionado cierre el circuito abierto por el FC, luego accionar el motor desde el control en el modo manual. El tipo de interruptor que se utiliza es de palanca con una rueda en el extremo y se acciona con un patín que permita el sobrepaso sin dañarlo.

Interruptor de posición de referencia (IR): este puede estar ubicado en un extremo del recorrido, previo al FC o en cualquier otra posición dentro de los límites del movimiento, ya que es posible cargar esta posición en el control mediante configuración. Como su nombre lo indica, tiene como función, referenciar la posición del cabezal o plataforma dentro del rango de movimiento. Se utiliza un interruptor y patín del mismo tipo que en los FC.

Parada de Emergencia (PE): pueden disponerse uno o más de estos interruptores en lugares de fácil acceso, de manera que puedan ser alcanzados rápidamente por el operario en caso de ocasionarse un desperfecto o mal funcionamiento. Su función, al igual que los FC, es interrumpir todo movimiento en forma permanente al ser accionado. Se utilizan interruptores con retención y forma de cabeza de hongo grande y roja para una rápida visualización y accionamiento con un golpe de palma.

Se ha mencionado anteriormente que son posibles varias configuraciones para el conexionado de los interruptores. Como en este caso se trata del control de un solo eje, las líneas de entradas disponibles del puerto paralelo resultan suficientes para elegir una configuración donde se conecte un interruptor por entrada, sin embargo, teniendo en cuenta que la función de los dos FC es la misma, se elige la siguiente configuración de disposición y conexionado:

Los FC se disponen uno en cada extremo del recorrido, 150 mm antes de los límites físicos del movimiento. Se conectan en serie a la entrada 1 de la interfaz (pin 10).

El IR, se ubica en el extremo derecho del recorrido de la plataforma, a una distancia de 50 mm del FC, determinando esta posición, el cero para cortes de derecha a izquierda en el rango de 10 a 3000 mm, y por consiguiente, el valor de 6000 mm para cortes de izquierda a derecha en el rango de 3000 a 6000 mm. Se conecta a la entrada 2 de la placa interfaz (pin 11).

Se disponen dos interruptores de Parada de emergencia, uno sobre el mueble donde está ubicada la PC y otro sobre la plataforma móvil. Ambos se conectan en serie a la entrada 4 de la placa interfaz (pin 15).

Si bien es factible realizar la conexión de los Finales de Carrera y la Parada de Emergencia a una misma entrada, y aunque pueda parecer razonable debido a que ejecutan la misma función, resulta conveniente la configuración elegida para prevenir

la posibilidad de falla en alguna de las entradas o el corto circuito en el cableado hasta los interruptores, de esta manera se cuenta con dos circuitos independientes para detener el sistema ante un mal funcionamiento. En cambio, el conexionado de los dos FC a una misma entrada, asegura la detención del movimiento previendo la posibilidad de una incorrecta configuración del software, en el caso de que no se encuentren debidamente relacionados el sentido de giro del motor pap con la ubicación de los FC, es decir, que el interruptor que acciona cuando el movimiento se realiza hacia la derecha se encuentre conectado o asignado como interruptor izquierdo. La figura 2.4.4 muestra el diagrama de conexiones.

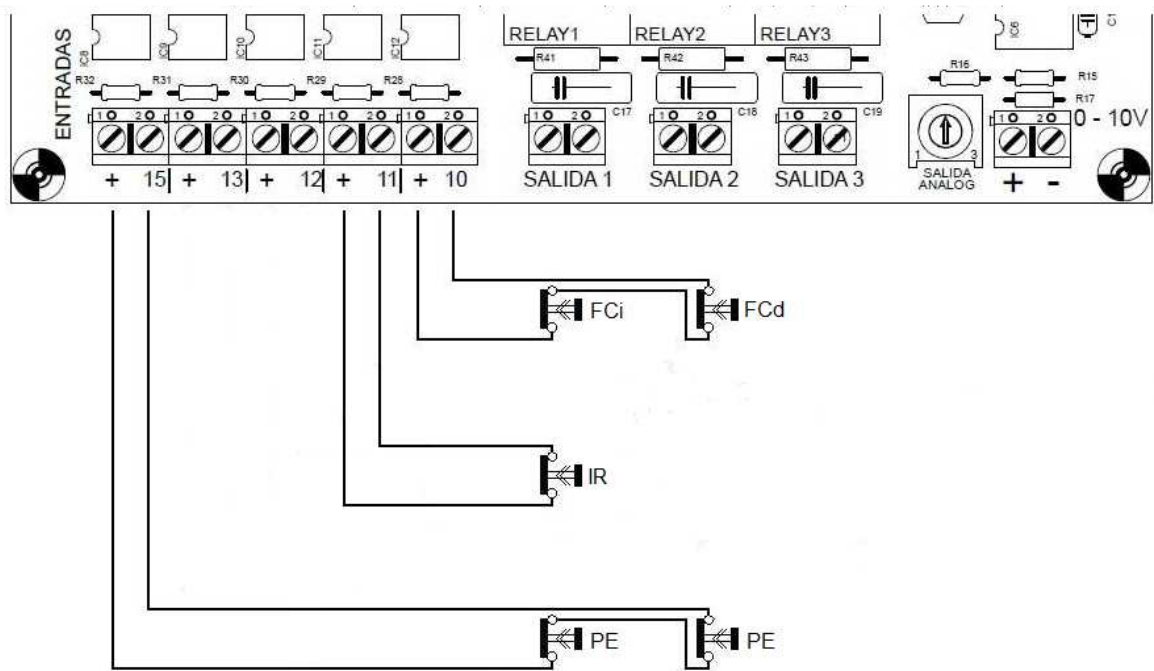


Figura 2.4.4 – Conexión de interruptores a placa interfaz

Donde:

FCi: Final de Carrera izquierdo

FCd: Final de Carrera derecho

IR: interruptor de Referencia

PE: Parada de Emergencia

2.5 DRIVER DEL MOTOR PASO A PASO

[13]

El driver tiene como función alimentar con la intensidad y polaridad adecuada las bobinas del motor pap, para lograr este objetivo se vale de un circuito electrónico con transistores que pueden manejar la conexión y desconexión de la potencia requerida por el motor a la frecuencia de trabajo. Básicamente el driver amplifica la secuencia de pulsos generada en el elemento de control e invierte la polaridad de las bobinas para lograr el funcionamiento del motor.

Los drivers actuales, además de las funciones básicas antes mencionadas, poseen la característica de generar según su configuración, pasos intermedios entre los pasos enteros, conmutando de manera gradual la intensidad en las bobinas del motor. Esta importante característica evita el inconveniente de la resonancia mecánica de este tipo de motores, ya que en resonancia el torque de salida cae abruptamente a valores cercanos a cero pudiendo perder pasos e incluso detenerse

por completo aún con un torque resistente despreciable. Otra ventaja de los pasos intermedios, comúnmente llamados micro pasos, es que aumentan la resolución del sistema, generando hasta 16 pasos intermedios para este tipo de aplicaciones, mejorando sustancialmente la precisión del posicionamiento al disminuir el error debido al salto entre pasos.

Para su elección se deben tener en cuenta las características del motor a utilizar, su consumo de corriente para asegurar el torque nominal y la cantidad de fases. En este caso se seleccionó el conjunto denominado servo fácil, de manera que el driver se encuentra asignado de fábrica para lograr las prestaciones que este ofrece, su denominación es ES-DH2306 y sus características principales son:

- Corriente máxima 6 A*
- Voltaje máximo de alimentación 230 Vca*
- Generación de micro pasos*
- Control de lazo cerrado*

En este es posible, mediante un panel de configuración ubicado en el frente, figura 2.5.5, modificar los parámetros de funcionamiento que se encuentran preestablecidos por defecto.

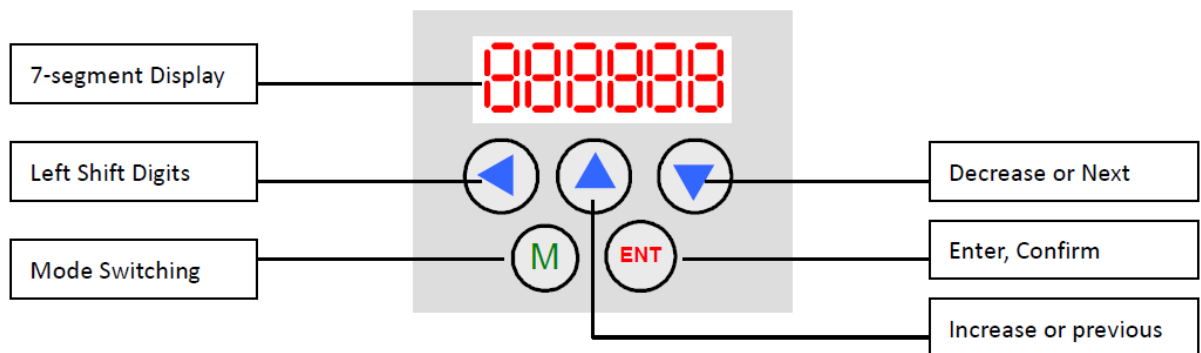


Figura 2.5.5 – Panel de configuración del driver ES-DH2306

La figura 2.5.6 muestra, con un ejemplo donde se modifica el tiempo que demora el driver en entrar en modo de espera cuando no se recibe señal de pulso, la secuencia a seguir para realizar estas configuraciones. El ES-DH2306 posee 29 parámetros configurables, indicados en la pantalla como PA_00 a PA_28, mediante los que se puede ajustar desde las constantes del lazo de realimentación hasta los tiempos de espera, estos parámetros se encuentran configurados de fábrica para optimizar el funcionamiento del conjunto, de todas maneras será necesario modificar algunos de ellos para adaptar los valores acorde al funcionamiento de la placa interfaz y el consumo del motor. A continuación se detallan los parámetros a modificar y los valores adoptados.

PA_07: indica los pulsos por cada revolución del motor, el valor de fábrica es 4000, el rango configurable es de 200 a 65535, se adopta el valor 2400 multiplicando por 8 los pasos del motor por revolución.

PA_09: determina el error límite aceptado, cuando el error de posición excede este valor el driver detiene el funcionamiento y activa la salida de alarma, las unidades de este parámetro son pulsos y la configuración por defecto es 1000, el rango

posible es de 1 a 65535, se adopta el valor 12 que representan 2 décimas de milímetro.

PA_10: ajusta el valor de corriente cuando el motor se encuentra detenido modificando el par de retención, la unidad es el porcentaje de la corriente nominal del driver que es 6 A, el rango configurable va de 0 a 100 % y el valor adoptado es de 33 ajustando la corriente en 2 A aproximadamente.

PA_11: modifica el valor de corriente de funcionamiento del motor, su unidad es el porcentaje de la corriente nominal del driver, esta es 6 A, el rango configurable va de 1 a 100 %, según las especificaciones del motor, figura 1.8.21, la corriente nominal del motor elegido es de 3 A por lo que se adopta el valor de 50.

PA_12: define el tiempo de espera durante el que se encuentra disponible el driver mientras no recibe señal de pulso, la unidad es milisegundo, el rango configurable es de 1 a 65535, el valor por defecto es de 1000 y se modifica a 30000.

PA_15: define el nivel de tensión de la entrada enable que será tomado para habilitar el funcionamiento, los valores posibles son 0 y 1, el valor por defecto es 1 y se modifica a 0 para adaptarlo al funcionamiento de la placa interfaz de modo que un nivel de 5 vcc habilita el funcionamiento y un nivel de 0 vcc lo inhabilita.

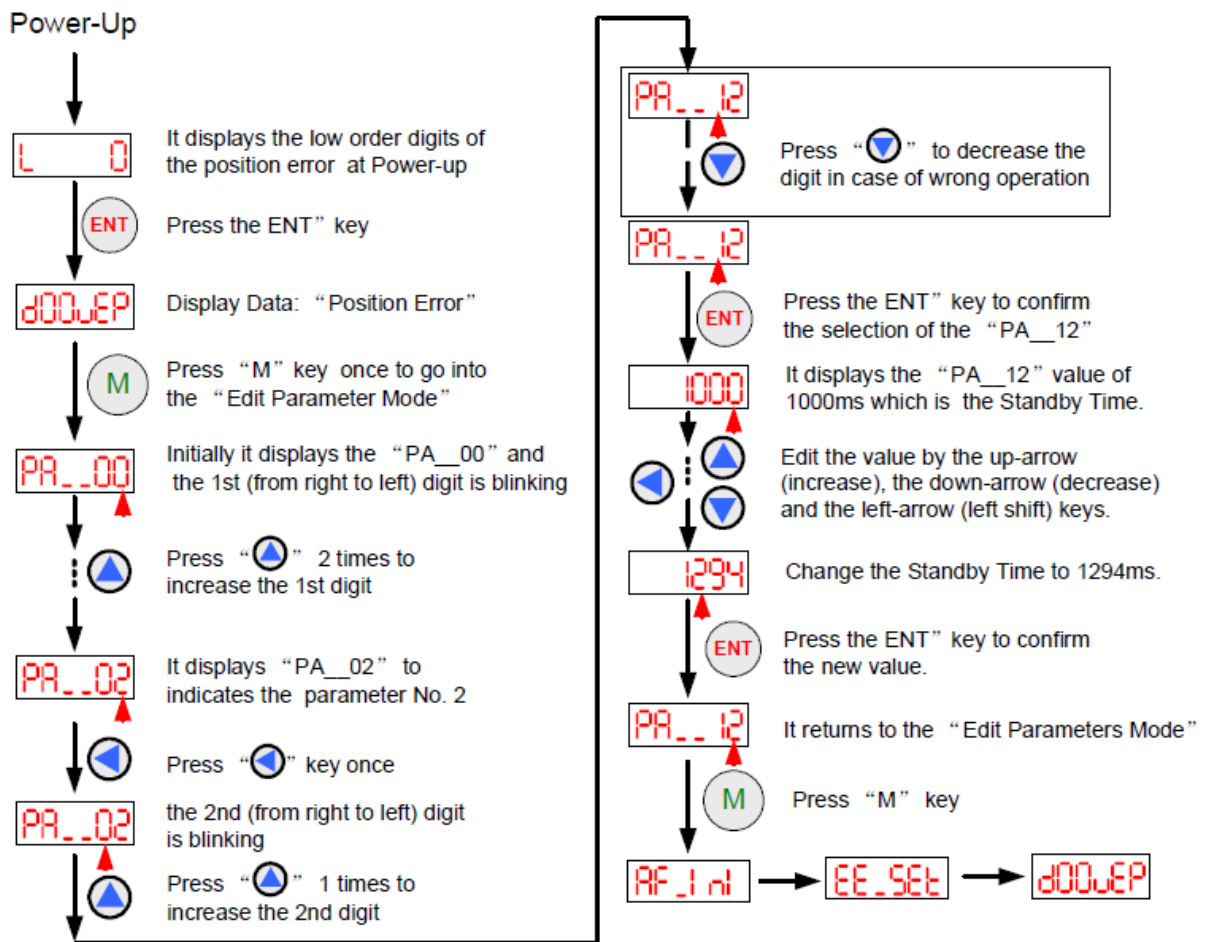


Figura 2.5.6 – Ejemplo de secuencia de configuración

Para las señales de entrada se utiliza un conector D-Sub de 26 pines y se conectan a la salida correspondiente de la interfaz según lo indicado en la figura 2.5.7, estas señales cambian su estado mediante dos niveles de tensión,

0 vcc ≤ nivel bajo < 0,5 vcc y 5 vcc ≤ nivel alto ≤ 24 vcc, se utiliza una tensión regulada de 5 vcc proveniente de la interfaz y a continuación se resume su función.

Dir+, *Dir-*: señal de dirección, determina el sentido de giro del motor.

Ena+, *Ena-*: (Enable) señal de habilitación, inhabilita la salida al motor cuando se establece un nivel bajo desde la interfaz.

Pul+, *Pul-*: secuencia de pulsos a amplificar proveniente de la interfaz, generada por el control.

Debido a que se trata del control de un solo eje, se utiliza la salida indicada como coordenada X en la placa interfaz (pines 2 y 3). La figura 2.5.8 extraída del manual del driver muestra el diagrama de conexiones.

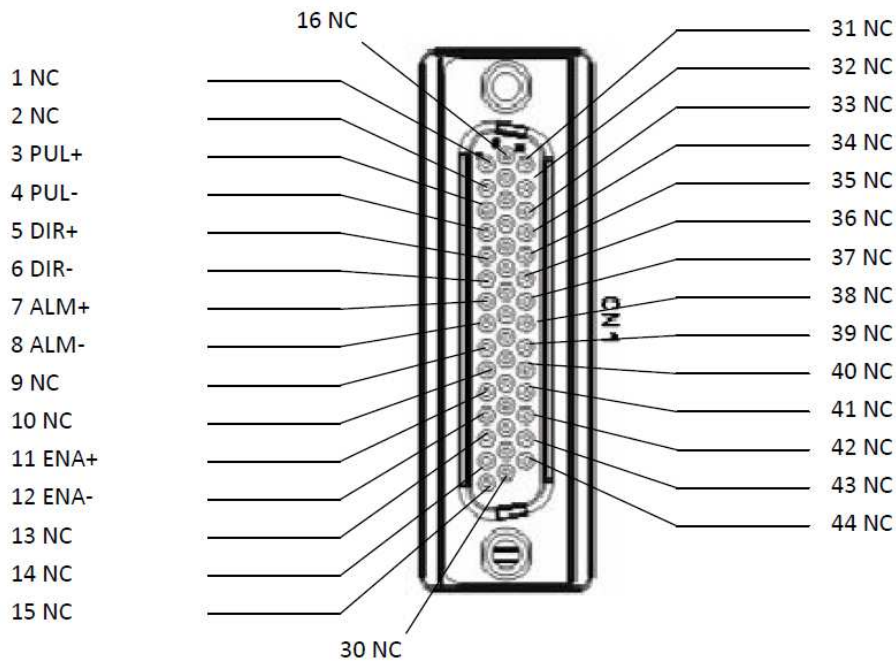


Figura 2.5.7 – Asignación de pines de señales de entrada, conector D-Sub 26

Para las salidas así como para la entrada de la alimentación, cuenta con una bornera prensa cables donde se identifica cada borne por la inscripción de su función sobre la base de la misma.

En cuanto al voltaje de alimentación es conveniente que sea el mayor posible dentro del rango permitido, un voltaje alto mejora los flancos del pulso, es decir incrementa la velocidad con la que crece y decrece la corriente en las bobinas mejorando el torque del motor a altas revoluciones, por lo que se conectará a la tensión de red de 220 vca.

Para mayor información respecto del driver seleccionado se encuentra como anexo el manual completo.

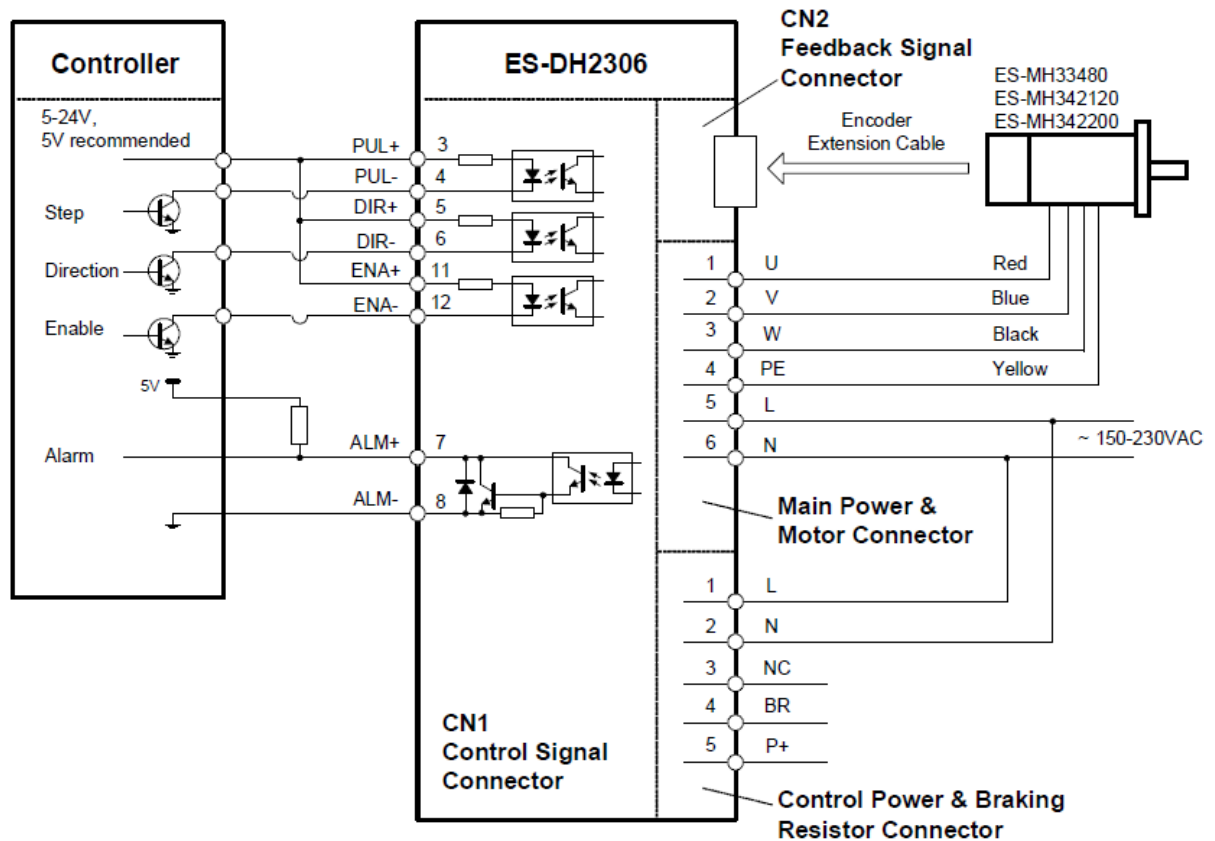


Figura 2.5.8 – Diagrama de conexión del Driver.

2.6 DIAGRAMA ELÉCTRICO UNIFILAR Y CADENA PORTACABLE [14] [15]

El taller donde se instalará el sistema de corte cuenta con una línea de alimentación trifásica que se distribuye a las distintas máquinas por medio de un tablero general, el que está conformado por una llave termomagnética de 63 A como interruptor principal, un disyuntor diferencial tetrapolar de 63 A con corriente de fuga de 30mA, y conexión a tierra.

La figura 2.6.9 muestra el diagrama eléctrico unifilar, donde se observa la repartición de las cargas por fase y las protecciones dispuestas en el tablero general del taller.

Se eligen protecciones tipo C de 10 A para la PC y el motor pap. Para el motor de la sensitiva, motor monofásico universal y consumo de 9,2 A, se elige una protección tipo D de 16 A, para evitar la apertura en el arranque, ya que en ese instante la corriente toma un valor igual o mayor a 5 veces la nominal. El cable de alimentación de la sensitiva se elige envainado tipo taller y llega a la plataforma a través de una cadena porta cables de 25 x 25 mm, de la firma Fesma, se elige el modelo TB y radio de curvatura de 100 mm, cuya particularidad es que evita el ensuciamiento de los conductores por ser totalmente cerrada. Se calcula el largo de la cadena (Lc), según su hoja técnica y dispuesta de la manera económica, es decir con la fijación en el centro del recorrido, como la suma de la mitad del recorrido de la plataforma y el largo de la porción de circunferencia descrita por la curva como muestra la figura 2.6.10.

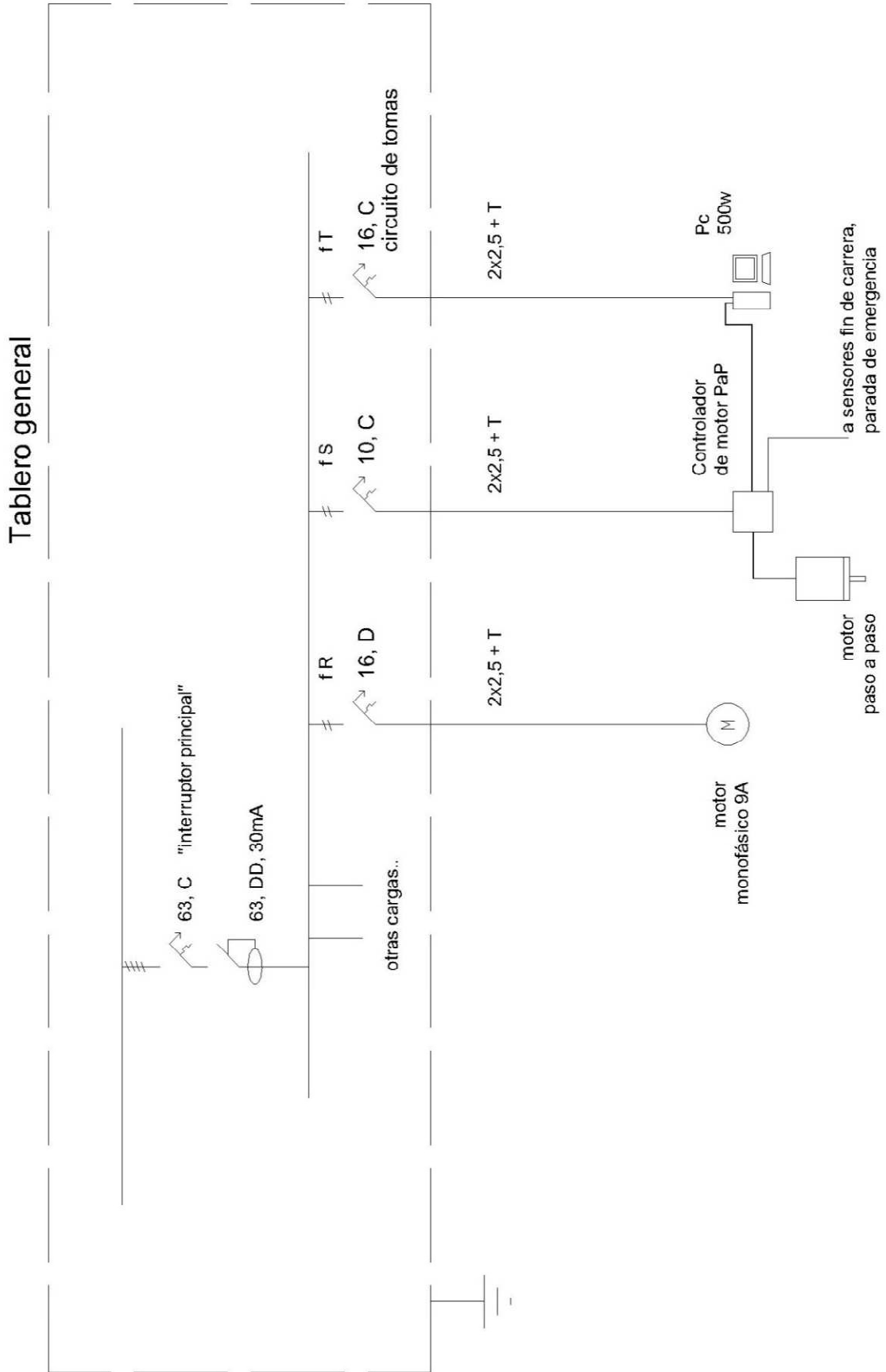


Figura 2.6.9 – Diagrama eléctrico unifilar

$$L_c = R_p/2 + E = 2142 \text{ mm}$$

()

Donde

L_c: largo total de la cadena

R_p: recorrido total de la plataforma, incluido el sobre recorrido = 3400 mm

E: largo de la porción de circunferencia descrita por la curva = 442 mm

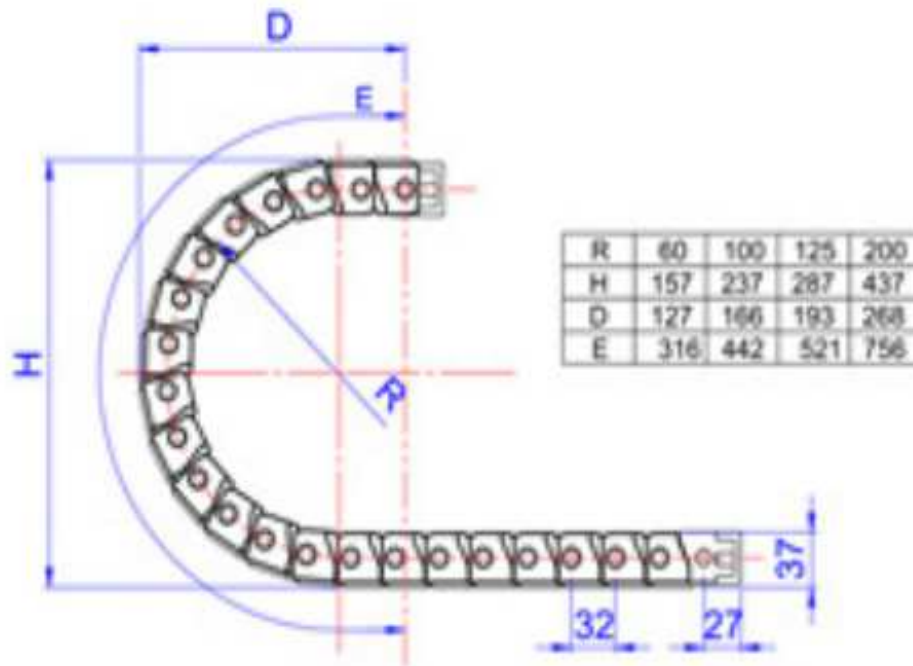


Figura 2.6.10 – Medidas de la curva de la cadena porta cables

CAPÍTULO 3: SOFTWARE DE CONTROL Y MODOS DE OPERACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

El software de control es un conjunto de programas de computadora que debe ser capaz de controlar los movimientos de una máquina o sistema electromecánico, para lograr este objetivo debe reunir múltiples funciones como ofrecer una interfaz gráfica que permita visualizar la ejecución de un trabajo mientras se está realizando, los parámetros y posición de la herramienta para ser relevados y/o modificados por el operario, permitir el ingreso de órdenes para llevar a cabo una tarea, la programación a pie de máquina de un conjunto de tareas y la carga de estas, realizadas en otra computadora en forma manual o transformadas desde un dibujo (transformación CAD/CAM). También debe tener la capacidad de generar la secuencia de pulsos para comandar el funcionamiento de motores a pasos, proveerle a estos una aceleración variable para evitar arranques y detenciones bruscas, prender y apagar sistemas auxiliares como bombas de lubricación y enfriamiento, y verificar que las ordenes de ejecución de un trabajo no intenten mover un eje más allá de sus límites físicos.

Para lograr estos objetivos es posible diseñar y programar un software específico que se ajuste a los requerimientos particulares de la máquina o sistema a controlar o, utilizar uno comercialmente disponible que permita su configuración, de manera que se adapte al modo esperado de funcionamiento del sistema en el que se utilizará.

Debido a que la programación de un software específico excede los alcances de este trabajo, se opta por la utilización de uno comercialmente disponible que permite su adaptación a las particularidades del sistema de corte.

El software a utilizar es el Mach3Mill de la firma Artsoft, este es ampliamente usado y recomendado por fabricantes y distribuidores de máquinas e implementos de CNC, posee una versión gratuita de demostración con algunas limitaciones en cuanto al tamaño del proyecto a ejecutar y frecuencia de trabajo, de todas maneras esta versión demo cumple de forma holgada los requerimientos de este trabajo. Este software se descarga sin costo de la página de internet de Artsoft. Si bien está preparado para el control de sistemas con tres o más ejes, se ajusta sin inconvenientes al sistema de corte diseñado gracias a sus amplias posibilidades de configuración. La figura 3.1.1 muestra la pantalla principal del Mach3 Mill, donde se observan, en el centro, los casilleros que indican en forma numérica la posición actual de cada uno de los ejes, a la izquierda una ventana donde se carga y muestra el programa de ejecución en código G & M, a la derecha una pantalla de visualización de los movimientos que se están ejecutando.

Se describirá la acción de los botones en pantalla, modos de funcionamiento y configuraciones que serán necesarios para el control del sistema de corte, no así aquellos que están diseñados para el manejo de sistemas de tres ejes, accionamiento de dispositivos auxiliares o de control de posición como encoder.

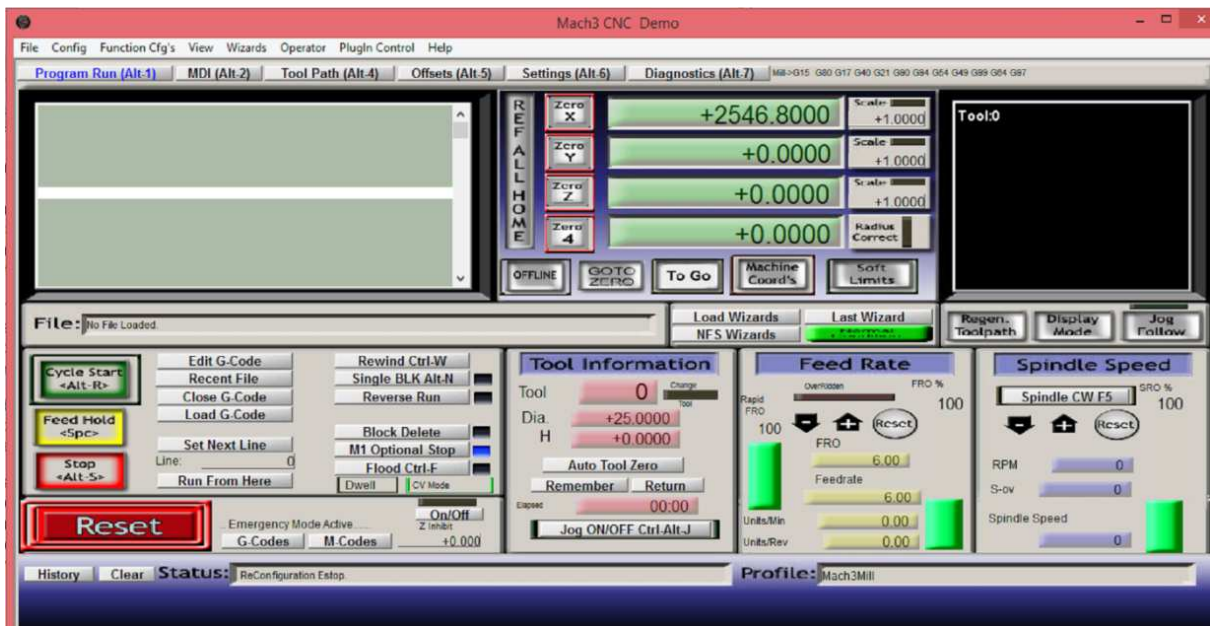


Figura 3.1.1 – Pantalla principal del software mach3 Mill

3.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS

[11]

Seleccionando el menú Config se despliega una lista desde la que es posible configurar los parámetros de funcionamiento del sistema a controlar. Se muestra en la figura 3.2.2 la porción que nos interesa de esta lista, que permitirá adecuar el software a las particularidades del sistema de corte. Realizadas las modificaciones es necesario, en cada cuadro de diálogo, seleccionar el botón Aplicar para guardar los cambios.

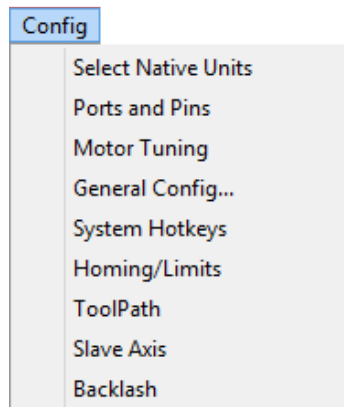


Figura 3.2.2 – Menú de configuración de Parámetros

3.2.1 UNIDADES NATIVAS

Permite seleccionar el sistema de unidades con el que trabajará el control, las opciones de trabajo son pulgadas o milímetros. Se utiliza el Sistema Métrico (milímetros) por ser el más adoptado en la actualidad. El camino para su selección es Config>Select Native Units, figura 3.2.3.

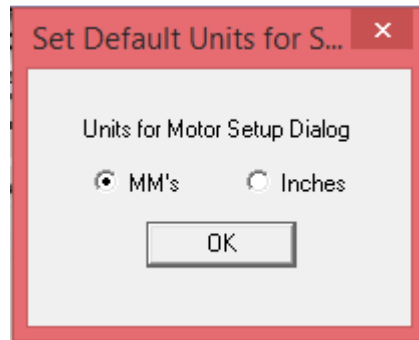


Figura 3.2.3 – Selección de unidades nativas

3.2.2 ASIGNACIÓN DEL PUERTO PARALELO Y FRECUENCIA DE TRABAJO

Por medio de este cuadro de diálogo se designa el puerto paralelo a través del cual se establece la comunicación, la frecuencia de trabajo que depende de la cantidad de ejes y los pasos intermedios del motor PaP seleccionados en el driver. La primera solapa que emerge al seleccionar Ports & Pins es Port Setup and Axis Selection y se muestra en la figura 3.2.4, en donde se encuentra seleccionado por defecto la dirección habitual del puerto paralelo en las PC, esta es generalmente 0X378, para asegurar que la dirección sea correcta se busca la misma en el panel de control de Windows, siguiendo el camino Panel de control>Administrador de dispositivos>Puertos Com & LPT. Se verifica que se encuentre tildado el casillero del puerto 1. La versión Demo del software solo está habilitada para trabajar a una frecuencia de 25000 hz, la que resulta suficiente para generar la tasa de pulsos necesaria para controlar un motor de 300 pasos por revolución trabajando con 8 micro pasos, acorde al seleccionado.

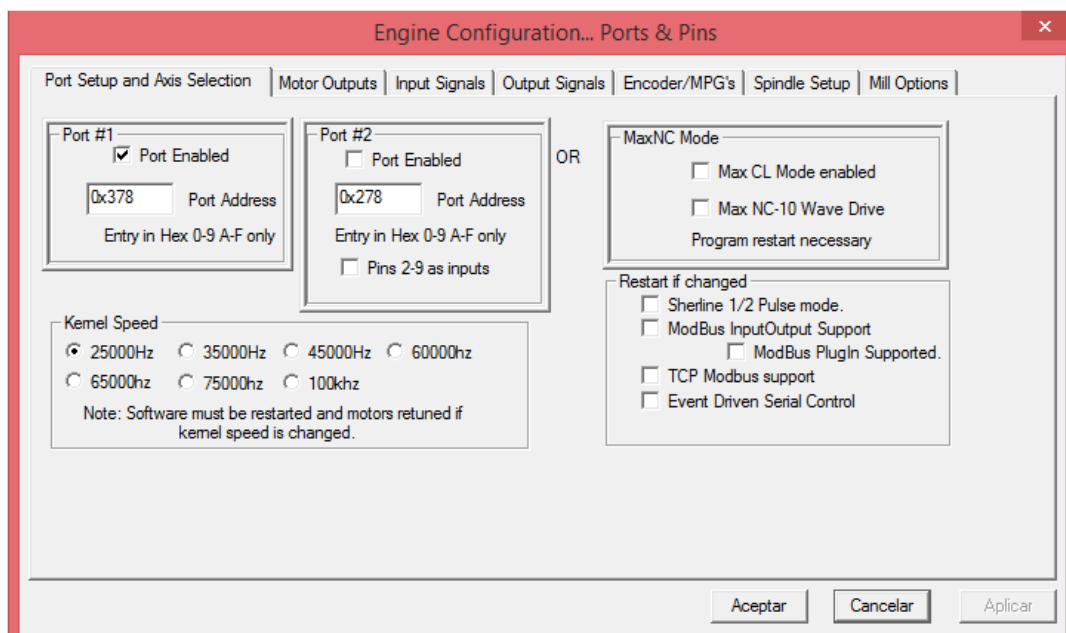


Figura 3.2.4 – Habilitación y designación del puerto paralelo, selección de frecuencia de trabajo

3.2.3 ASIGNACIÓN DE PINES Y SEÑAL DEL MOTOR A PASOS

Mediante el cuadro de diálogo mostrado en la figura 3.2.5, cuyo camino es config>Ports & Pins>Motors Outputs, se habilita el eje a utilizar, se seleccionan los pines por los que se transmiten las señales de paso y dirección del motor a pasos y se adecúan estas señales según el modo de funcionamiento del driver, es decir si el driver trabaja con señales activas por nivel alto o nivel bajo de tensión. Para aclarar y asignar correctamente los pines del puerto paralelo se resume en la tabla 3.2.1, lo determinado en el capítulo 2, apartados 2.3, 2.4 y 2.5.

Tabla 3.2.1 – Resumen de asignación de pines del puerto paralelo

Pin	Función
1	Charge Pump
2	Paso X
3	Dir X
10	FCi y FCd
11	IR
14	Aux 1
15	PE
16	Aux 2
17	Aux 3

A continuación se describe la función de cada columna de este cuadro de diálogo y la designación de cada casillero.

Enabled: Habilita la salida para el eje indicado en la columna izquierda, tilde amarillo indica habilitado, cruz roja indica inhabilitado. Se habilita el eje X.

Step Pin#: Indica el número de pin por el que se transmite la señal de paso del motor. Según tabla 3.2.1 se asigna el número 2 en la fila del eje X.

Dir Pin#: Indica el número de pin por el que se transmite la señal de dirección del motor. Según tabla 3.2.1 se asigna el número 3 en la fila del eje X.

Dir LowActive: relaciona el sentido de avance del eje con el nivel de tensión de la salida Dir, Se utiliza para cambiar el sentido de giro del motor en caso de que la orden de avanzar en un sentido no se corresponda con el sentido de avance del eje. Se deja inhabilitada hasta corroborar el sentido de avance.

Step Low Active: Modifica el nivel de tensión de la secuencia de pulsos, su asignación depende del modo de funcionamiento del driver, cruz roja indica pulsos de nivel alto, tilde amarillo indica pulsos de nivel bajo, es decir mantiene un nivel de 5 vcc respecto de masa y cada pulso se emite como una depresión a 0 vcc. Se asigna inhabilitada debido a que el driver elegido funciona con pulsos de nivel alto.

Step Port, Dir Port: Determina el puerto paralelo que se utiliza para el control del motor del eje X. Según el apartado 3.2.2 se asigna el puerto número 1.

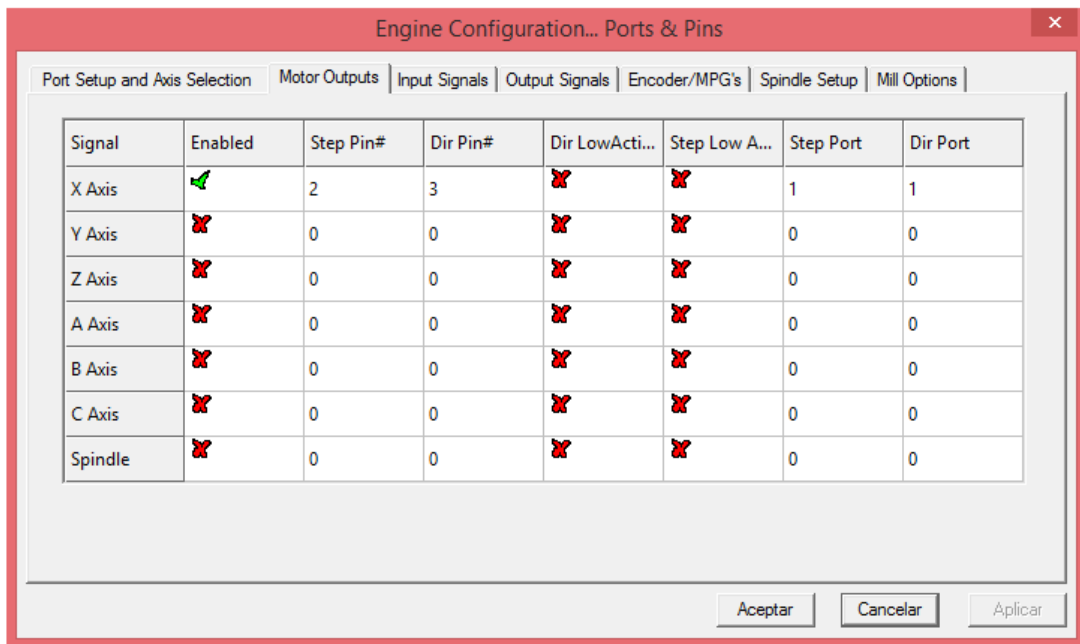


Figura 3.2.5 – Asignación de pines y señal del motor a pasos

3.2.4 CONFIGURACIÓN DE LAS SEÑALES DE ENTRADA

Mediante el cuadro de diálogo mostrado en la figura 3.2.6 y 3.2.7, cuyo camino es config>Ports & Pins>Inputs Signals, se habilitan las entradas de Finales de Carrera, Interruptor de Referencia y Parada de Emergencia, se asigna el puerto y los pines de las mismas. Al seleccionar esta pestaña emerge una parte de las posibles entradas a seleccionar, por medio de la barra de desplazamiento ubicada a la derecha se puede acceder al menú completo. A continuación se describe el significado de la nomenclatura que se utiliza para las entradas, la función de cada columna de este cuadro de diálogo y la asignación numérica de cada casillero.

Nomenclatura:

X++: Entrada de final de recorrido en el sentido que aumenta la coordenada del eje X, en el sistema de corte corresponde al FCi.

X--: Entrada de final de recorrido en el sentido que disminuye la coordenada del eje X, en el sistema de corte corresponde al FCd.

XHome: Entrada de interruptor de referencia.

EStop: Entrada de Parada de Emergencia.

Columnas:

Enabled: Habilita la entrada especificada en la columna izquierda. Se habilitan las entradas X++, X--, XHome y EStop.

Port #: Se asigna el número del puerto paralelo a utilizar. Según el apartado 3.2.2 se asigna el puerto numero 1.

Pin Number: Indica el número del pin a utilizar para la entrada especificada en la columna izquierda. Se asignan según lo indicado en la tabla 3.2.1.

Active low: Determina si la activación de la señal se establece por un nivel alto o un nivel bajo. Según lo determinado en el capítulo 2 apartado 2.4 se selecciona activo por bajo en las cuatro señales de entrada, esto significa que los

interruptores se conectan normal cerrado y se activa la entrada al establecerse el nivel bajo, es decir al abrirse el interruptor.

Emulated: Habilita la emulación de la entrada especificada en la columna izquierda mediante una tecla del teclado de la PC. Se habilita la emulación de las cuatro entradas.

HotKey: En esta columna se asignan las teclas que emularán las entradas especificadas. Para asignar la tecla se selecciona el casillero con el botón izquierdo del ratón y se presiona la tecla que emulará dicha entrada. Con motivo de realizar pruebas previas al funcionamiento se asignan las teclas 7, 9, 5 y barra espaciadora para emular las entradas X++, X--, XHome y EStop respectivamente.

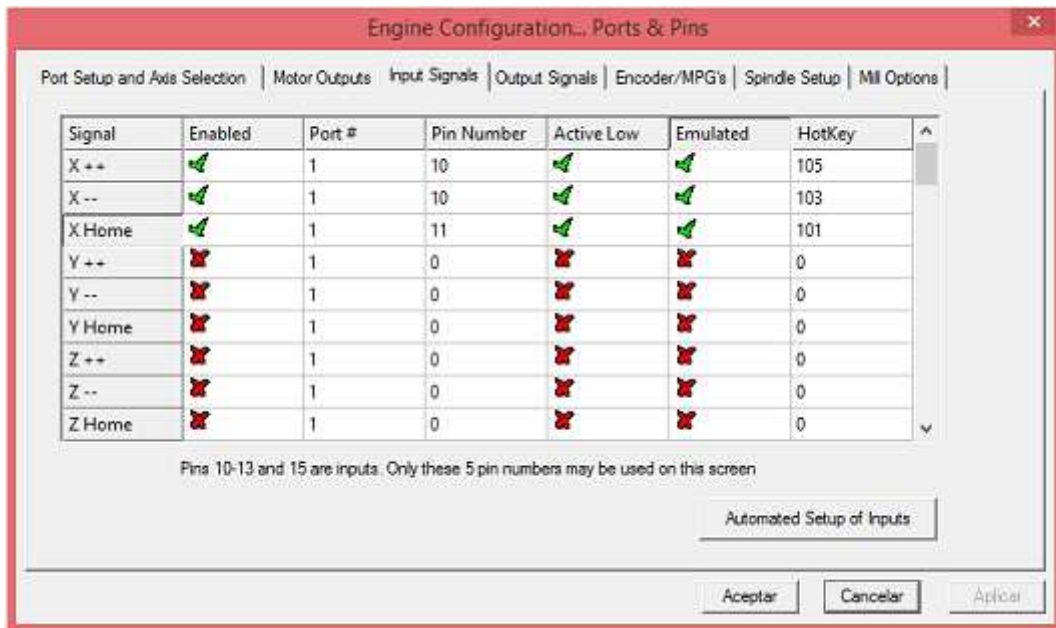


Figura 3.2.6 – Configuración de las señales de entrada FC e IR

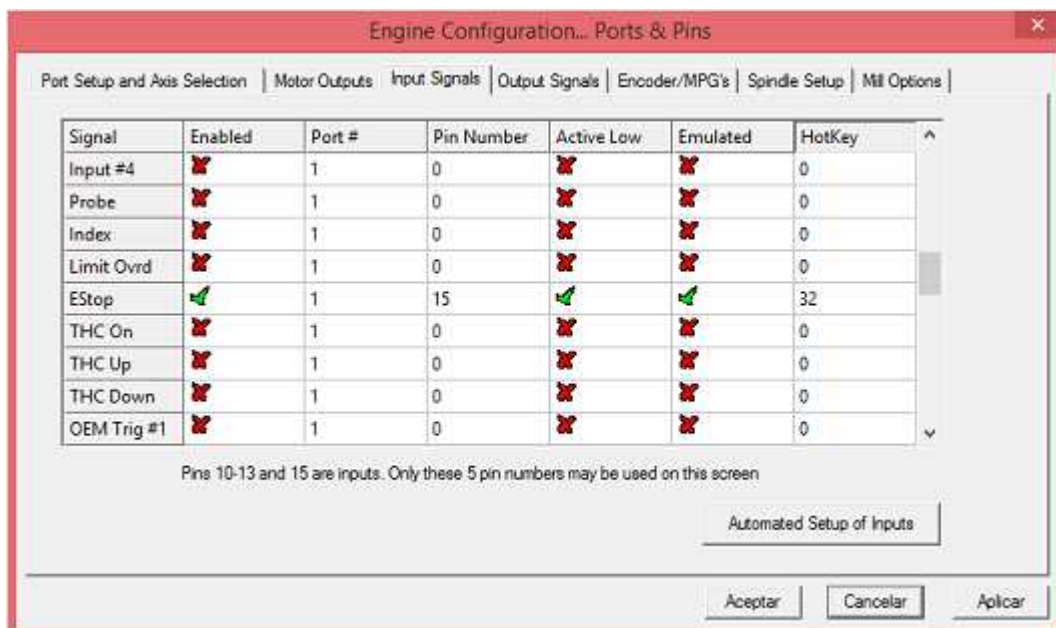


Figura 3.2.7 – Configuración de la señal PE

3.2.5 CONFIGURACIÓN DE SEÑALES DE SALIDA

Por medio del cuadro de diálogo que se muestra en la figura 3.2.8 se definen las señales de salidas auxiliares y la señal de habilitación de la placa interfaz, el camino que lleva a este cuadro es config>Ports & Pins>Output Signals. Las columnas de este cuadro de diálogo tiene la misma función que las primeras cuatro del de las señales de entrada que ya fueron detalladas. Se habilitan las salidas auxiliares 1, 2 y 3 representadas por su nombre en inglés Output #1, Output #2 y Output #3, se asignan los pines acorde a la tabla 3.2.1. y se habilita la señal Charge Pump, esta es una señal de pulsos que es censada por la placa interfaz y habilita las salidas de esta mientras el software y la PC funcionen correctamente.

Para habilitar las salidas auxiliares es necesario asignarlas en el cuadro de diálogo de configuración del husillo a la que se llega mediante el camino config>Ports & Pins>Spindle Setup y se muestra en la figura 3.2.9, donde se relacionan las ordenes del código G & M, M3 y M4 a la salida auxiliar 1, M7 a la salida auxiliar 2 y M8 a la salida auxiliar 3, también se quita el tilde que inhabilita dichas salidas.

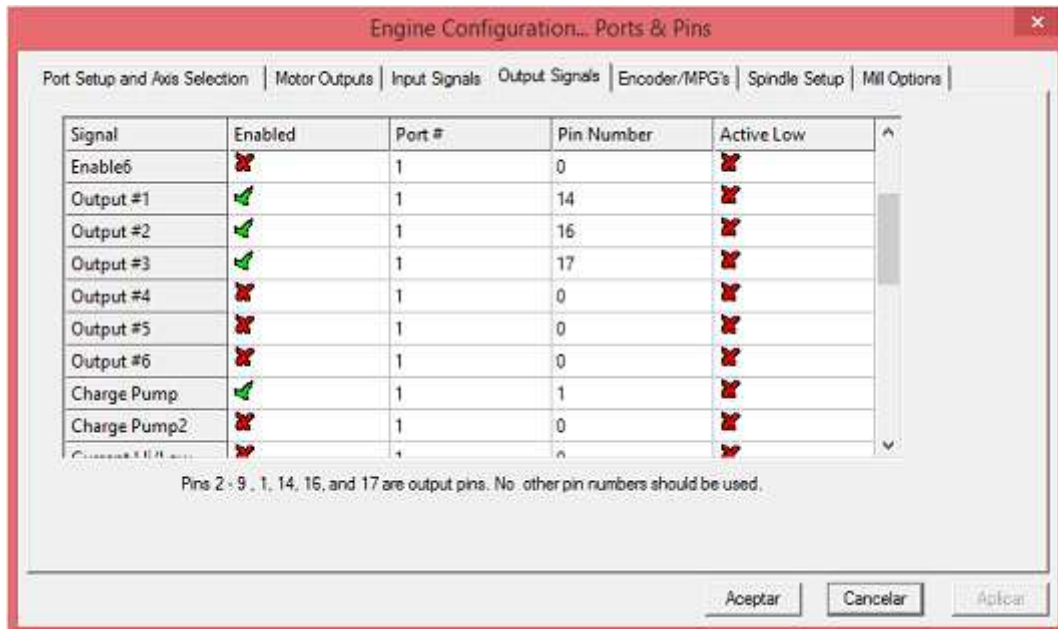


Figura 3.2.8 – configuración de salidas auxiliares y habilitación de interfaz

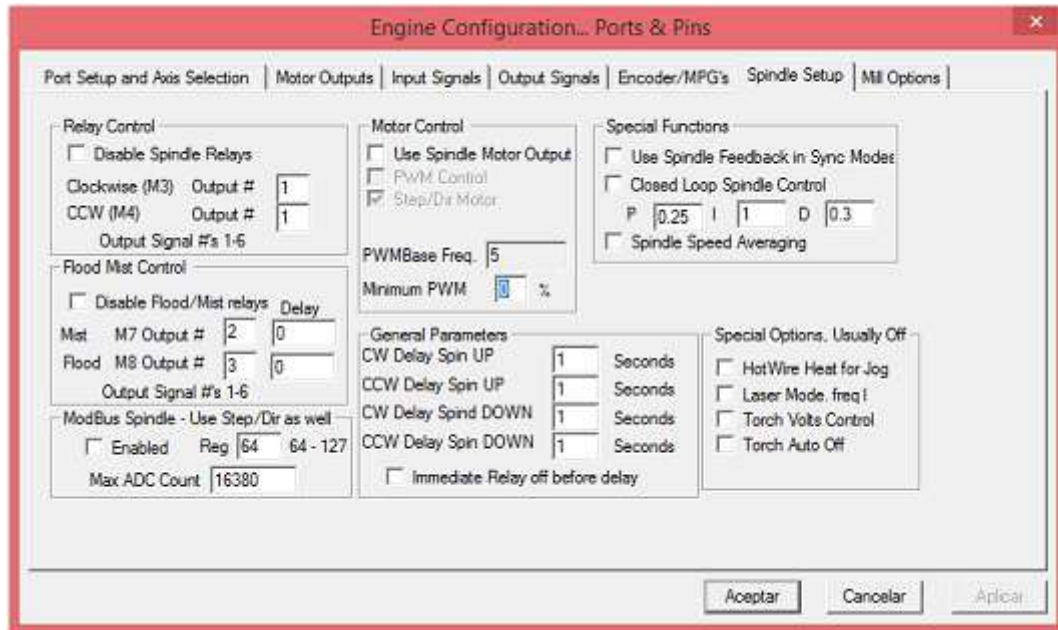


Figura 3.2.9 – Habilitación de salidas auxiliares

3.2.6 CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MOTOR A PASOS

El cuadro de diálogo que muestra la figura 3.2.10 al que se llega por el camino config>Motor Tuning, permite configurar la velocidad máxima y rampa de aceleración del motor a pasos. Para esto es necesario asignar los pasos del motor por unidad de avance, la velocidad en unidades de avance por segundo y la aceleración en unidades de avance por segundo al cuadrado. La unidad de avance es la unidad nativa que se eligió en el apartado 3.2.1, esta se eligió en mm. Se tiene en cuenta la relación de transmisión y los pasos intermedios asignados en el driver. A continuación se determinan estos valores.

Step per. Se ingresan la cantidad de pasos del motor por milímetro de avance, como la transmisión es directa, es decir el motor se acopla al husillo sin reducción ni multiplicación, este valor se obtiene de la relación directa de los pasos del motor por revolución y el paso del husillo. Se tienen en cuenta los pasos intermedios según la configuración del driver.

Step per = Pasos del motor por revolución / Paso del husillo = 60 pasos/mm

Velocity: Se ingresa el valor de avance en mm por minuto. El valor impuesto de diseño es 300 mm/s que es igual a 18.000 mm/min.

Acceleration: Se ingresa el valor de la aceleración impuesta de diseño, esta es 300 mm/s².

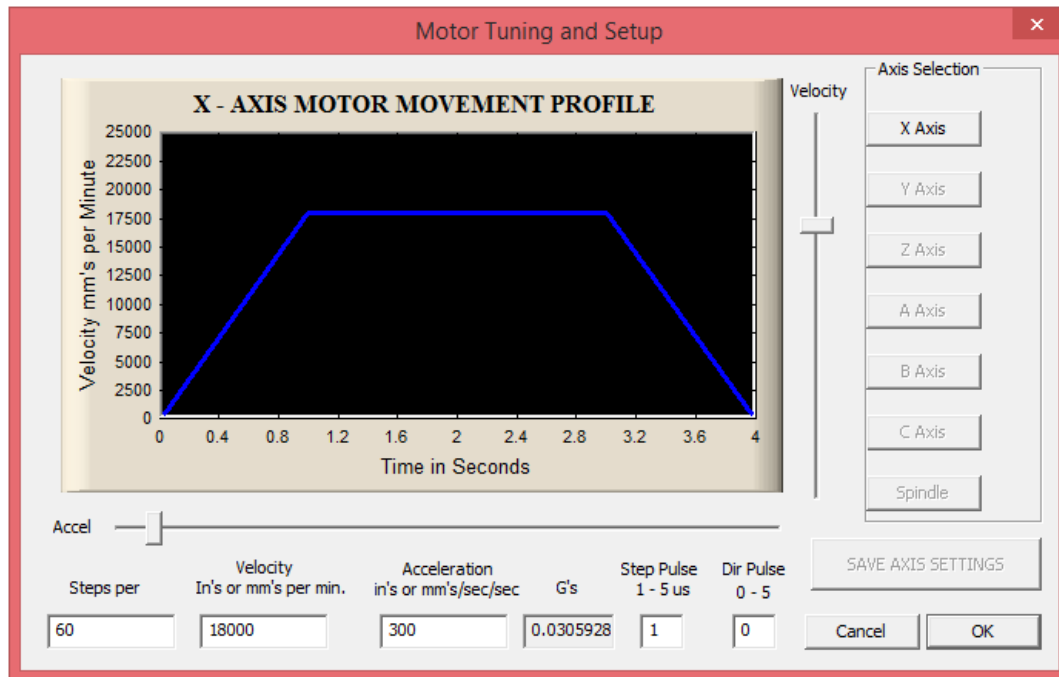


Figura 3.2.10 – Configuración de los parámetros del motor a pasos

3.2.7 CONFIGURACIÓN DE LÍMITES POR SOFTWARE Y REFERENCIA

Por medio del cuadro de diálogo que se muestra en la figura 3.2.11 al que se llega por el camino `config>Homing/Limits`, se introducen el valor mínimo y máximo del rango del movimiento, la posición, velocidad y el sentido en el busca el interruptor de referencia cuando es requerido por el botón en pantalla o a través de código G & M, también es posible invertir el sentido de giro del motor, determinar la zona lenta y habilitar el cero automático. A continuación se detalla la función de cada columna y el valor adoptado.

Reversed: Permite invertir el sentido de giro del motor en caso de que, debido a la forma de conexión del mismo, la orden de avanzar en sentido positivo de las coordenadas provoque el movimiento en sentido negativo, cumple la misma función que `Dir LowActive` visto en el apartado 3.2.3. Se deja inhabilitado hasta comprobar el sentido de giro.

Soft Max: Representa el límite máximo del rango de movimiento y es el valor hasta el que permitirá avanzar el control, una vez referenciado el sistema y activados los límites por soft. Se introduce el valor máximo del rango de movimiento de la plataforma, este es 3010 mm, que permite absorber el espesor del disco.

Soft Min: Representa el límite mínimo del rango de movimiento y es el valor hasta el que, el control, permitirá disminuir las coordenadas una vez referenciado el sistema y activados los límites por soft. Se introduce el valor 0.

Slow Zone: Determina el espacio previo a los límites del recorrido en el que disminuirá la velocidad del motor para evitar el frenado brusco al llegar al FC en caso que no estén activados los límites por soft.

Home Off: Este valor determina la posición del interruptor de referencia. Para asegurar que todas las veces que se envíe la orden de referenciar a través del botón en pantalla, la posición sea la misma, al accionarse el IR, el control detiene e invierte el sentido de giro hasta desactivarlo. Se fija este valor en 0.

Home negative: Determina en qué sentido se efectuará el movimiento en busca del IR cuando se solicita, por medio de un botón en pantalla o código G & M, referenciar la posición de la plataforma. Inhabilitado (cruz roja) implica que se moverá en el sentido que aumentan las coordenadas. Habilitado (tilde verde) se moverá en el sentido que disminuyen las coordenadas. Como se determino el valor 0 para *Home Off* se habilita esta casilla.

Auto Zero: Tiene como función cargar el valor indicado en Home Off al referenciar el movimiento. Se habilita esta casilla.

Speed %: Representa la velocidad a la que se moverá al recibir la orden de referenciar, está expresado en porcentaje de la velocidad máxima asignada en *Velocity* del cuadro de diálogo *Motor Tuning and Setup* visto en el apartado 3.2.6. Debido a que cuando el sistema busca la referencia no actúa la rampa de desaceleración, esta velocidad debe ser baja para evitar la detención brusca al accionarse el IR. Se deja el valor por defecto de 20 % hasta comprobar si se detiene de manera suave.

El recuadro G28 home location coordinates, permite introducir la posición a la que se trasladará el eje cuando es ingresada o leída esta orden, el valor de esta posición lo toma respecto del sistema de coordenadas de la máquina. Se deja el valor cero en este casillero para que la plataforma se traslade al extremo derecho del rango de movimiento (este es el cero de la máquina) al leer esta orden.



Figura 3.2.11 – Límites por software y referencia

3.3 FUNCIÓN DE BOTONES y CASILLEROS EN PANTALLA

Previo a determinar los distintos modos de operación del sistema de corte, que permitirán realizar cortes de 10 a 3000 mm tomando como referencia el extremo derecho de la varilla, es decir el cero de las coordenadas de la plataforma, y cortes de 3000 a 6000 mm tomando como referencia el extremo izquierdo de la misma, es necesario describir la función de los casilleros y botones en pantalla que serán de utilidad, tanto al momento de establecer nuevos orígenes de coordenadas para los distintos modos, como para realiza movimientos simples y referenciar el sistema. Debido a que uno de los objetivos del sistema de corte es agilizar la tarea y a que se pretende que pueda ser utilizado por operarios con mínimos o ningún conocimiento de programación, las órdenes de ejecución, es decir las medidas a cortar, se ingresarán a través de la pantalla de ingreso manual de datos (MDI) que es mostrada en la figura 3.3.12.

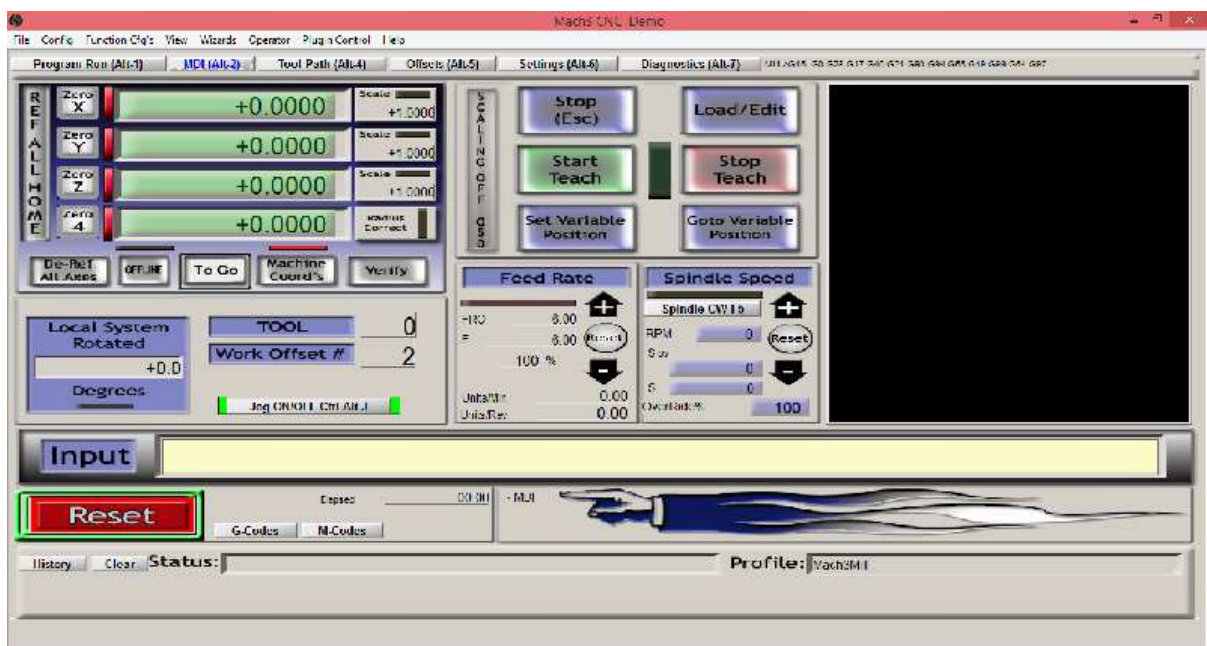


Figura 3.3.12 – Pantalla de ingreso manual de datos

Los casilleros de color verde que se observan arriba a la izquierda de la pantalla MDI, comúnmente llamados DRO's, indican la posición del eje especificado y es la referencia que tomará el control para ejecutar cualquier movimiento. En el DRO es posible ingresar los valores de estas coordenadas de varias formas, la más simple es seleccionarlo e ingresar el valor a través del teclado numérico, estas nuevas coordenadas, por supuesto, no representan la posición real de la plataforma dentro del rango de movimiento, sino que serán las de referencia para la ejecución de una instrucción o secuencia programada de ellas. Las formas habituales para modificar el origen de coordenadas son, mover el eje hasta la posición donde se quiere establecer el cero y seleccionar el botón *Zero X* o el *To Go*, la otra manera es llamar a coordenadas preestablecidos en la pantalla *Offsets*, a través de su número en la casilla *Work Offset #* o por medio de código G & M con las instrucciones G54 a G59 en la casilla *Input*. A continuación se detalla la función de los botones en pantalla que son necesarios para operar el sistema de corte.

Zero X: Impone el valor cero en el DRO, la posición en la que se encuentra la plataforma será el nuevo origen de coordenadas que se tomará como referencia para ejecutar una orden.

Ref All Home: Envía la plataforma al IR, a la velocidad especificada, para referenciarla en el rango del movimiento. Esta acción permite que se correspondan la posición de la plataforma con las coordenadas absolutas del control, indicadas en el DRO mientras se encuentre activo el botón *Machine Coord's*. Una vez referenciada, el led indicador junto al botón *Zero X* cambia su color de rojo a verde.

Machine Coord's: Alterna la visualización en el DRO entre las coordenadas absolutas y las relativas. Cuando se encuentra activo, el led indicador se enciende intermitente.

To Go: Establece, mientras esté activo, un nuevo sistema de coordenadas con su origen en la posición actual, sin borrar el sistema relativo anterior, al que se puede volver desactivando el botón. Un recuadro amarillo intermitente indica que está activo.

Verify: Envía el eje al IR para verificar que no haya perdido la posición.

Input: En esta línea se ingresan en forma manual las órdenes en código G & M y se ejecutan presionando la tecla intro del teclado de la PC.

Reset: Este botón se activa al ser seleccionado o al activarse las señales de FC y PE, su función es detener la ejecución en curso en forma permanente y borrar las funciones modales en ejecución, obligando a seleccionarlo nuevamente para reanudar el funcionamiento.

Soft Limits: Activa los límites por software una vez referenciado el sistema, de esta manera no permite que una orden o programa intente mover el eje fuera de los límites. Este botón se encuentra en la pantalla principal que es la primera que emerge al abrir el software o se llega por medio de la lengüeta *Program Run*.

Work Offset #: Por medio del número introducido en esta casilla, se elige el sistema de coordenadas preestablecido en la pantalla *Offsets* que se muestra en la figura 3.3.13. A través de este cuadro de diálogo es posible preestablecer 6 sistemas de coordenadas de acceso rápido que serán de gran utilidad para facilitar el referenciado a derecha e izquierda de la varilla, la ejecución de los distintos modos de corte y el ingreso de las medidas en la línea *input*. Por estos motivos a continuación de la figura se aclara su funcionamiento y establecen cuatro orígenes de coordenadas de referencia.

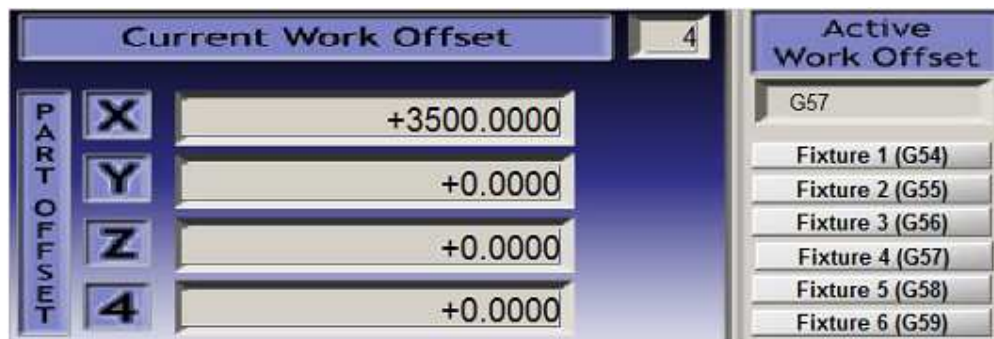


Figura 3.3.13 – sistemas de coordenadas relativas o flotantes de acceso rápido

La casilla *X* indica el valor en mm de la compensación, es decir, la posición del nuevo origen en coordenadas absolutas o de máquina, este valor se introduce

seleccionando el casillero correspondiente, ingresando el valor mediante teclado y presionando la tecla intro. El valor en el casillero *Current Work Offset* indica el número de compensación, estas se enumeran del 1 al 6 y se relacionan con las órdenes G54 a G59.

Se establecen 4 compensaciones para facilitar el ingreso de órdenes de posicionamiento. Los valores determinados para estas, responden a los distintos modos de operación del sistema de corte y serán aclarados en el apartado correspondiente.

Offset 1 (G54): Se deja el valor por defecto cero ubicándose en las coordenadas absolutas o de máquina.

Offset 2 (G55): Se introduce el valor 3,2 (espesor del disco de corte en mm) ubicando este origen en la coordenada 3,2 mm respecto de las coordenadas absolutas o de máquina.

Offset 3 (G56): Se introduce el valor 6000 que ubica el origen de esta compensación en la coordenada 6000 mm respecto de las coordenadas absolutas.

Offset 4 (G57): Se introduce el valor 3500 que ubica el origen de esta compensación en la coordenada 3500 mm respecto de las coordenadas absolutas.

3.4 CÓDIGO G & M

[16]

Con el objetivo de comprender en detalle el funcionamiento del software de control elegido y la forma de ingresarle órdenes, se dará una breve introducción del lenguaje de programación G & M y se detallarán las normas que lo rigen.

El código G & M es un lenguaje de programación vectorial de bajo nivel que utilizan la mayoría de las máquinas comandadas por cnc, mediante el que se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas. Su nombre hace referencia a las instrucciones Generales y Misceláneas que lo constituyen.

Aunque existen diferencias entre los controladores disponibles comercialmente, inclusive los provenientes de un mismo fabricante debido a la variedad de modelos existentes, la gran mayoría de estos siguen dos estándares mundiales de programación, que son la norma de la Organización Internacional de Estandarización (ISO) 6983 y la impuesta por la Asociación de Industrias de Electrónica (EIA) RS274. Estas normas coinciden en las instrucciones de programación, es decir el código, que permite llevar a cabo ciertas operaciones en particular.

3.4.1 NORMA ISO 6983

Se describe a continuación la normalización de la estructura de un programa CNC. La figura 3.4.14 muestra la estructura de un bloque de programación.

Todos los programas deben tener un nombre o un número de identificación. Algunos controles numéricos solo aceptan números. Los programas CNC están compuestos por bloques sucesivos. Cada uno de estos es una instrucción para el control. Los bloques pueden estar numerados o no. De no estarlos el control los ejecutará en el orden en que los vaya encontrando. La numeración de los bloques puede no ser de uno en uno. Puede ser de cinco en cinco, de diez en diez, etc. Esto es conveniente para introducir luego bloques intermedios sin alterar toda la

numeración. La numeración debe ser siempre creciente. Si existiera un bloque cuyo número sea menor al anterior, el control detiene la ejecución del programa.



Figura 3.4.14 – Estructura de un bloque de programación CNC, ISO 6983

Dentro de cada bloque debe mantenerse este orden. Sin embargo, no es necesario que estén presentes todos los ítems.

Se puede programar en sistema métrico (mm) o en pulgadas.

N4 G71 X, Y, Z +/- 4.3 F5.5 S4 T2.2 M2 (métrico)

N4 G70 X, Y, Z +/- 3.4 F5.5 S4 T2.2 M2 (en pulgadas)

El número que acompaña cada ítem significa el número de dígitos admisibles. Así por ejemplo: N4 significa que el número de bloques no deberá ser mayor que 9999. Esto varía según la marca de control numérico. Z +/- 4.3 significa que las cotas pueden tener valores positivos o negativos de no más de 4 dígitos enteros y 3 decimales. Normalmente el signo (+) no se programa.

3.4.2 INSTRUCCIONES Y FUNCIONES DEL CÓDIGO G & M

El código está compuesto por instrucciones de movimiento o preparatorias (Funciones G) y funciones auxiliares (Funciones M). Están preparadas para el control de un sistema de tres ejes por lo que suman alrededor de 100 instrucciones. La cantidad de instrucciones disponibles en cada máquina depende del tipo de trabajo que realiza y por lo tanto del control que esta posea. En el caso del software elegido, Mach3, posee un compendio de las instrucciones disponibles con la explicación de su función.

Debido a que en el sistema de corte del que trata este trabajo, el CNC solo debe posicionar un eje y que el ingreso de las instrucciones se realizará a través de la pantalla MDI para facilitar su ingreso sin programación previa, se detallan en la tabla

3.4.2 solo las instrucciones que serán de utilidad para ejecutar los distintos modos de corte.

Algunas instrucciones son de tipo modal, esto quiere decir que una vez leída por el control en un bloque de programación, esta permanece activa hasta que sea reemplazada por otra instrucción o por las funciones *Reset* o PE.

Tabla 3.4.2 – Instrucciones a utilizar en el sistema de corte

Instrucción	Función
G00	(*) Posicionamiento rápido, a la velocidad preestablecida en Motor Tuning
G01	(*) Interpolación Lineal, Permite introducir la velocidad de avance con la instrucción F
G20	(*) Usar pulgadas como unidad
G21	(*) Usar milímetros como unidad
G28	Envía el eje al origen de las coordenadas absolutas
G53	Toma las coordenadas ingresadas en el sistema de coordenadas absolutas o de máquina
G54 a G59	(*) Utilizar coordenadas relativas preestablecidas
G70	Programación en pulgadas
G71	Programación en milímetros

(*) Indica que la función es de tipo modal.

No se especifican el resto de las funciones disponibles en el software Mach3 por estar dedicadas al control de una máquina de tres ejes o a la programación de un conjunto de tareas.

La función F escrita luego de G01 en una misma línea permite ingresar una velocidad de avance distinta de la máxima, el valor se escribe luego de la letra F y es interpretado en las unidades de avance, esto es en mm/minuto.

3.5 MODOS DE OPERACIÓN

Los distintos modos de operación responden a las secuencias a seguir para obtener tanto cortes de 3000 milímetros o menores, tomando como referencia el extremo derecho de la varilla, como cortes de 3000 milímetros o mayores tomando como referencia el extremo izquierdo de la misma. Es necesario también tener en cuenta que en ocasiones los extremos de las varillas no se encuentran en buenas condiciones, por lo que se cortan o despuntan antes de realizar el corte de la varilla a utilizar. Otra situación a contemplar en el modo de operación es la realización del corte en varillas que no posean 6000 milímetros de longitud.

Los pasos previos para operar el sistema de corte en cualquiera de sus modos resultan indispensables, ya que por medio de estos, el control toma las referencias reales de la máquina y actúa conforme a las configuraciones realizadas. Se proveerán cuatro puntos de referencia para alinear la varilla a cortar, uno para cada modo de operación. Una vez alineada la varilla se sujetará por medio de una mordaza ubicada a 3500 milímetros del cero de la máquina.

Las coordenadas relativas (*offset #*) establecidas en el apartado 3.3 se utilizan en cada modo de operación para simplificar el ingreso de las medidas a cortar, de manera que no sea necesario realizar cuentas ni establecer ceros.

Se detallan a continuación las coordenadas de las referencias que se utilizan para alinear las varillas a cortar.

Referencia 1: Se ubica coincidente con el plano derecho del disco de corte, con la plataforma ubicada en el cero de las coordenadas absolutas. A partir de ahora para simplificar la explicación se tomará como cero de máquina el plano derecho del disco de corte con la plataforma ubicada en el cero de las coordenadas absolutas.

Referencia 2: Se ubica a 5 mm a la derecha del cero de máquina.

Referencia 3: Se ubica a 6003,2 mm a la izquierda del cero de máquina.

Referencia 4: Se ubica a 3503,2 mm a la izquierda del cero de máquina.

Los pasos previos que se detallan a continuación son indispensables antes de comenzar una sesión de cortes, una vez realizados se puede operar en cualquiera de sus modos sin necesidad de repetirlos.

Paso 1: Referenciar la máquina a sus coordenadas absolutas seleccionando el botón *REF ALL HOME* en la pantalla principal.

Paso 2: Activar los límites por software seleccionando el botón *Soft Limits* en la pantalla principal.

Paso 3: Ingresar la instrucción G0 en la línea *Input* de la pantalla MDI y presionar intro.

A continuación se detallan mediante una secuencia a seguir los diferentes modos de operación que facilitan la ejecución de cortes, teniendo en cuenta la longitud de los mismos, la longitud de la varilla desde la que se parte y el posible despunte previo.

Modo 1 (cortes de 10 a 3000 mm sin despunte)

Seguir la secuencia descrita a continuación para obtener cortes de 10 a 3000 mm a partir de varillas de más de 3500 mm.

- a) Alinear el extremo derecho de la varilla con la referencia 1 y apretar la mordaza de sujeción fija.
- b) Seleccionar las coordenadas relativas 1 (*offset 1*).
- c) Introducir la longitud a cortar en la línea *Input* de la pantalla MDI anteponiendo la letra X y presionar intro.
- d) Apretar la mordaza de la plataforma, cortar y aflojar la mordaza.

Modo 2 (cortes de 10 a 3000 mm con despunte)

Seguir la secuencia descrita a continuación para obtener cortes de 10 a 3000 mm a partir de varillas de más de 3500 mm con despunte.

- a) Alinear el extremo derecho de la varilla con la referencia 2 y apretar la mordaza de sujeción fija.
- b) Seleccionar las coordenadas relativas 2 (*offset 2*).
- c) Introducir la instrucción G28 en la línea *Input* de la pantalla MDI y presionar intro.
- d) Apretar la mordaza de la plataforma, cortar y aflojar la mordaza.
- e) Introducir la longitud a cortar en la línea *Input* de la pantalla MDI anteponiendo la letra X y presionar intro.
- f) Apretar la mordaza de la plataforma, cortar y aflojar la mordaza.

Modo 3 (cortes de 3000 a 6000 mm)

Seguir la secuencia descrita a continuación para obtener cortes de 3000 a 6000 mm.

- a) Alinear el extremo izquierdo de la varilla con la referencia 3 y apretar la mordaza de sujeción fija.
- b) Seleccionar las coordenadas relativas 3 (*offset 3*).
- c) Introducir la longitud a cortar en la línea *Input* de la pantalla MDI anteponiendo la letra X y el signo menos (X-) y presionar intro.
- d) Apretar la mordaza de la plataforma, cortar y aflojar la mordaza.

Modo 4 (cortes de 500 a 3499 mm)

Seguir la secuencia descrita a continuación para obtener cortes de 500 a 3499 mm en varillas de menos de 3500 mm.

- a) Alinear el extremo izquierdo de la varilla con la referencia 4 y apretar la mordaza de sujeción fija.
- b) Seleccionar las coordenadas relativas 3 (*offset 4*).
- c) Introducir la longitud a cortar en la línea *Input* de la pantalla MDI anteponiendo la letra X y el signo menos (X-) y presionar intro.
- d) Apretar la mordaza de la plataforma, cortar y aflojar la mordaza.

Modo Libre (cortes de pequeña longitud)

En ocasiones puede resultar útil realizar cortes consecutivamente, es el caso en el que se requiere obtener varios cortes de pequeña longitud.

Para realizar un corte luego de haber realizado el primero, manteniendo la simplicidad del ingreso de las medidas, es necesario modificar el origen de coordenadas, es decir generar un nuevo sistema de coordenadas relativo con su cero desplazado 3,2 mm (espesor del disco) a la izquierda del último corte realizado. Esta tarea resulta sencilla debido a que en el software mach3 es posible establecer la coordenada actual seleccionando el DRO y escribiendo en él, la posición en la que se encuentra dentro del sistema de coordenadas que tomará como referencia para ejecutar una instrucción.

Esta forma de operar el sistema de corte carece de sentido partiendo del modo 3, se aplica sin inconvenientes a los modos 2 y 3, y se debe tener el recaudo de realizar el primer corte en el extremo derecho de la varilla en el modo 4, ya que la mordaza de sujeción se encuentra a la izquierda.

Las figuras 1 a 3 muestran diferentes vistas del sistema de corte, estos dibujos fueron realizados con el programa inventor.

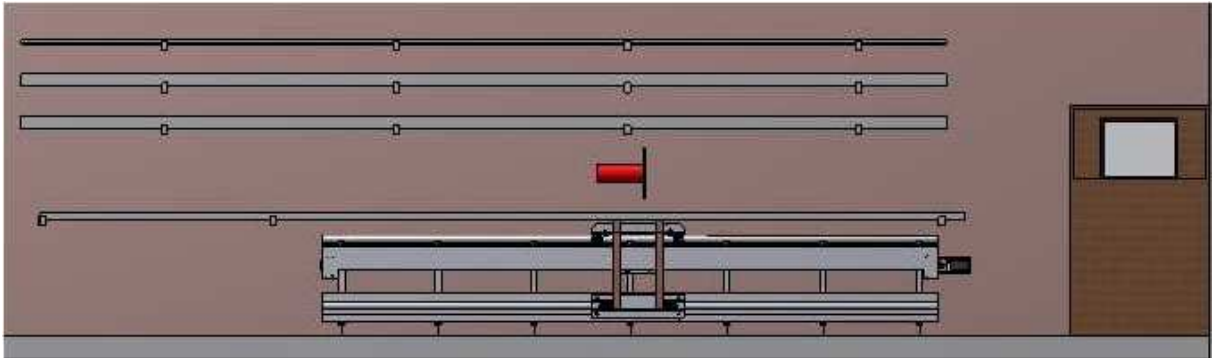


Figura 1 – Vista de frente

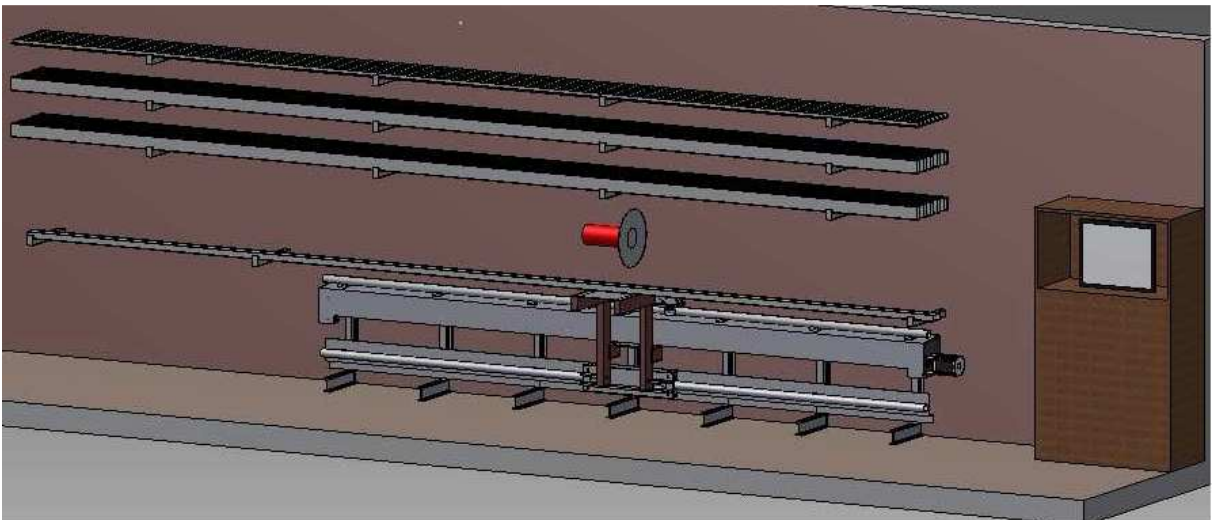


Figura 2 – Vista en perspectiva

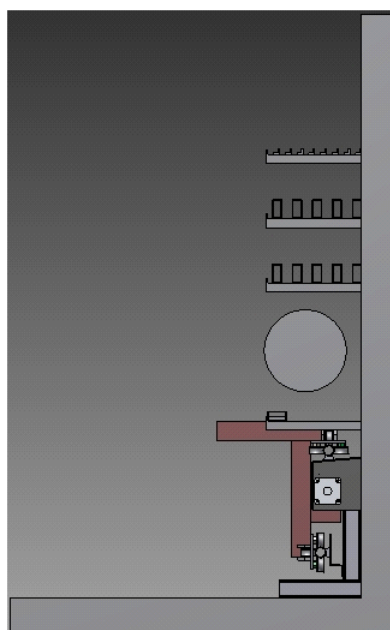


Figura 3 – Vista de perfil

A continuación se listan los materiales necesarios y su costo, diferenciando los que proveen comerciantes ubicados en la ciudad de Mar del Plata y los que se encuentran en otras ciudades.

Proveedores de Mar del Plata					
Material	Detalle	Cantidad	Proveedor	Fecha	Costo en \$
Caño guía	Acero inox 304L De = 48,3 mm e = 3,6 mm	8 m	1	ene-15	3.360
Soportes de guías	Acero laminado e = 50 mm corte con pantógrafo	12 unidades	2	feb-15	1.140
Derlin para ruedas	De = 60 mm Di = 30 mm	0,5 m	1	ene-15	220
Rodamientos para ruedas	Rodamiento a bolillas con doble blindaje N° 6004	12 unidades	3	mar-15	480
ejes de ruedas	Acero 1010 hexagonal de 30mm	0,5 m	2	feb-15	170
ejes de ruedas	Acero 1010 redondo de 20mm	0,3 m	2	feb-15	45
Placas de deslizadores	Acero laminado e = 12,7 mm corte con pantógrafo	0,27 m2	2	feb-15	810
Estructura de la plataforma	Caño 80x40x2 mm	3 m	2	feb-15	220
Base de la plataforma	Acero laminado e = 8 mm corte con pantógrafo	0,15 m2	2	feb-15	270
Perfiles de soportes	IPN del 10	5,6 m	2	feb-15	1.064
perfiles de apoyo para guías	Acero laminado e = 6 mm corte y plegado	2,4 m2	2	feb-15	3.240
Mecanizados	Torneado y Fresado Ruedas Ejes de ruedas Deslizadores Soportes de guías		4	mar-15	4.500

Corte de varillas de hierro por control numérico
Diego Echarry

Material	Detalle	Cantidad	Proveedor	Fecha	Costo en \$
PC	Cpu + teclado + monitor	1	5	mar-15	5.200
Máquina sensitiva	Marca Makita	1	6	sep-15	3.012
Proveedores fuera de Mar del Plata					
Material	Detalle	Cantidad	Proveedor	Fecha	Costo en \$
Placa interfaz		1	7	Jul-15	943
Motor pap	8 Nm	1	8	sep-15	3.658
Driver	6 A hasta 65.535 ppr	1	8	sep-15	5.900
Husillo	Diametro = 40 mm Paso = 40 mm Largo = 3,5 m	1	9	mar-15	12.100
Tuerca de husillo	Simple bridada de bolillas recirculantes	1	9	mar-15	7.871
Cadena portacables	25x25 mm Largo = 2 m	1	9	ene-15	1.140
TOTAL	Materiales + Mecanizado				55.343

Mano de obra	Oficial múltiple	200 horas hombre		mar-15	14.000
--------------	------------------	------------------	--	--------	--------

TOTAL	Materiales + Mecanizado + Mano de obra				69.343
--------------	---	--	--	--	---------------

1: FESCAP
Talcahuano 654, Mar del Plata
www.fescap.com

3: EL MARPLATENSE
Juan B. Justo 2332, Mar del Plata
Tel: 0223-4820799

- 2: ARAHAM WOLODARSKY
Juan de Solis 4370, Mar del Plata
Tel: 0223-4802325
- 4: DANIEL PROVOOST
Gral. Savio 254, Mar del Plata
www.provoostmecanizados.com
- 5: STARTECH
Tucumán 4710, Mar del Plata
Tel: 0223-4803188
www.startech.com.ar
- 6: SEYCO
Tucumán 4710, Mar del Plata
Tel: 0223-4723052
www.e-seyco.com
- 7: ESTEBAN CASTELL
Tel: 0351-4888720, Córdoba
www.esteca55.com.ar
- 8: ELINDAR
Tucumán 1860 Lanús, Buenos Aires
Tel: 011-42474094
www.elindar.com.ar
- 9: LINEARTEC
Tel: 011-44694800 Ciudadela, Buenos Aires
www.lineartec.com.ar

EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica puede enfocarse en la disminución de costos debido a la reducción de tiempos para efectuar los cortes. En este punto resulta difícil precisar el valor numérico ya que dependerán en cada caso particular, del tiempo destinado a esta tarea, de la categoría del operario que los realiza y del nivel de organización previo.

Se estima que con el sistema de corte es posible reducir en un 50% el tiempo de ejecución, en los casos donde es necesario obtener cortes de medidas diferentes.

Para que sea posible cuantificar la disminución del costo, se tomará como ejemplo el caso del taller mencionado donde se conoce el valor para esta tarea. En este se asigna un valor aproximado de \$800.- por automatismo, con lo que la disminución del costo ascendería a \$400.- por cada automatismo realizado.

El tiempo de amortización del sistema de corte depende en forma directa de la cantidad de cortes o lo que es lo mismo para este caso, de las automatizaciones efectuadas.

Si se divide el valor total del sistema por la disminución del costo, se obtiene la cantidad de automatismos que deben construirse para absorberlo, el resultado de esta división es 175 automatismos, donde por supuesto no se tuvo en cuenta el costo de capital debido a que la contratación de trabajos no es un parámetro fijo y depende en gran medida de la situación económica del país y del posicionamiento en el mercado.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto además de solucionar el desafío planteado de la construcción de un sistema de corte, permitió el aprendizaje y análisis de cada una de las partes que conforman una maquinaria comandada con control numérico por computadora, un tema tan actual que no es posible imaginar la fabricación, manteniendo la competitividad, sin su implementación.

Se diseñó y calculó el conjunto de guías y rodamientos, en un esfuerzo dedicado a depender lo menos posible de materiales que no están disponibles en comercios locales. Con un objetivo similar se seleccionó y analizó la placa interfaz que se fabrica en la ciudad de Córdoba en nuestro país.

En cuanto al motor a pasos, del que se tenía un escaso conocimiento, se investigó sobre su modo de funcionamiento, problemas que pueden surgir si se manejan de manera inadecuada y como solucionarlos, obteniendo luego de reiteradas consultas con proveedores y fabricantes de maquinaria cnc, el contacto con el representante oficial de una firma que fabrica este tipo de insumos y ofrece un producto relativamente nuevo como lo es el servo fácil, el que cuenta con lazo de realimentación a través de un encoder ubicado en el motor, y driver capaz de determinar con certeza el correcto posicionamiento, con un costo similar al control de lazo abierto.

Para el ingreso de órdenes fue necesario familiarizarse con el código G&M de programación, normalizado por la ISO y utilizado en la gran mayoría de las maquinarias con cnc, en el que se discriminaron del conjunto de órdenes disponibles las que serían de utilidad.

Si bien fue posible determinar la disminución del costo debido a su implementación en el mencionado taller, las ventajas cualitativas, aunque difíciles de cuantificar, no pueden dejar de ser mencionadas, la utilización de un espacio exclusivo para realizar la tarea de corte, disminuyendo y ordenando el área necesaria para dicha tarea, la independencia de la cualidad o voluntad del operario para lograr exactitud, el ahorro de esfuerzo físico y por supuesto minimizar el tiempo de ejecución, representan una mejora que es imposible pasar por alto y hacen de este sistema una opción muy atractiva para pequeños y medianos talleres que realicen tareas similares.

POSIBLES AMPLIACIONES DEL PROYECTO

El hecho de partir de una base de conocimientos y tecnología actuales en el control de posición de máquinas y herramientas, hace posible la ampliación o mejora de algunos aspectos de este proyecto, con el que se logró el objetivo planteado inicialmente, mejorar sustancialmente el proceso de corte de las varillas sin necesidad de gran capacitación del operario, en donde las órdenes se ingresan de manera repetitiva y preestablecidas, siendo la medida a cortar el único parámetro variable. Esta particularidad limita el nivel de automatización del proceso, por tal motivo las mejoras deben incluir la programación previa de un conjunto de órdenes y el accionamiento de sistemas neumáticos o adicionar ejes con motores a pasos, capacidades que están disponibles tanto en la pc, el software como en la placa interfaz. A continuación se sugieren 2 posibles ampliaciones.

AMPLIACIÓN 1: adición de sistema neumático

Accionamiento neumático de las dos mordazas y descenso del disco de corte comandado por las salidas auxiliares, lo que permitirá cortes sucesivos de manera automática.

AMPLIACIÓN 2: reemplazo del disco de corte por un pico de plasma

Cambio de mordazas fijas por otras giratorias y reemplazo del disco de corte por un pico cortador de plasma, montado en dos ejes adicionales sobre la plataforma que completen el desplazamiento en tres dimensiones y sea posible conseguir cortes sucesivos y la ejecución de perforaciones sobre la varilla.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual de Discos de corte y Desbaste KLINGSPOR
- [2] www.metalactual.com/revista/9/discos_de_corte.pdf
Fecha de descarga: 1/2015
- [3] www.makita.com.ar
Fecha de descarga: 1/2015
- [4] Mecánica de Materiales
Teorías de Elasticidad, Plasticidad y Mecánica de Fracturas
Mirco D. Chapetti
Editorial: Al Margen
- [5] Manual de tornillos de Bolas Recirculantes HIWIN y Rexroth
Obtenido de: Lineartec
- [6] Cálculo de motor
Obtenido de: www.leadshine.com/Pdf/Calculation.pdf
Fecha de descarga: 3/2015
- [7] Trabajos Publicados:
- Control de un motor paso a paso, Fernández Aragón
Universidad de Navarra
Obtenido de: www.academica-e.unavarra.es/handle/2454/3547
Fecha de descarga: 4/2015

 - Motores paso a paso, Fernando D. Cuenca
Instituto Balseiro
Obtenido de: www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf
Fecha de descarga: 4/2015
- [8] Catálogo de motores a pasos Fulligmotor
Obtenido de: Lineartec
- [9] Características técnicas del Motor Servo Fácil
Obtenido de: www.leadshine.com/series.aspx?type=products&category=easy-servo-products&producttype=easy-servo-motors&series=ES-MH
Fecha de descarga: 8/2015
- [10] Trabajo publicado:
El Puerto Paralelo
Centro Integrado Politécnico
Obtenido de: www.etitudela.com/fpm/comind/downloads/elpuertoparalelo.pdf
Fecha de descarga: 6/2015

- [11] Manual del Software Mach3
Obtenido de: www.machsupport.com/help-learning/product-manuals/
Fecha de descarga: 4/2015

- [12] Manual de la Placa Interfaz
Obtenido de: Esteban Castell

- [13] Manual del Driver ES-DH2306
Obtenido de: www.leadshine.com/series.aspx?type=products&category=easy-servo-products&producttype=easy-servo-drives&series=ES-DH
Fecha de descarga: 8/2015

- [14] Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas
AEA 90364
Edición: Marzo de 2006

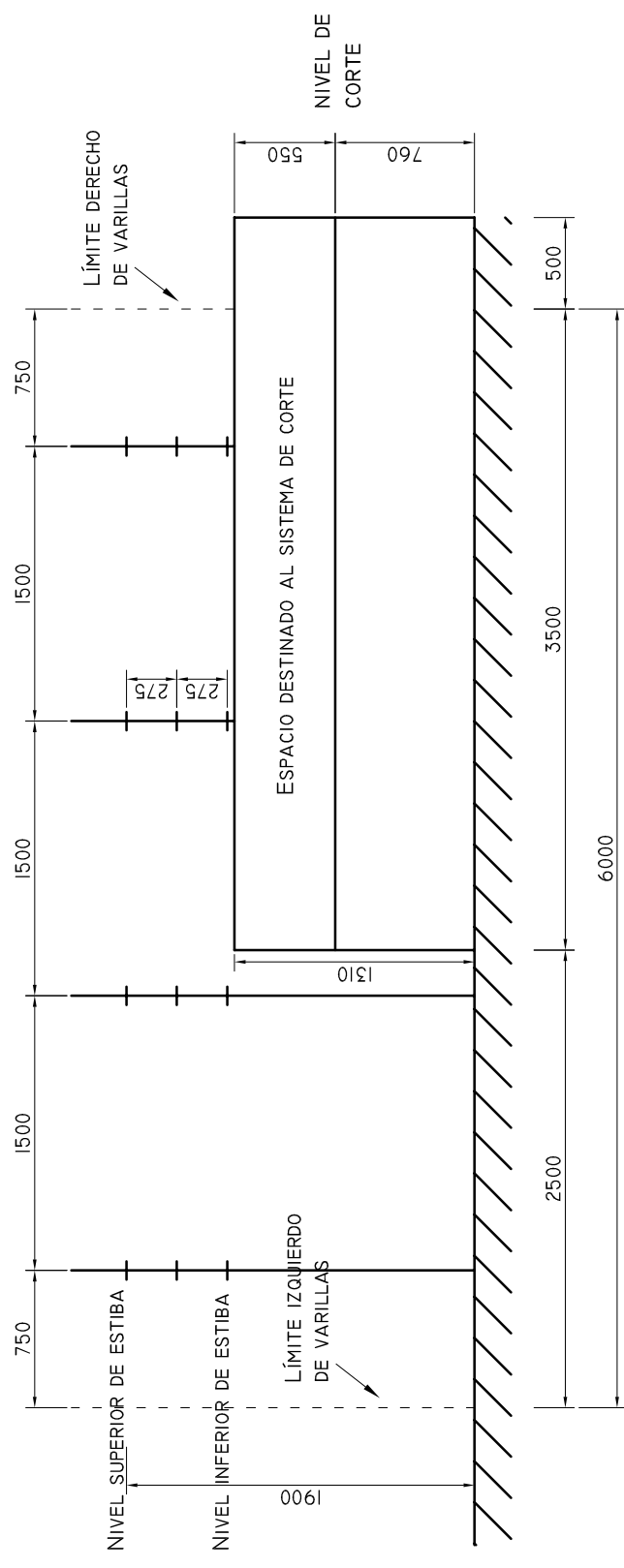
- [15] Catálogo FESMA de Cadenas Porta Cables
Obtenido de: Lineartec

- [16] Trabajo Publicado:
Programación de Control Numérico ISO Standard (Código G)
Obtenido de: www.gulmi.com.ar/iso.pdf
Fecha de descarga: 6/2015

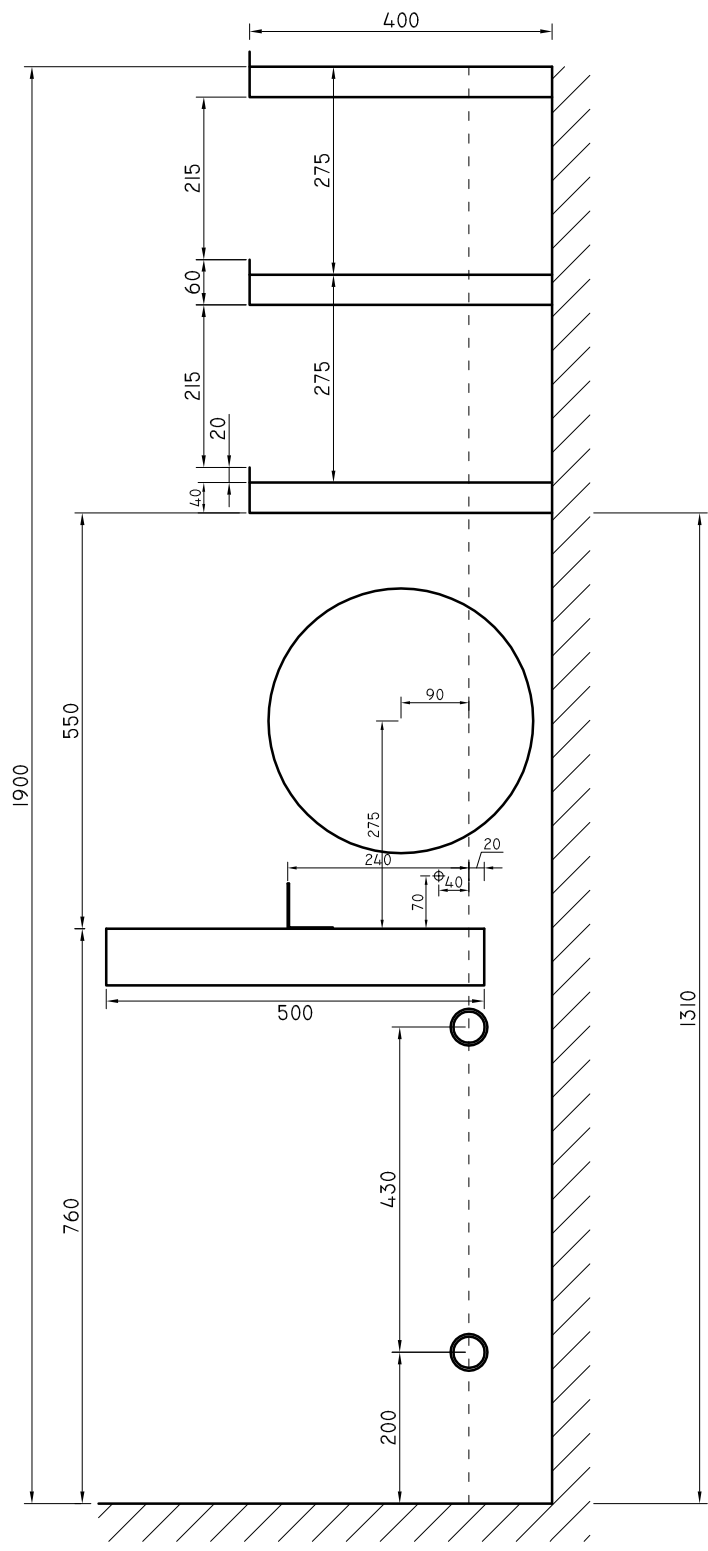
PLANOS

- I-Ubicación del sistema de corte respecto a la estantería-Vista de frente**
- II-Ubicación del sistema de corte respecto a la estantería-Vista de corte**
- III-Diagrama de fuerzas**

CANTIDAD DE SOPORTES PARA VARILLAS = 4
 DISTANCIA ENTRE SOPORTES = 1,5M , DESDE EXTREMO DE VARILLA = 0,75M



UBICACIÓN DEL SISTEMA DE CORTE RESPECTO A LA ESTANTERÍA	
VISTA DE FRENTE PLANO N° I	
AUTOR: DIEGO ECHARRY	ESCALA 1:40



UBICACIÓN DEL SISTEMA DE CORTE RESPECTO A LA ESTANTERÍA	
VISTA DE CORTE PLANO N° 2	
AUTOR: DIEGO ECHARRY	ESCALA 1:10

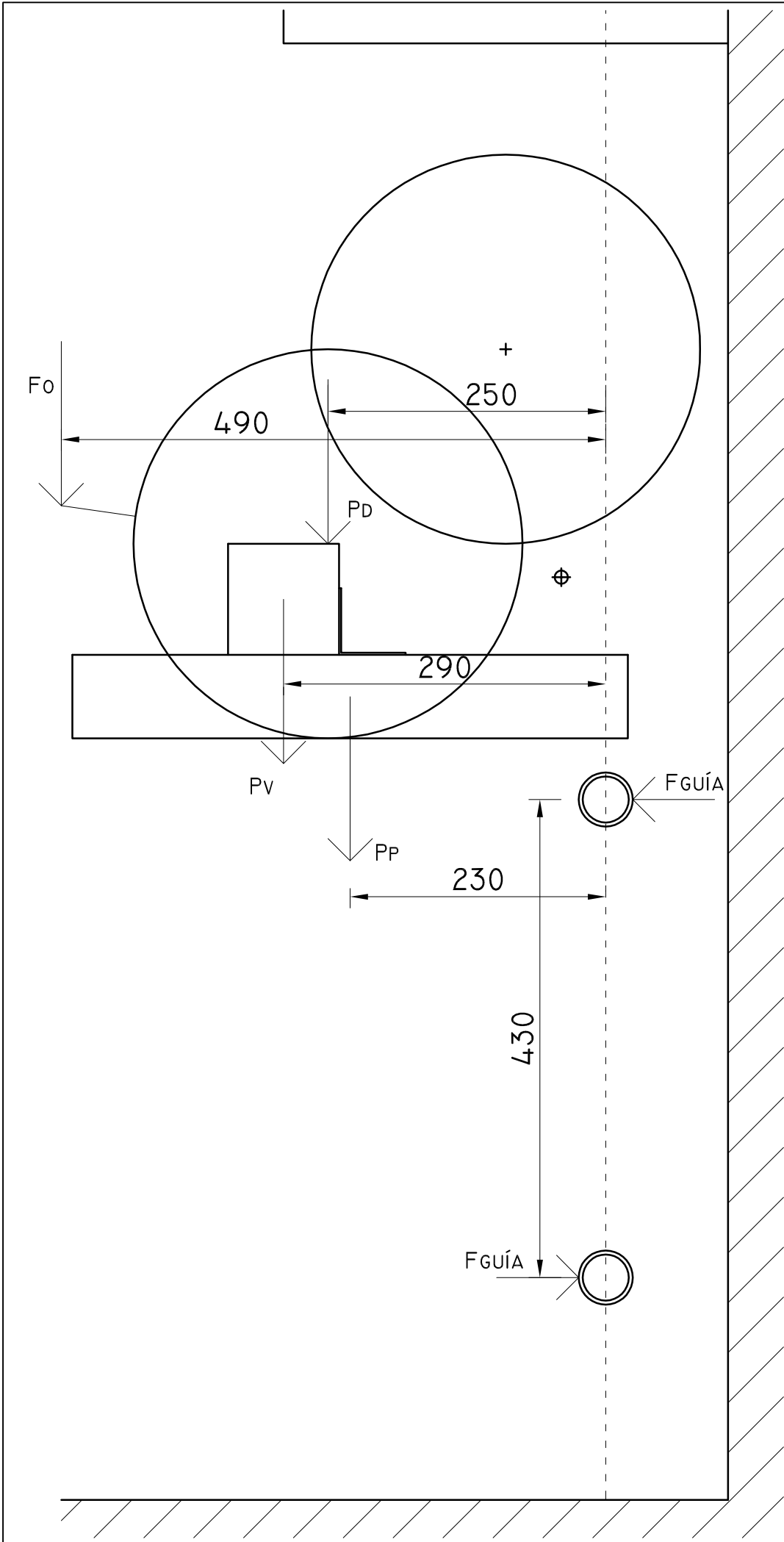


DIAGRAMA DE FUERZAS	
VISTA DE CORTE PLANO N° 3	
AUTOR: DIEGO ECHARRY	ESCALA 1:5

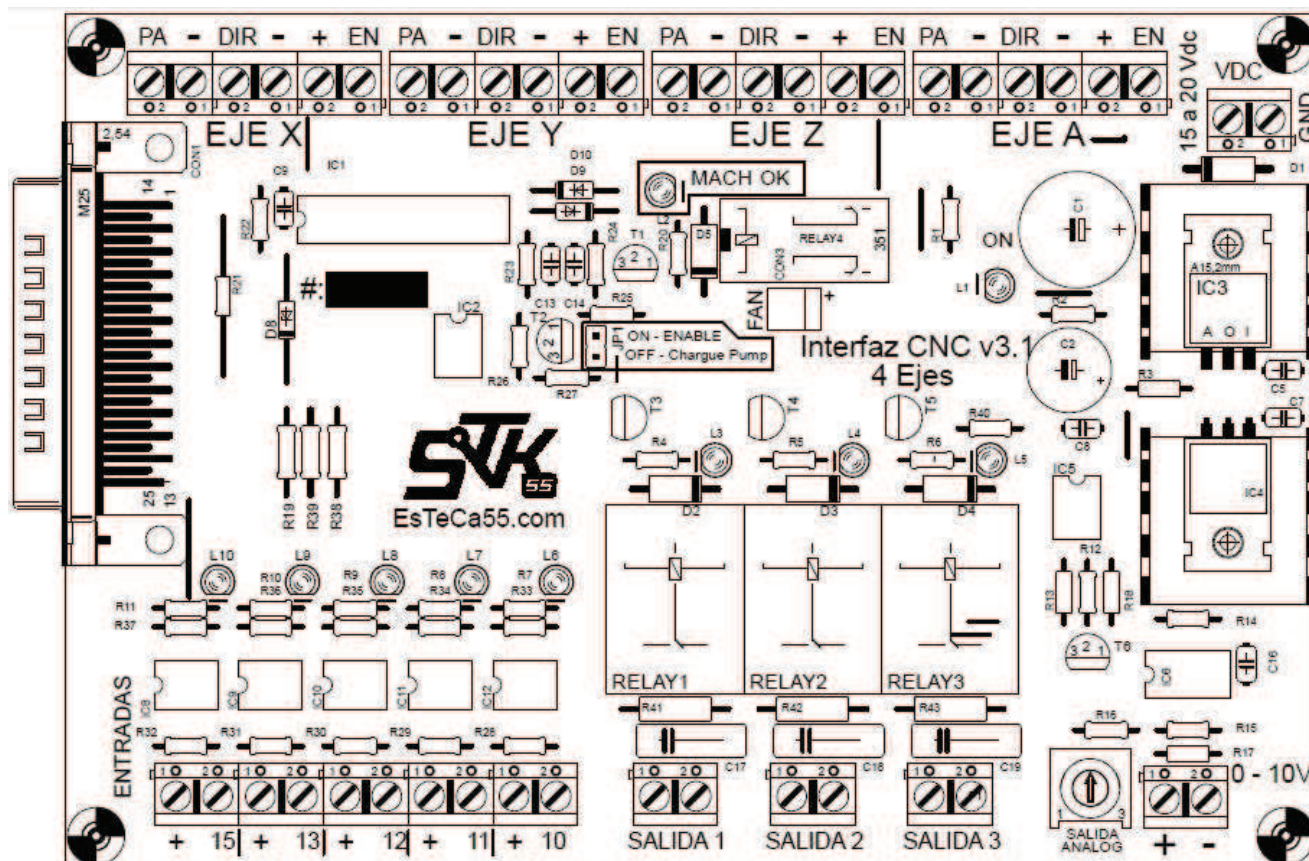
ANEXOS

I - Manual de la placa interfaz STK

II - Manual del Driver Leadshine ES-DH2306

Interfaz CNC STK v3.1

La Interfaz CNC para puerto paralelo puede manejar hasta 4 ejes, cuenta con 3 salidas de tipo rele, 5 entradas, control de Habilitación de Drivers y salida analógica para control de variador de frecuencia de Husillo.



Características Generales:

- Control de hasta 4 ejes con las señales de control: Paso, Dirección y Habilitación.
- Habilitación general desde el soft mediante señal de ENALE o Charge-Pump que impide el uso de la placa si la PC o el Soft dejan de funcionar.
- 5 entradas de señal en 12 V para evitar ruidos, opto-aisladas.
- 3 Relés de control para dispositivos externos hasta 220 Vac
- Salida 0-10V: Una de las señales de Relé se puede usar para controlar un husillo que trabaje con una señal 0-10V para controlar su velocidad.

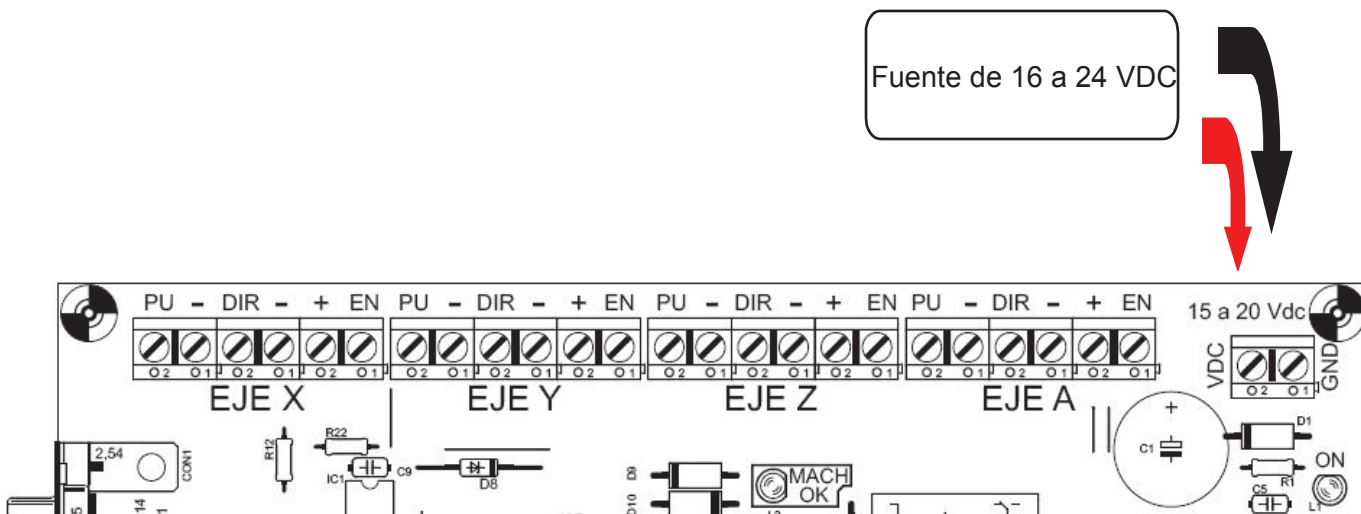
Características Técnicas:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| - Alimentación: | de 16 hasta 24 Vdc 400 mA |
| - Relés de control hasta: | 7 A en 240 Vac - 7 A en 24 Vdc |
| - Frecuencia Charge Pump: | 5 a 25 KHz |
| - Frecuencia PWM para salida 0-10 V: | 250 Hz |
| - Tensión salida Pulse, Dir, Enable: | 5 Vdc |
| - Tensión de entrada de sensores: | 12 Vdc |

Conexión y Configuración

Alimentación:

Para la conexión de la placa primero debemos disponer de una fuente de alimentación continua con valores de salida entre 16 y 24 Vdc. Respetando la polaridad indicada en la placa se lo conecta a la bornera ubicada arriba a la derecha, como vemos en la imagen siguiente.



Al encender la fuente si está bien conectada se debe prender el LED Rojo de Power que está debajo de la bornera referenciado como ON.

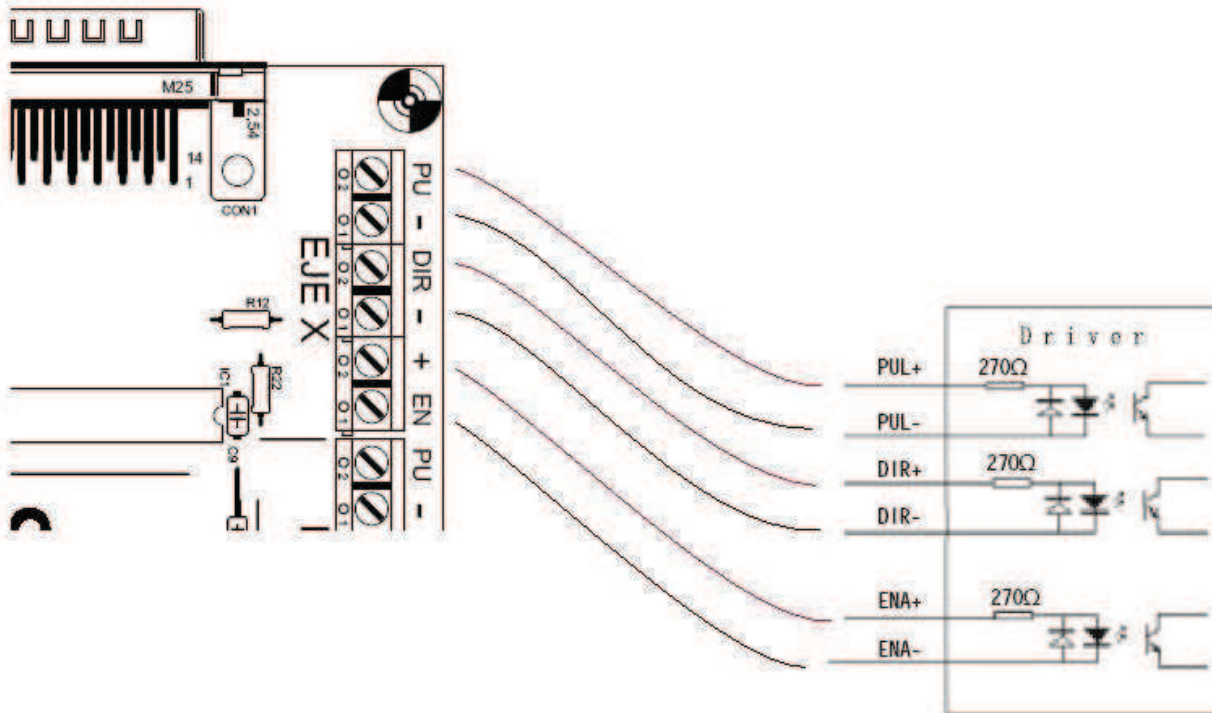
Una vez comprobada la alimentación se procede a apagar la misma y conectar el puerto paralelo de la PC mediante un cable llamado DB25 Macho a Hembra de 25 pines al conector CON1 ubicado a la izquierda de la placa.

Configuración del LPT en el software de la PC:

En el software de la PC la configuración del puerto Paralelo se debe hacer valiéndose de la siguiente tabla:

Pin	Tipo	Función
1	Salida	Charge Pump / ENABLE
2	Salida	PASO X
3	Salida	DIR X
4	Salida	PASO Y
5	Salida	DIR Y
6	Salida	PASO Z
7	Salida	DIR Z
8	Salida	PASO A
9	Salida	DIR A
10	Entrada	IN 1
11	Entrada	IN 2
12	Entrada	IN 3
13	Entrada	IN 4
14	Salida	OUT 1
15	Entrada	IN 5
16	Salida	OUT 2
17	Salida	OUT 3 o Salida 0-10V

Salidas hacia los drivers de los motores:



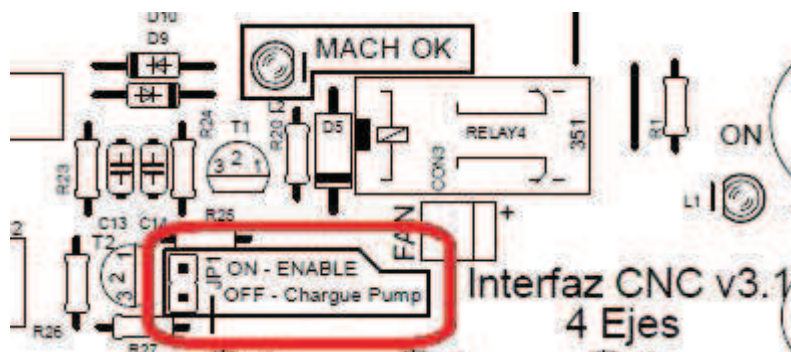
(Ejemplo de conexión con un driver comercial estándar)

Se recomienda la utilización de la señal de Enable, de este modo cuando la interfaz no se encuentra habilitada desde el soft de control, como ser el mach3, también los drivers se encuentran desactivados, des energizando por ende los motores.

Habilitación de los Motores y salidas de Relé por Charge Pump / Enable:

Esta placa posee un sistema de seguridad el cual inhabilita todas las salidas, tanto de Paso y Dirección como el accionamiento de los reles auxiliares, de este modo hasta que el software de la PC (Mach3 o similar) toma el control no hay riesgo de que se produzca ningún movimiento o se accione algún dispositivo axiliar. Las entradas siempre funcionan.

En esta versión tenemos dos maneras de controlar dicha habilitación, por una señal de clock llamada **Charge Pump** (lo más recomendable) o una señal digital llamada generalmente en los software de control como **ENABLE**, ya sea el modo que se elija el control es por un único pin del puerto, Pin N° 1 y en la placa mediante un jumper podemos elegir el tipo de control que vamos a utilizar:



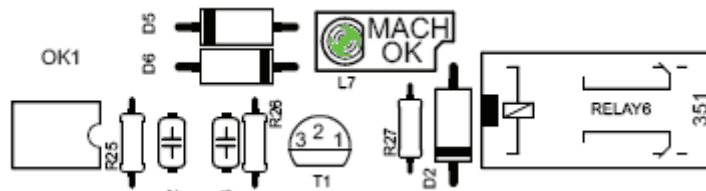
Como la misma placa lo indica al estar colocado el Jumper (puente) la placa está configurada para trabajar con la señal de enable activa por alto mientras que cuando no se coloca dicho puente la interfaz trabaja con la señal de Charge Pump.

(ver página 9 con capturas de configuración MACH3)

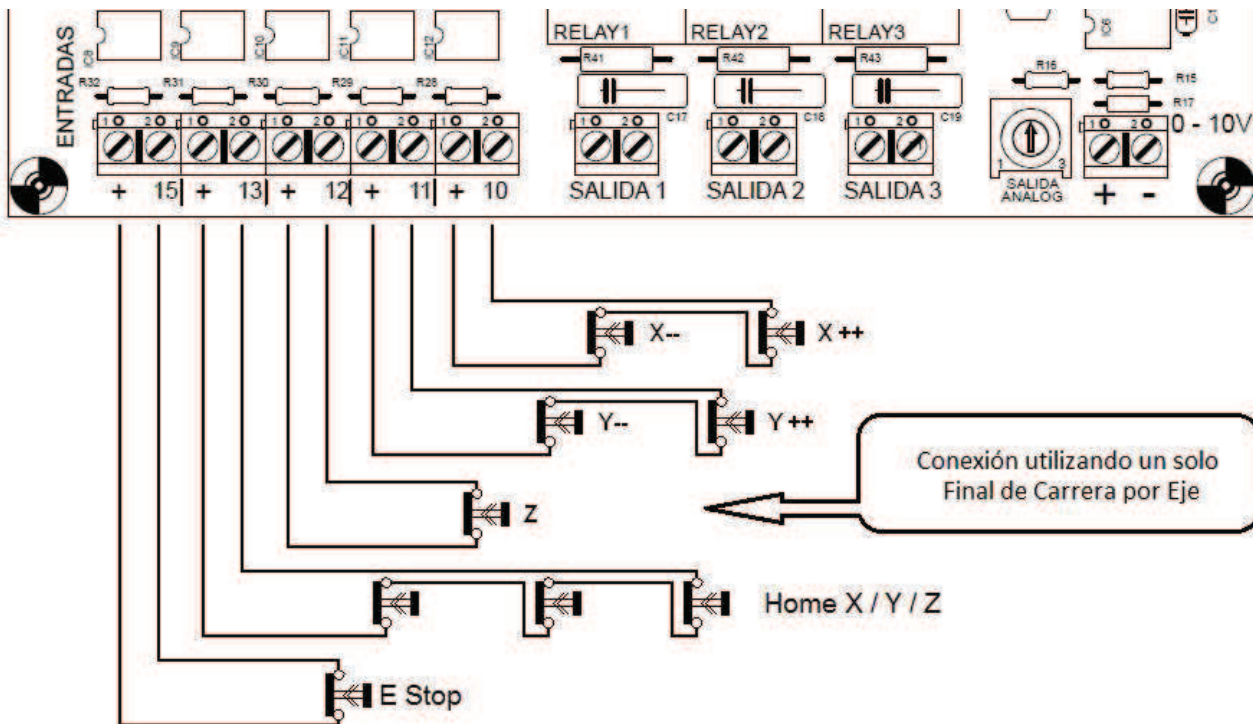
LED Mach3 OK:

Dicho Led se encenderá cuando la interfaz reciba la señal de habilitación, ya sea cualquiera de las dos opciones, **si este Led no está activo la interfaz no dejara pasar ninguna señal y no tendremos ningún movimiento en la maquina**, a su vez estará activa la señal de enable hacia los drivers que si fue cableada apagara los drivers.

De este modo lo primero a configurar es dicha señal, se puede corroborar el funcionamiento de la misma con el botón de Reset del MACH en la PC, al salir del estado de Emergencia el software de control (Botón Reset Titilando) se debe encender dicho led:



Entradas:

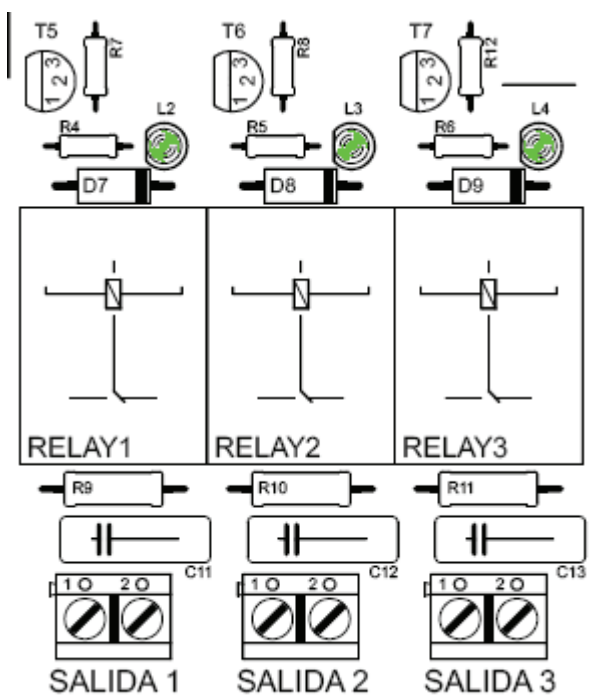


- Si trabajamos con 4 ejes podemos conectar los switches de fin de carrera y Home en serie por cada eje y a cada entrada respectiva. En este caso no disponemos los fines de carrera de paradas de emergencia porque se salió la máquina de su curso normal pero podremos simplificar el cableado.
- Parecido al anterior pero sin los switch de Home ya que podemos usar los fines de carrera negativos como Home.
- Otra opción es conectar con un sistema de 3 ejes los fines de carrera en serie a cada entrada y a la última conectamos los Home en serie. Algunos Soft permiten hacer un Home de a un eje a la vez. Lo pisan y luego lo sueltan para seguir con el otro switch.
- Podemos conectar los switches de fin de carrera todos en serie con la PE y los Home a las respectivas entradas. Es el aconsejado por la mayoría de los softwares existentes ya que permite un control con seguridad y puede hacer un Home simultáneo.

Para este último caso se dispone de la entrada RST para conectar un botón pulsador Normal Abierto (NA) el cual se usa en el momento en el que se produce una salida de carrera y nos queda un fin de carrera abierto. Con este botón apretado volvemos a tener control sobre la placa y podemos volver el eje desde el JOG del soft.

Salidas de contacto seco: (relé)

Existen 3 salidas tipo relé disponibles aparte de las salidas a los 4 ejes llamadas SALIDA 1, SALIDA 2 y SALIDA 3. En ellas se pueden conectar directamente motores hasta 7A en 220 Vac o sea 1500 W o 2 HP, o podemos conectar un contactor de potencia para controlar un motor trifásico. Estas salidas disponen de un filtro para evitar interferencias. Son todas Normal Abierto, o sea cuando está habilitada se prende el led correspondiente y se cierra la llave del relé.



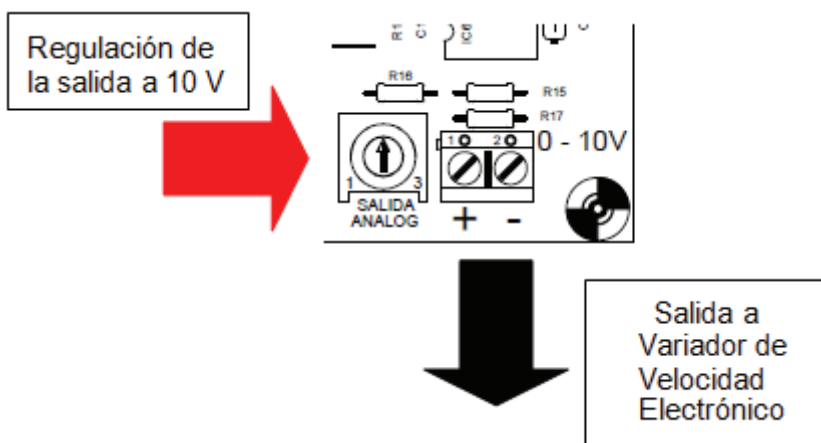
(Salidas tipo Rele)

Salida Analógica 0 - 10V (Salida 3)

Esta salida analógica me entrega un voltaje entre 0 y 10V de continua, generalmente se utiliza para controlar las rpm del husillo mediante el uso un variador de frecuencia, interconectando el mismo a dicha salida, 0V significa parado y 10 V al máximo de vueltas

Está vinculada al mismo pin que la salida 3, (pin 17), no hace falta hacer ningún tipo de conexión, simplemente según como se configure el pin 17 se utiliza una u otra salida, para utilizar las salida tipo rele se configura como una salida digital, en cambio si se requiere la salida analógica, se configura el pin 17 como la señal de PWM (ver configuración en el mach al final del manual.)

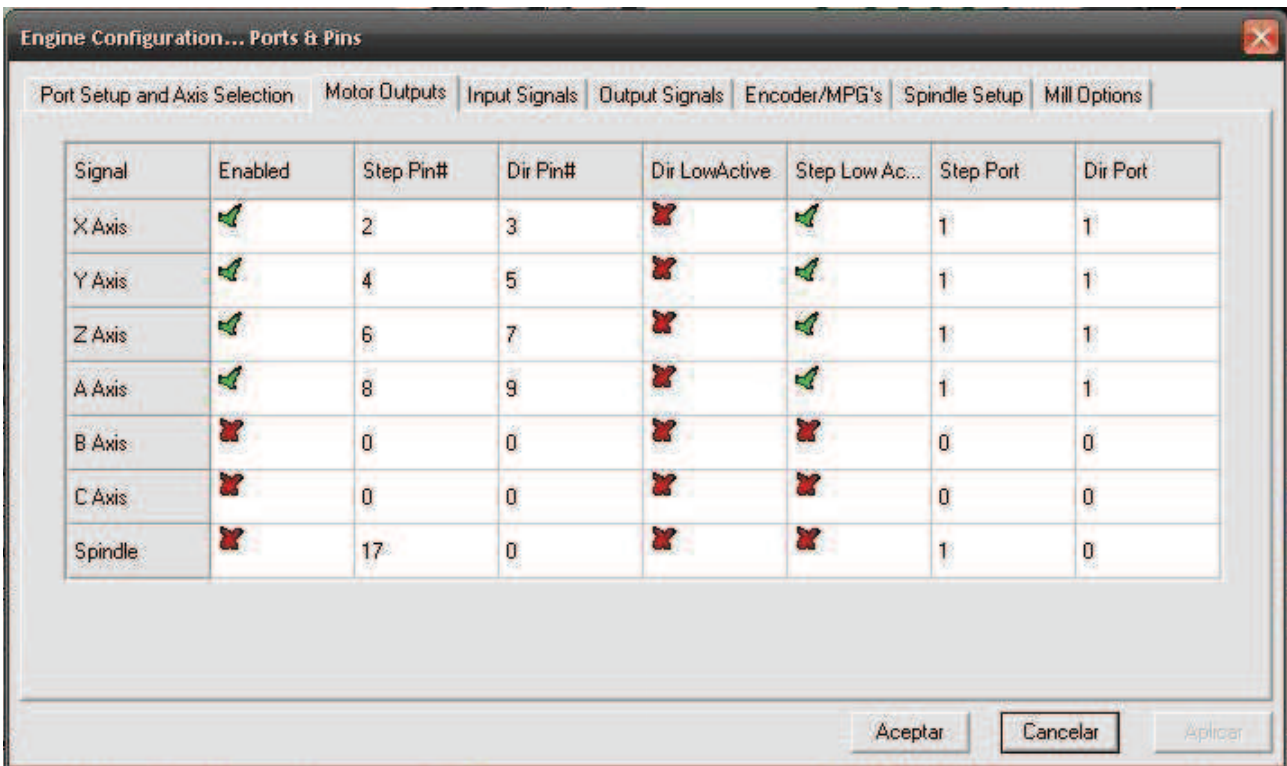
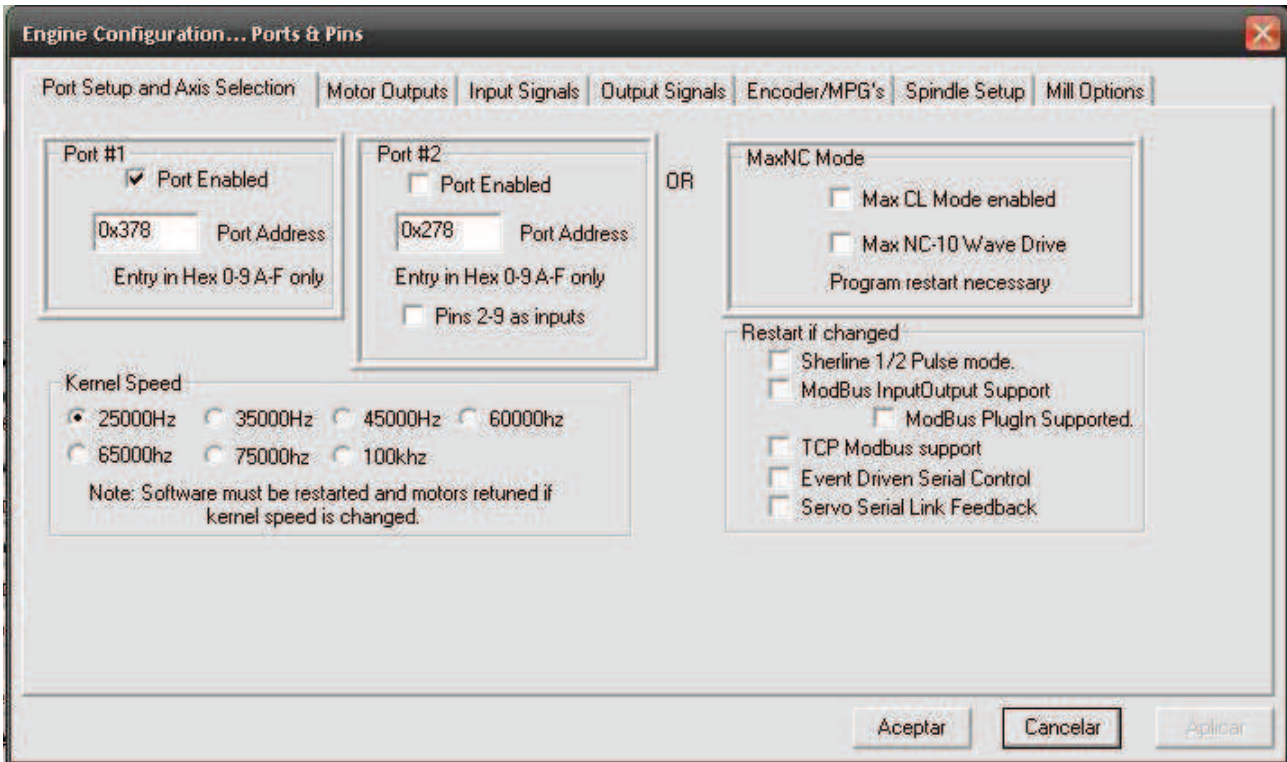
Luego medimos con un multímetro la salida 0-10V y se puede regular con el preset P1 la ganancia del amplificador para tener 10V exactos a máximo régimen. **La placa se entrega con este potenciómetro ya regulado.**



Configuración MACH3 Ver 2.60

Caso 1:

4 ejes, salida 1,2,3 , entradas de Home solamente



Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

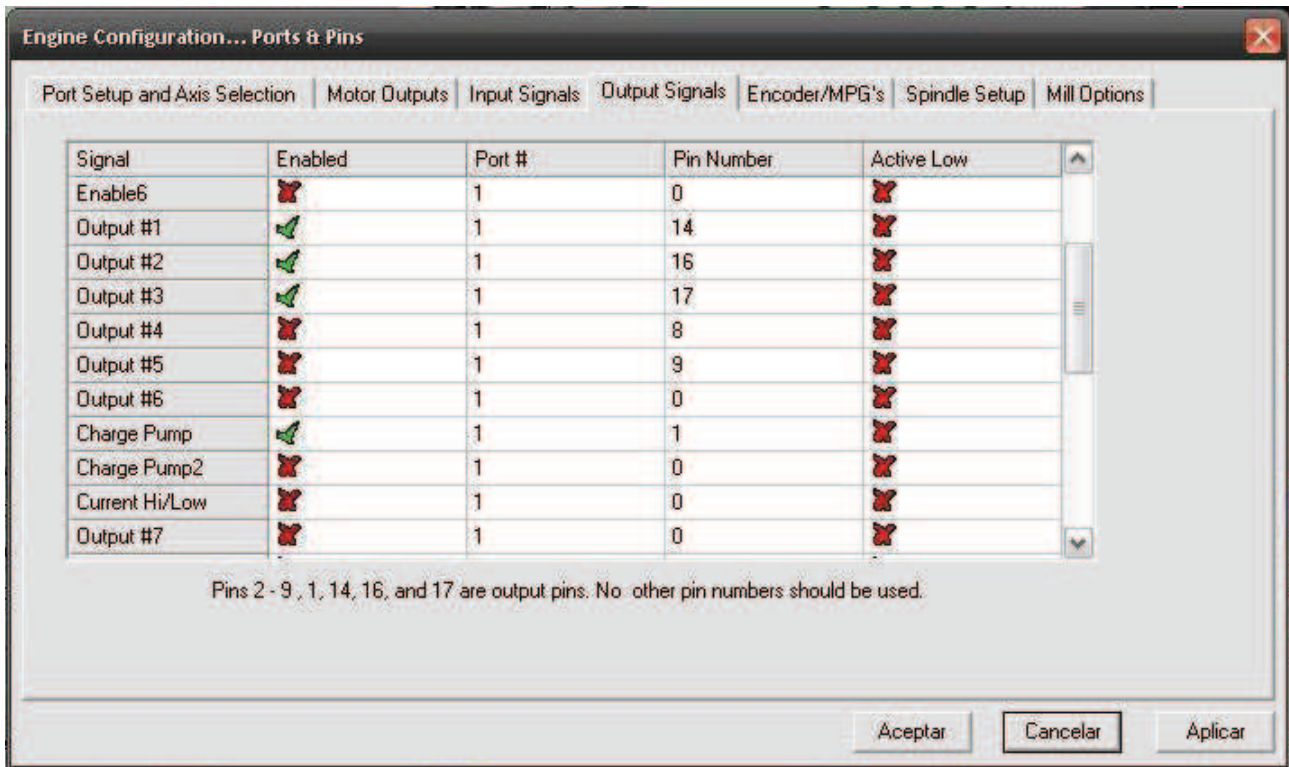
Signal	Enabled	Port #	Pin Number	Active Low	Emulated	HotKey
X Home		1	10			0
Y ++		1	0			0
Y --		1	0			0
Y Home		1	11			0
Z ++		1	0			0
Z --		1	0			0
Z Home		1	12			0
A ++		1	0			0
A --		1	0			0
A Home		1	13			0
R ++		1	0			0

Pins 10-13 and 15 are inputs. Only these 5 pin numbers may be used on this screen

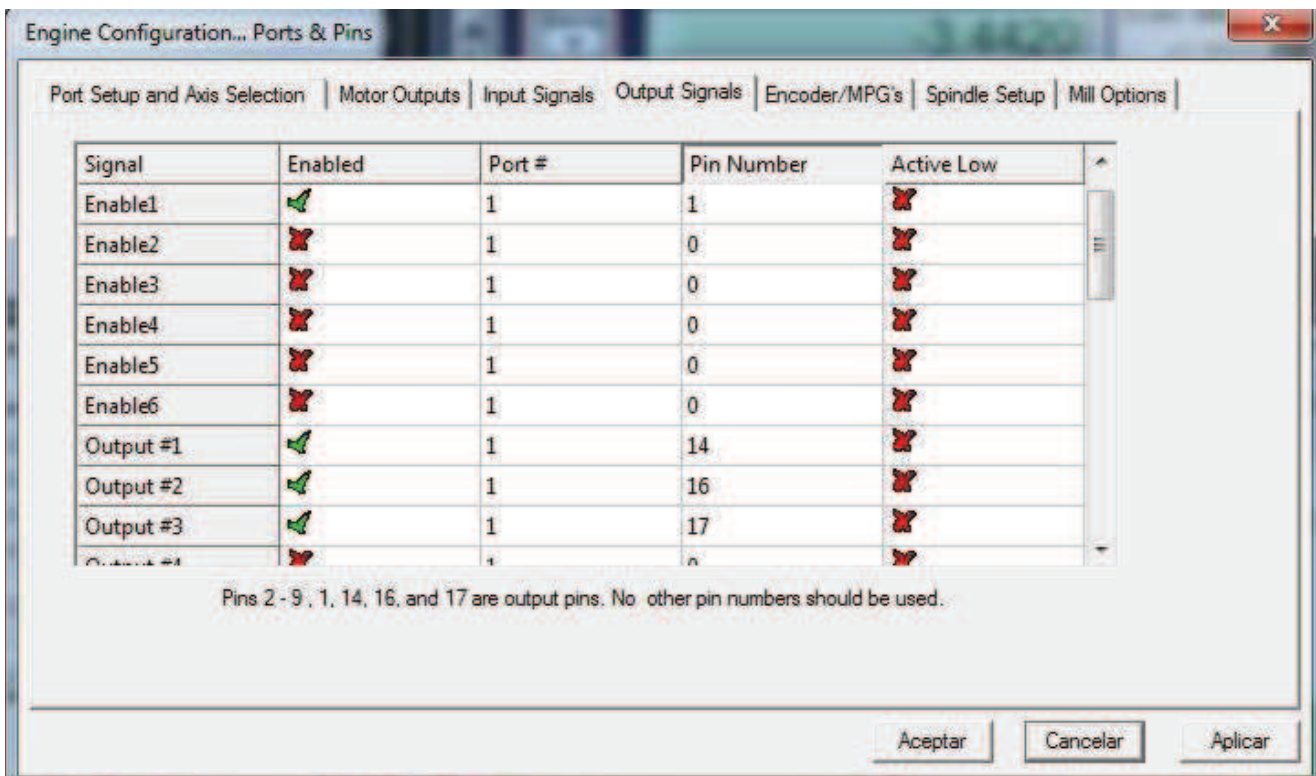
Automated Setup of Inputs

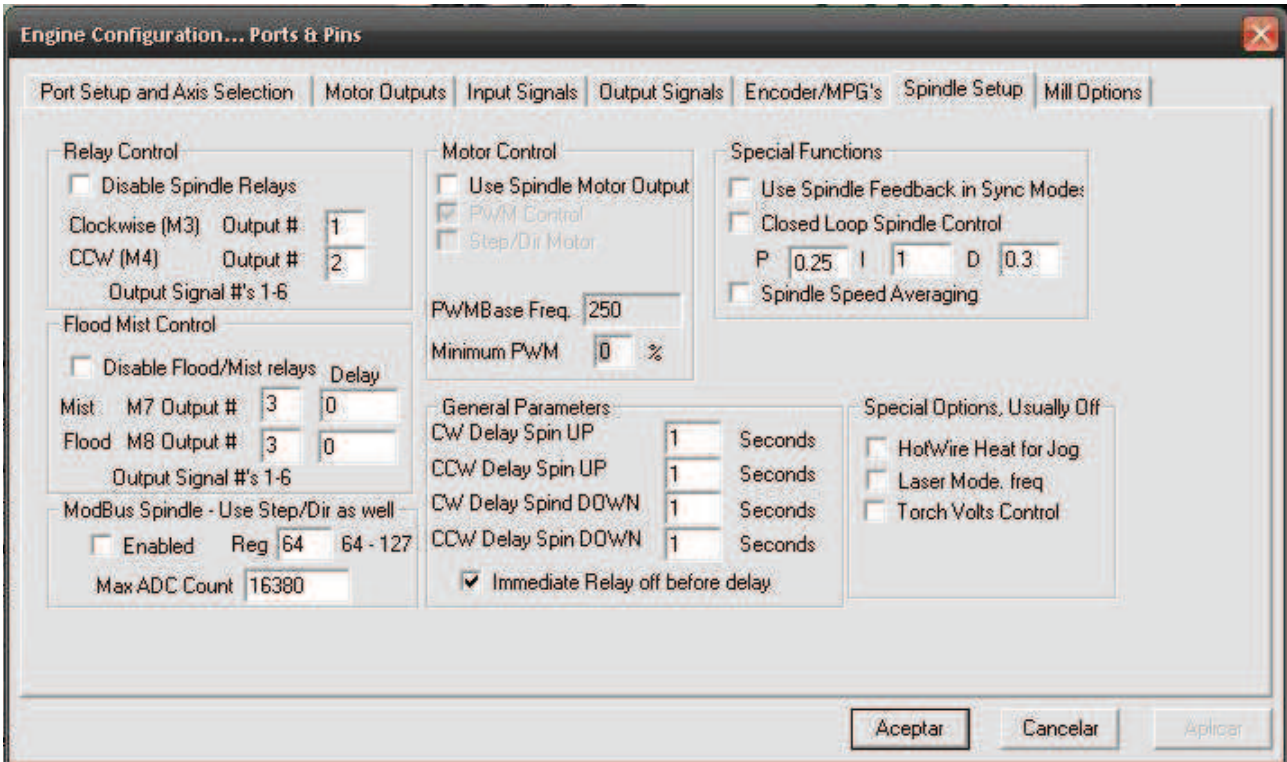
Aceptar Cancelar Aplicar

Habilitacion mediante señal **Chargue PUMP**:

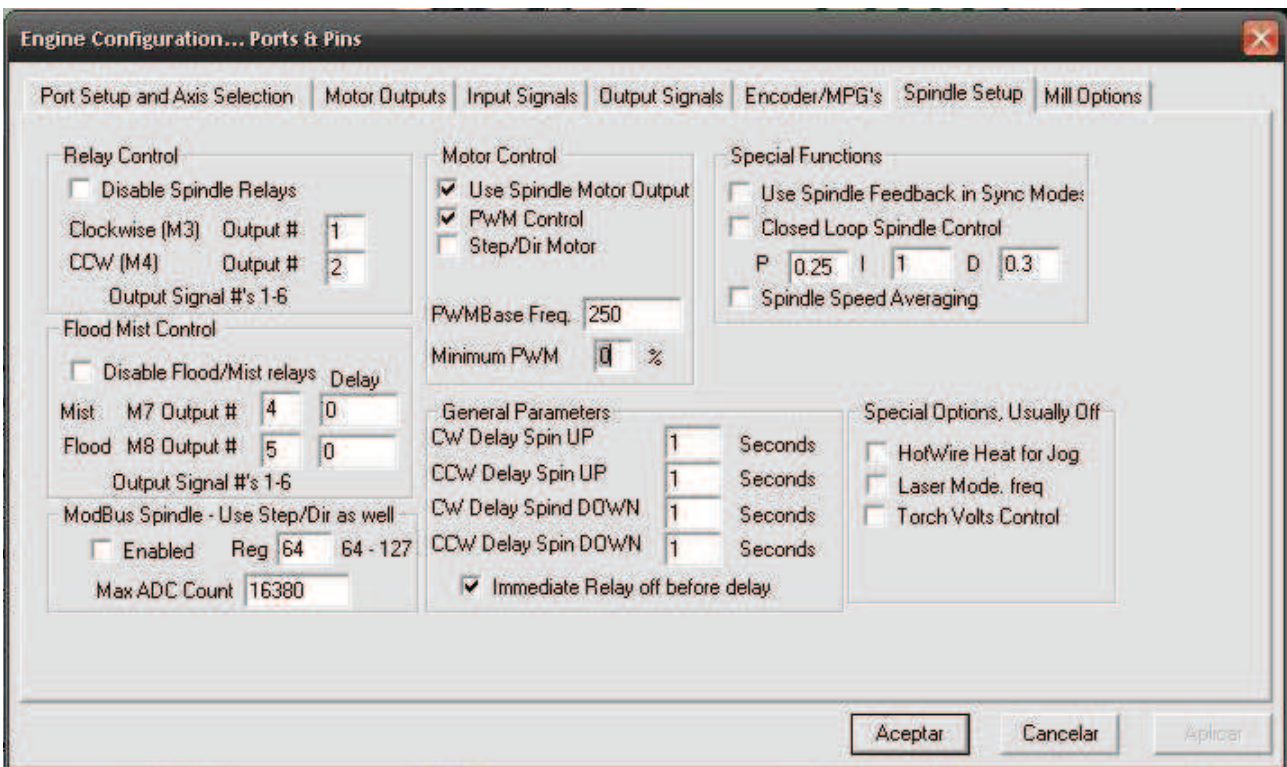


Habilitación mediante señal **ENABLE**:

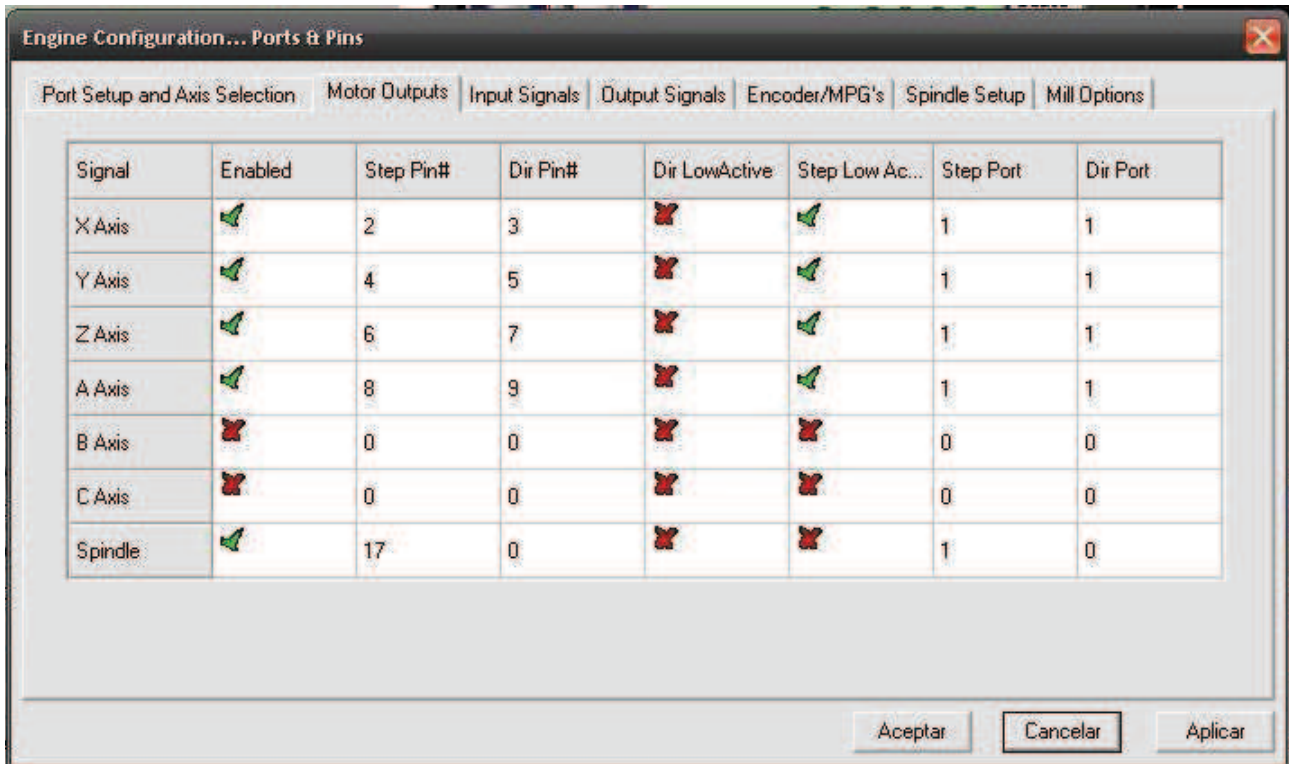




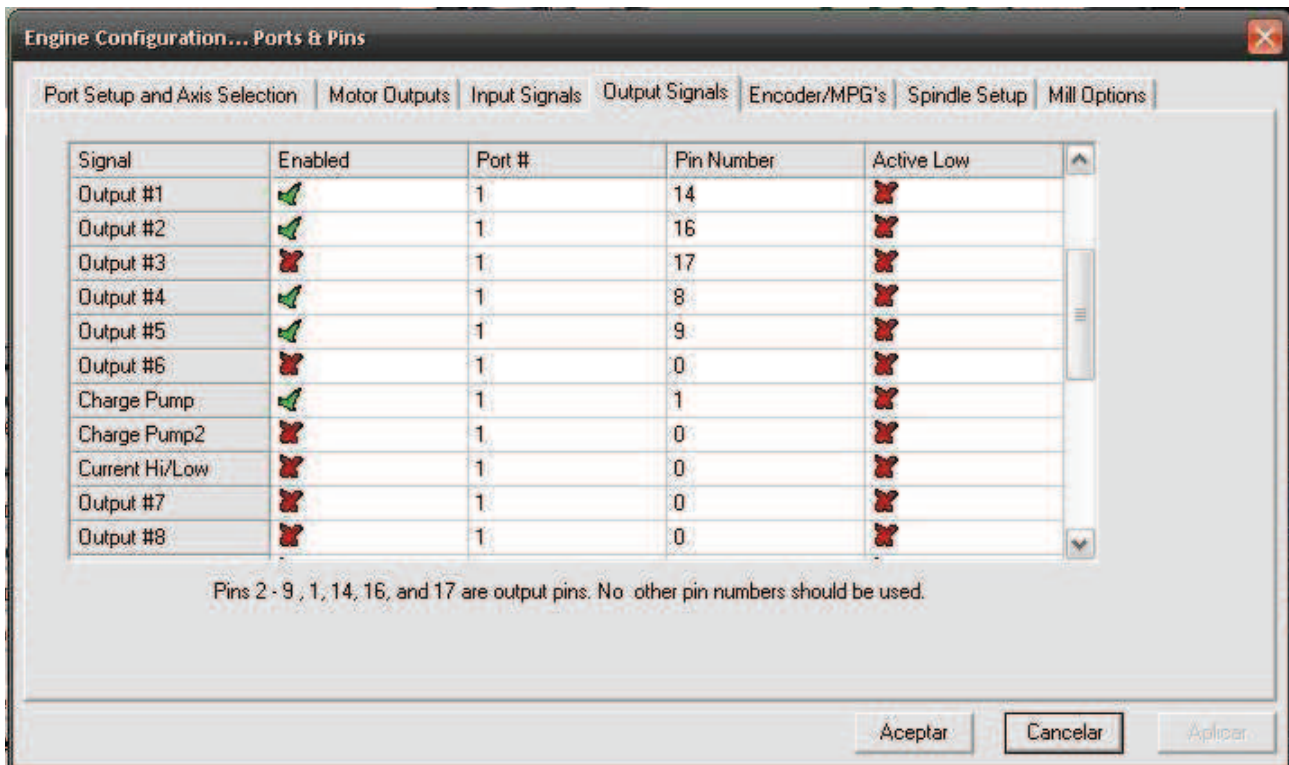
Para el caso que se usa la salida 3 como salida 0-10 V (PWM) debemos cambiar en esta pantalla, chequear Use Spindle Motor Output, PWM Control y poner 250 en la frecuencia de base a:



Y la salida de Motores marcamos la salida Spindle el pin 17 del puerto 1:

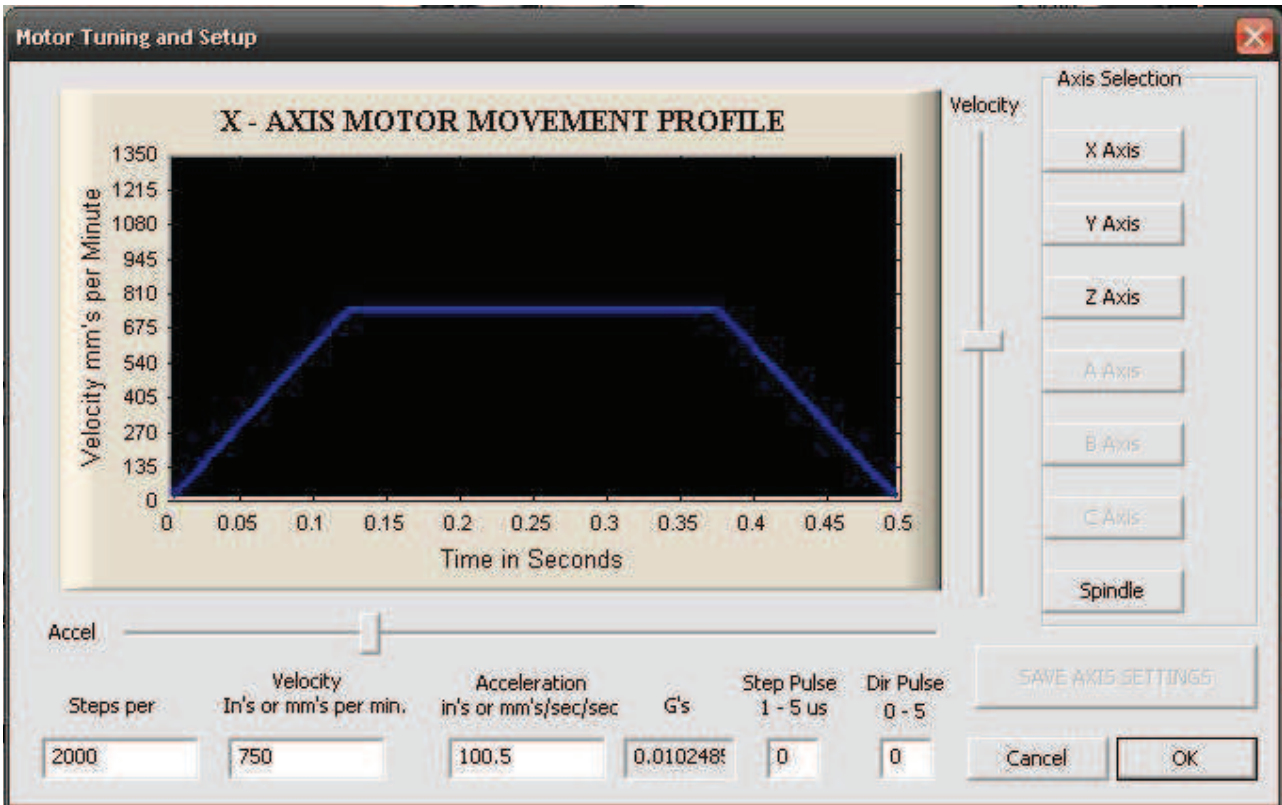


Por último si no usamos el Eje A lo deshabilitamos en la pantalla anterior y usamos esos pines para las salidas 4 y 5 como en la figura siguiente:

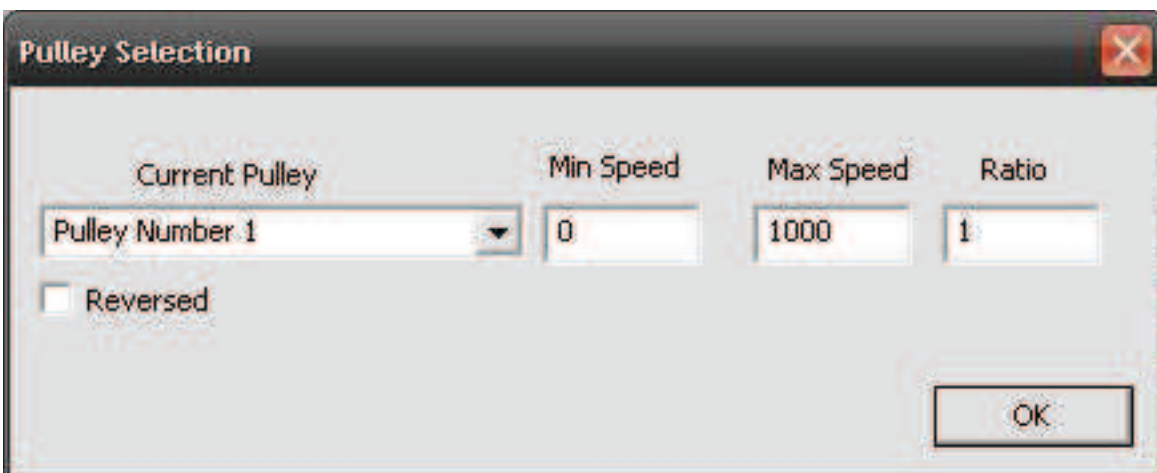


Existen dos pantallas más que son importantes:

Motor Tuning, aquí configuramos los pasos por unidad, velocidades y aceleraciones de cada eje. Esto va a depender del sistema, si tiene transmisión a correa, cadena, tornillo sin fin, etc, y de los pasos del motor y los micropasos del driver.



En la opción Spindle Pulleys configuramos la velocidad del Husillo mínima y máxima, podemos elegir varias configuraciones si nuestro sistema lo necesita. Esto es importante si queremos que funcione bien el modo 0-10V





Leadshine

Datasheet of the High Voltage Easy Servo Drive

ES-DH2306



150-230VAC, 6.0A Peak, Closed-loop, No Tuning

Version 1.2

<http://www.Leadshine.com>

Features

- Hybrid servo control technology to combine advantages of open-loop stepper systems and brushless servo systems
- Closed-loop controls to eliminate lose of steps, stall or movement synchronization
- High starting torque and quick response
- Smooth motor movement with no vibration
- Excellent respond time, quick acceleration, and very high high-speed torque (30% over open-loop)
- Load-dependent dynamic current output from drive to motor to significantly motor heating deduction
- Input voltage from 150 to 230 VAC; MAX 6.0A peak current output from drive to motor
- Micro step resolution value from 200-51,200 (increased by 1) via software configuration
- Isolated control inputs of Pulse, Direction and Enable
- No tuning for plug and play setup
- On-board HMI for easy setup and configuration
- In-position and fault outputs to external motion controllers for complete system controls.
- Over voltage, over-current, and position-error protection

Description

By taking direct 110 / 120 or 220 / 230 VAC input, Leadshine ES-DH series high voltage easy servo drives can power large NEMA 34 and 42 easy servo motors and offer huge torque to applications with motion control systems.

Leadshine ES-DH series easy servo drives are based on the latest DSP technology and Leadshine's advanced control algorithm of combing brushless servo and stepper systems. They are featured with closed position loop, offering huge torque, excellent acceleration & quick response, no torque reservation, high standstill stiffness, extra low noise & heating, smooth motor movement, no hunting, no overshooting for almost zero settling time, and no tuning for almost all applications.

Applications

Due to combining the features of both brushless servo drives and stepper drives, Leadshine ES-DH series easy servo drives are suitable for both upgrading conventional stepper systems, and replacing brushless servo systems which have closed loop and high torque requirements.

Leadshine ES-DH series easy servo drives can also be implemented as high performance open loop stepper drives with direct 110 / 120 and / or 220 /230 VAC input.

Leadshine ES-DH easy servo drives and matching easy servo motors have been successfully implemented by many OEM clients in applications such as CNC routers, plasma, milling machines, engravers, packaging machines, printing equipments.

Specifications

Electrical Specifications

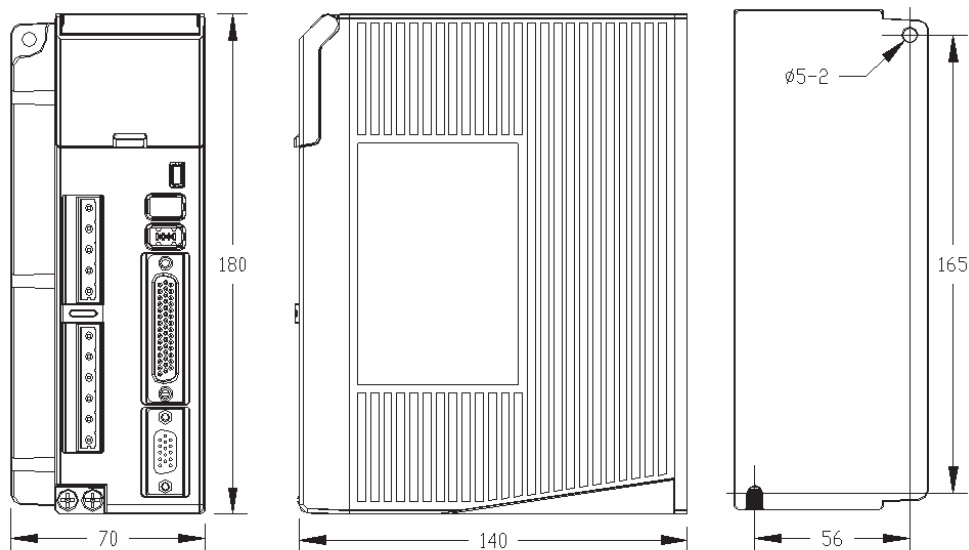
Parameters	ES-DH2306
Operating Voltage	150 – 230 VAC
Maximum Continuous Current	6.0 A
MAX Step Frequency	200KHz or 500KHz (Software Configuration)
Step, Direction and Enable Voltage	5 – 24 V
Logic Signal Input Current	7 – 20 mA

Control Specifications

Parameters	ES-DH2306
Command Input	Step/Direction, CW/CCW
Enable/Disable Input	Differential
Alarm Signal Output	Isolated OC Output
Configuration Interface	On-board HMI or RS232 communication
Regeneration Resistor	Built-in (50 Ohm, 100W), Support External

Mechanical Specifications

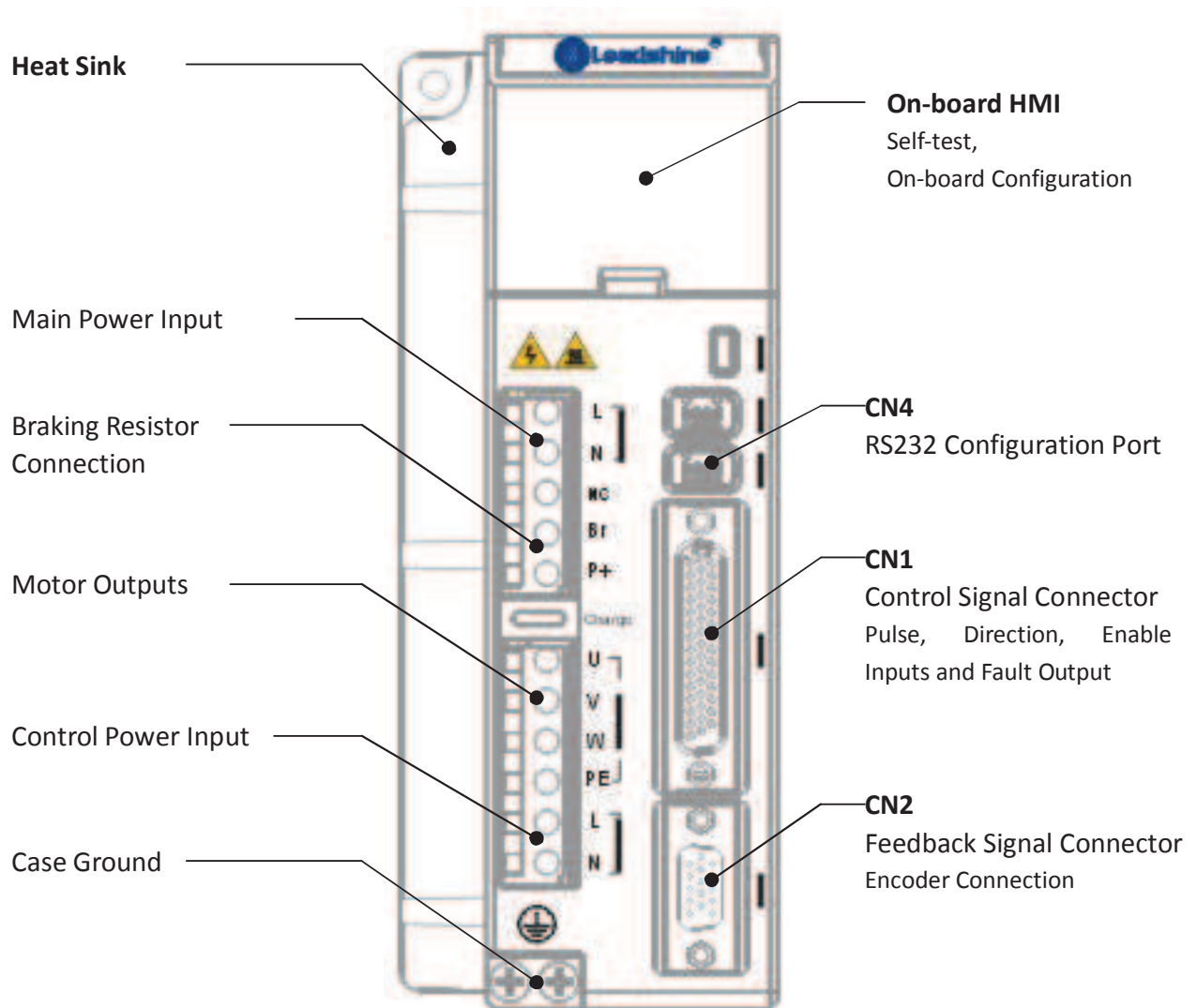
Parameters	ES-DH2306
Size	180mm * 140mm* 70mm
Weight	1500 g



Operating Environment

Cooling	Natural cooling or Forced cooling
Ambient Temperature	0 – 40 °C
Humidity	40% RH to 90% RH, No Condensation
Vibration	5.9 m/s ² MAX
Storage Temperature	-20 °C to 80 °C

Drive Appearance and Interfaces



Connectors and Pin Assignments

CN1 – Control Signal Connector			
D-Sub, 26 Pin, Female			
Pin	Name	I/O	Description
1	NC	-	No connection.
2	NC	-	No Connection.
3	PUL+	I	Pulse signal: In single pulse (pulse/direction) mode, this input represents pulse signal, each rising or falling edge active (software configurable); In double pulse mode (software configurable), this input represents clockwise (CW) pulse, active both at high level and low level. 5-24V when PUL-HIGH, 0-0.5V when PUL-LOW. For reliable response, pulse width should be longer than 2.5uS(200K bandwidth) or 1uS(500K bandwidth)
4	PUL-	I	
5	DIR+	I	Direction Signal: In single-pulse mode, this signal has low/high voltage levels, representing two directions of motor rotation. In double-pulse mode (software configurable), this signal is counter-clock (CCW) pulse, active both at high level and low level. For reliable motion response, DIR signal should be ahead of PUL signal by 5μs at least. 5-24V when DIR-HIGH, 0-0.5V when DIR-LOW. The direction signal's polarity is software configurable.
6	DIR-	I	
7	ALM+	O	Alarm Signal: OC (Open Collector) output signal, activated when one of the following protection is activated: over-voltage, over current, braking error and position following error. They can sink or source MAX 100mA current at 5V. The active impedance of alarm signal is software configurable.
8	ALM-	O	
9	NC	-	No connection.
10	NC	-	No connection.
11	ENA+	O	Enable signal: This signal is used for enabling/disabling the driver. By default, high level (NPN control signal) for enabling the driver and low level for disabling the driver. It is usually left UNCONNECTED (ENABLED). Please note that the PNP and Differential control signals are on the contrary, namely Low level for enabling. The active level of ENA signal is software configurable.
12	ENA-	O	
13	NC	-	No connection.
14	NC	-	No connection.
15	NC	-	No connection.
16	NC	-	No connection.
17	NC	-	No connection.
18	NC	-	No connection.
20	NC	-	No connection.
21	NC	-	No connection.
22	NC	-	No connection.

Connectors and Pin Assignments (Continued)

CN1 – Control Signal Connector			
D-Sub, 26 Pin, Female			
Pin	Name	I/O	Description
23	NC	-	No connection.
24	NC	-	No connection.
25	NC	-	No connection.
26	NC	-	No connection.
27	NC	-	No connection.
28	NC	-	No connection.
29	NC	-	No connection.
30	NC	-	No connection.
31	NC	-	No connection.
32	NC	-	No connection.
33	NC	-	No connection.
34	NC	-	No connection.
35	NC	-	No connection.
36	NC	-	No connection.
37	NC	-	No connection.
38	NC	-	No Connection.
39	NC	-	No connection.
40	NC	-	No connection.
41	NC	-	No connection.
42	NC	-	No connection.
43	NC	-	No connection.
44	NC	-	No connection.
	FG	-	Ground Terminal for shield

Connectors and Pin Assignments (Continued)

CN2 – Feedback Signal (Encoder) Connector			
HDD15, 15Pin, Female			
Pin	Name	I/O	Description
1	EA+	I	Encoder A+ input
2	EB+	I	Encoder A- input
3	EGND	I/O	+5V output return ground
4	NC	I	No Connection.
5	NC	I	No Connection.
6	FG	I	Ground terminal for shield
7	NC	I	No Connection
8	NC	I	No Connection
9	NC	I	No Connection.
10	NC	I	No Connection.
11	EA-	I	Encoder A- input
12	EB-	I	Encoder B- input
13	+5V	O	+5V power output for encoder, MAX 100mA.
14	NC	I	No Connection.
15	NC	I	No Connection.

CN4 – RS232 Communication Connector			
RS232		Can be connected to PC for drive configuration or servo tuning. Recommended twisted shielded cable and cable length < 2 meter.	
Pin	Name	I/O	Description
1	GND	GND	Ground.
2	TxD	O	RS232 transmit.
3	+5V	O	Reserved +5V power output (Note: Do not connect it to RS232 port)
4	RxD	O	RS232 receive.
5	NC	-	NC
6	NC	-	NC

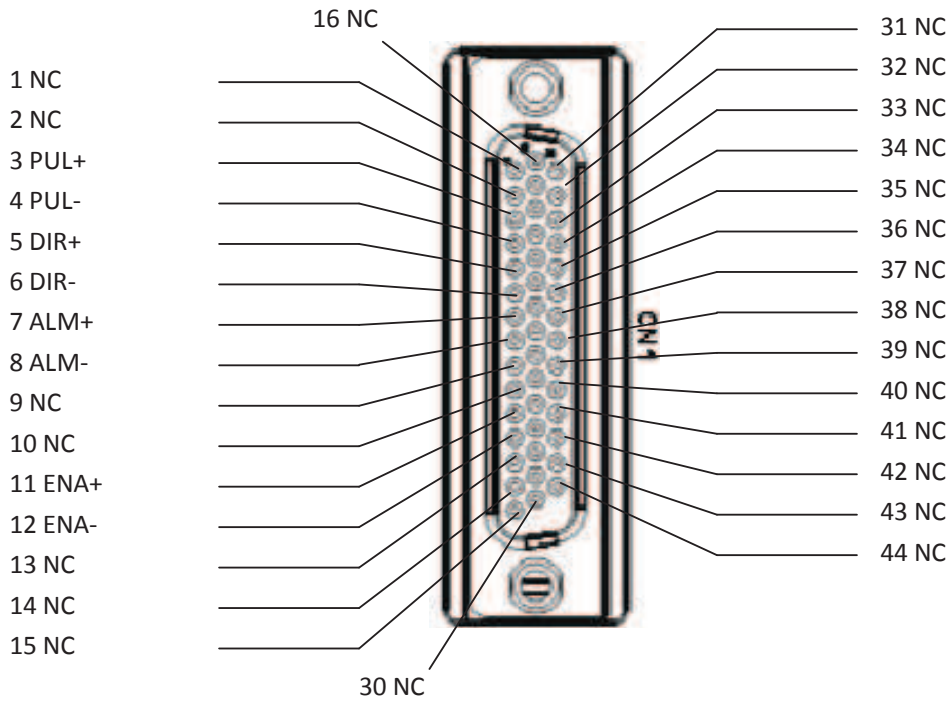
Connectors and Pin Assignments (Continued)

Main Power Supply Connector:			
Pin	Name	I/O	Description
1	L	I	Main power supply input connected to 150- 230VAC.
2	N	I	
3	NC	-	
4	BR1	I	External regeneration resistor connection.
5	P+	O	Internal DC bus voltage output. The regeneration resistor should be connected between BR1 and P+.

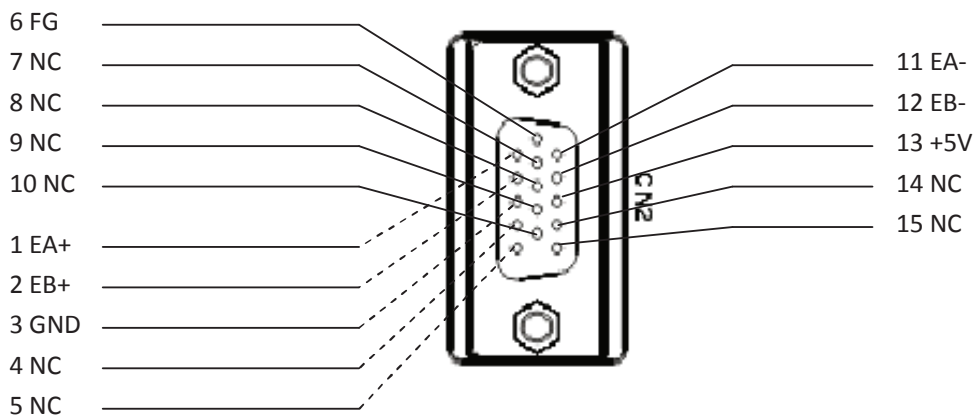
Motor & Control Power Supply Connector			
Pin	Name	I/O	Description
1	U	O	Motor phase U
2	V	O	Motor phase V
3	W	O	Motor phase W
4	PE	-	Case ground
5	L	I	Control Power Supply from 150VAC to 230VAC.
6	N	I	

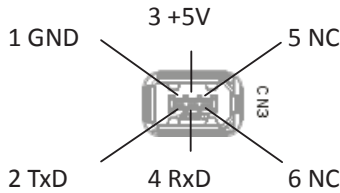
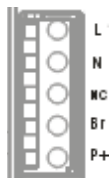
Connector Pin-Out

CN1 – Control Signal Connector



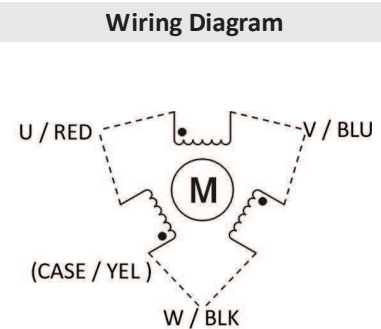
CN2 – Feedback Signal Connector



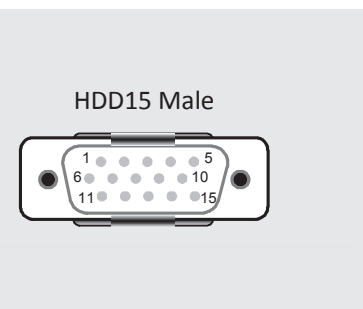
Connector Pin-Out (Continued)
CN4 – RS232 & RS485 Connector

CN5 – Main Power Supply Connector

CN6 – Motor & Control Power Supply Connector

ES-MH Series Easy Servo Motors

	ES-MH33480	ES-MH342120	ES-MH342200
Step Angle (°)	1.2	1.2	1.2
Holding Torque (N.m)	8.0	12.0	20.0
Phase Current (A)	3.5	4.2	4.5
Phase Resistance (Ohm)	-	1.2	-
Phase Inductance (mH)	-	13	-
Shaft Inertia (g.cm ²)	-	-	-
Weight (Kg)	5.6	8.6	10.5
Encoder (lines / Rev.)	1000	1000	1000

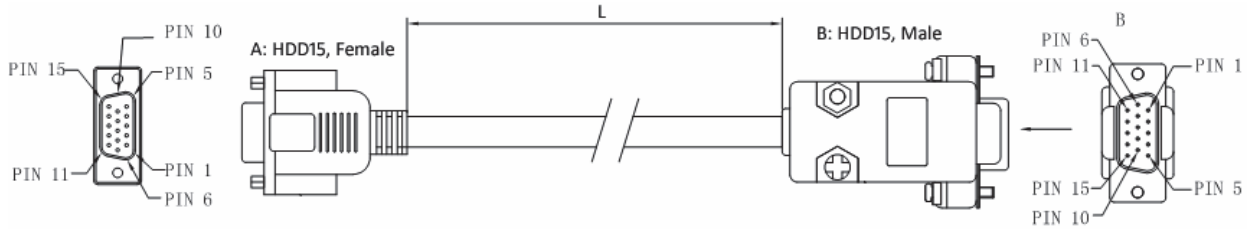

Motor Encoder Cable Pin-Out
ES-MH33480, ES-MH342120, ES-MH342200

Pin	Name	Wire Color	I/O	Description
1	EA+	Black	O	Channel A+ output
2	VCC	Red	I	+5V power input
3	GND	White	GND	Ground
11	EB+	Yellow	O	Channel B+ output
12	EB-	Green	O	Channel B- output
13	EA-	Blue	O	Channel A- output



Motor Encoder Extension Cable

CABLEG-BMXMX



Pin Assignments

A: HDD15 Female	Wire Color	B: HDD15 Male	Name	Description
Pin		Pin		
1	Black	1	EA+	Channel A+
2	Red	13	VCC	+5V power input
3	White	3	GND	+5V GND
11	Yellow	2	EB+	Channel B+
12	Green	12	EB-	Channel B-
13	Blue	11	EA-	Channel A-

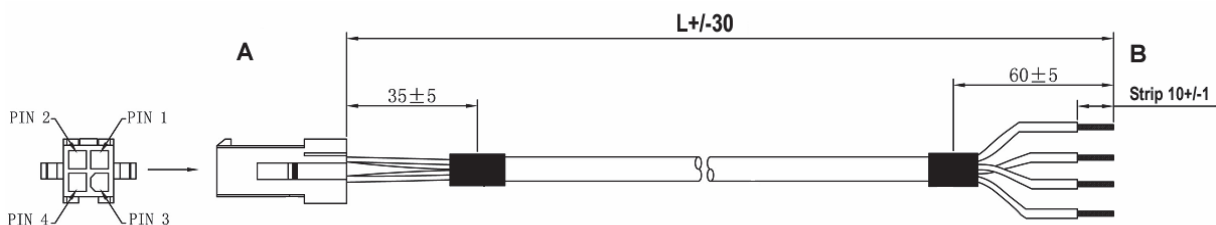
Cable Length

Part Number	L	Matching Motor
CABLEG-BM3M0	3.0m	ES-MH33480, ES-MH342120, ES-MH342200
CABLEG-BM8M0	8.0m	
CABLEG-BM10M0	10.0m	
CABLEG-BM12M0	12.0m	

Note: The encoder extension cable must be connected between the ES-MH3 motor and the ES-DH2306. You can not connect the motor's encoder cable to the ES-DH2306 directly.

Motor Power Extension Cable

CABLEH-RZXMX



Motor Power Extension Cable (Continued)

CABLEH-RZXMX

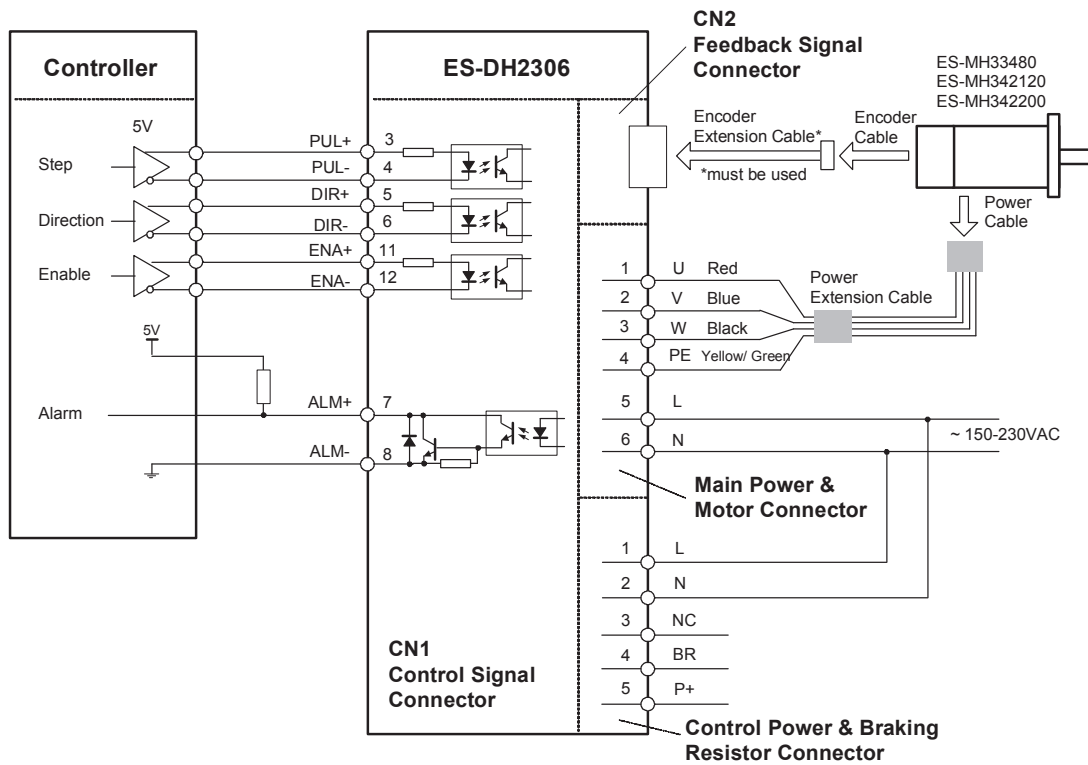
Pin Assignments

A	B	Name	Description
Pin	Wire Color		
1	Blue	V	Motor Phase V
2	Red	U	Motor Phase U
3	Black	W	Motor Phase W
4	Yellow / Green	PE	Motor Case

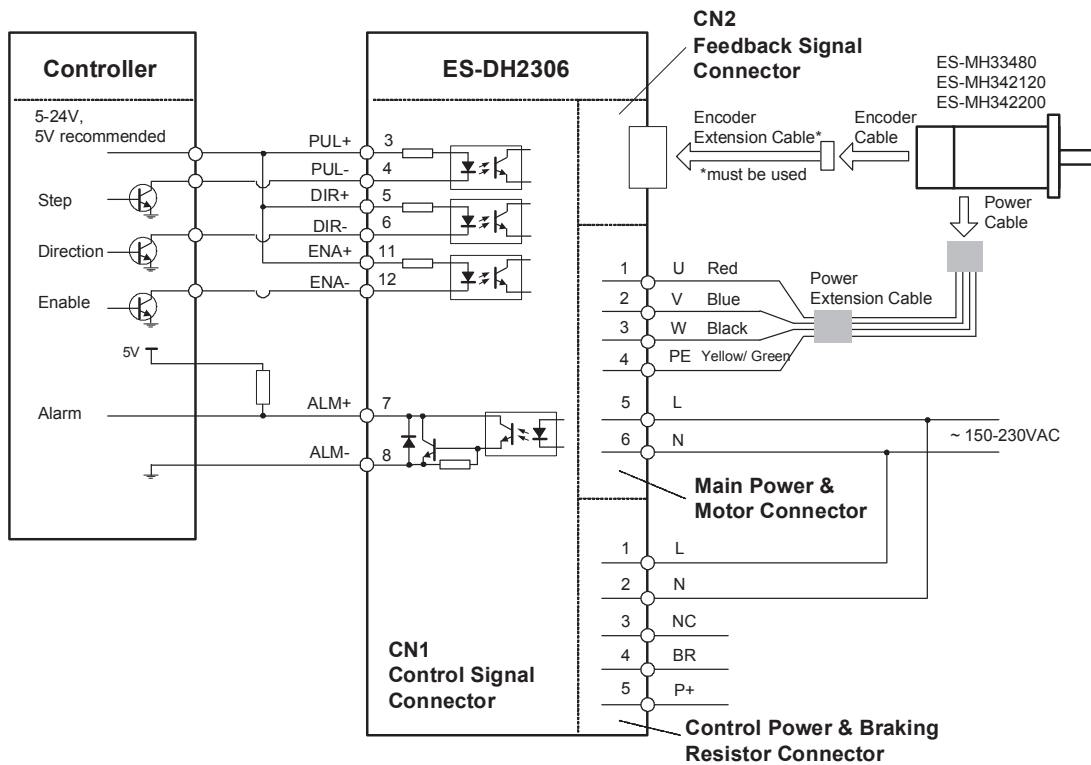
Cable Length

Part Number	L	Matching Motor
CABLEH-RZ3M0	3.0m	ES-MH33480, ES-MH342120, ES-MH342200
CABLEH-RZ5M0	5.0m	
CABLEH-RZ10M0	10.0m	

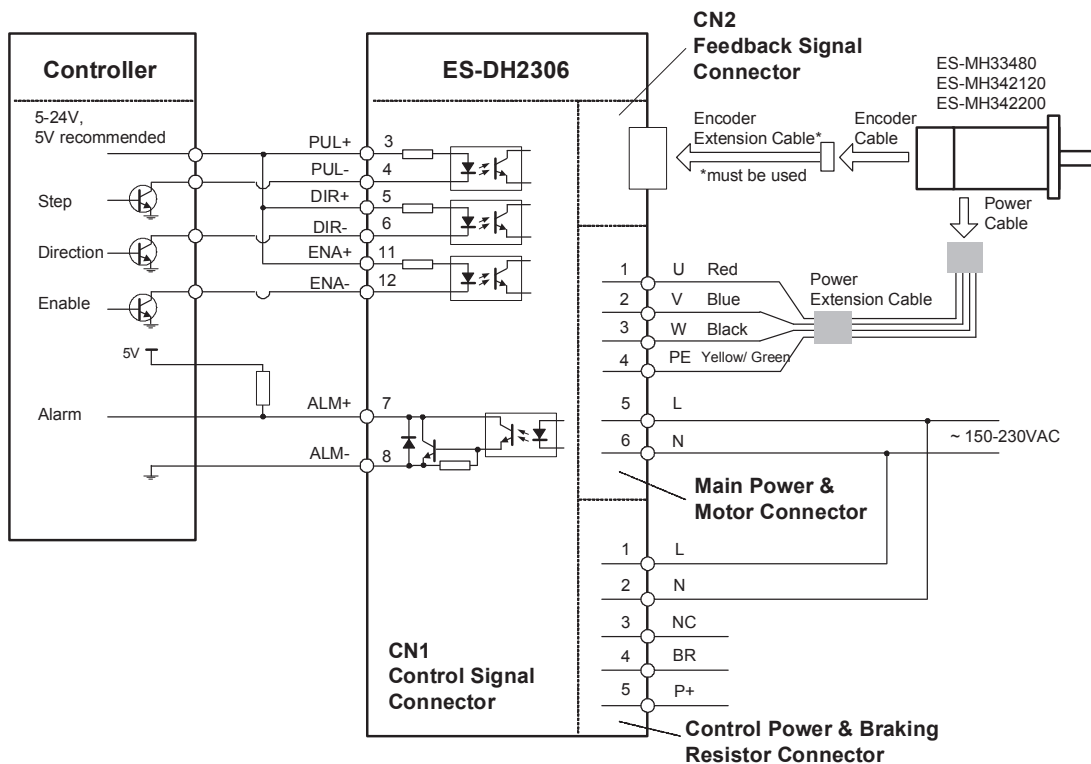
Typical Connections



Connections to controller of differential output

Typical Connections (Continued)


Connection to controller of sinking output



Connection to controller of sourcing output