

CAPÍTULO 1

PROTOTIPO MECÁNICO INICIAL

1.1 Sistema Mecánico

Se tiene como material inicial para este proyecto, una planta física construida en aluminio la cual puede realizar desplazamientos en los ejes coordenados X - Y por medio de dos motores de Corriente Directa incorporados a ella.

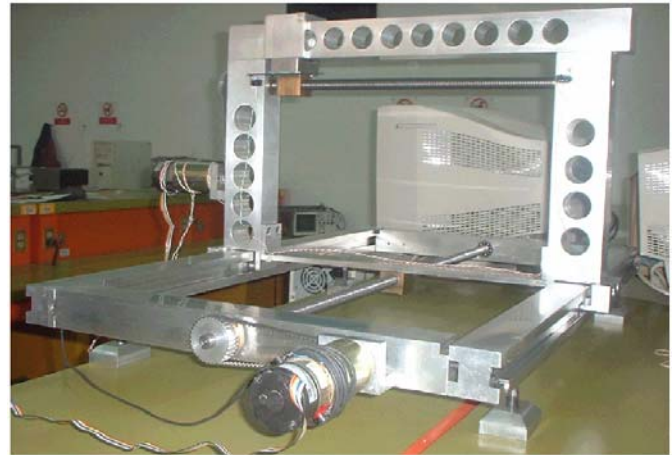


Figura 1.1 Sistema Mecánico

Como se puede apreciar en la figura 1.1, las principales características de este sistema son: el eje X está posicionado longitudinalmente y el eje Y de forma transversal. El eje X está compuesto por una base cuadrada por donde el eje Y se desliza en base a dos guías transversales de un metro de longitud. El eje Y está compuesto por dos soportes paralelos entre si y perpendiculares a la estructura X aunado a un travesaño horizontal. Para su ensamble y su correcta fijación, la estructura completa ha sido ensamblada con tornillos Allen del tipo M6. El material con el que fue construido el sistema mecánico es de aluminio comercial de 99.5 % de pureza, para facilitar su desplazamiento y movimiento gracias a su peso ligero. Se realizaron perforaciones de barrenos en ambos brazos del eje Y para quitarle peso [8].

Cada eje cuenta con un tornillo sinfín y una tuerca acoplada directamente al eje y a una polea de 32 dientes. Cada eje es movido por una banda dentada que va directamente a la flecha de un motor que fija una polea de 16 dientes.

Las especificaciones de la planta son:

Dimensiones:

De un metro de largo por 60 cm. de ancho y 50 cm. de alto.

Desplazamientos Netos:

Longitud de recorrido X de 812.8 mm.

Longitud de recorrido Y de 428.8 mm.

Número de vueltas totales para realizar el recorrido total:

Eje X = 382 vueltas Eje Y = 201 vueltas

Avance aproximado por vuelta de cada motor:

Eje X e Y = 200.135 mm.

Así mismo se incorporó como base del eje coordenado X - Y una superficie de cristal de 45 cm. de ancho por 88 cm. de largo para realizar el rastreo sobre dicha superficie, mostrada en la figura 1.2.



Figura 1.2
Superficie de Cristal

Ahora bien como parámetro de acondicionamiento y calibración se requirió de escuadras de aluminio de 5 cm.² de base y 3 mm. de espesor para el soporte de los travesaños en el eje Y, por el hecho de presentar oscilaciones originalmente.

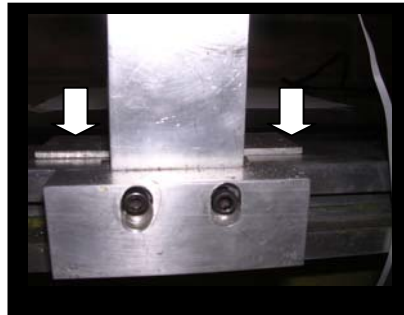


Figura 1.3 Soporte de los Travesaños

Las escuadras fueron acopladas a la base de los travesaños instalados con pegamento instantáneo a base de cianoacrilato.

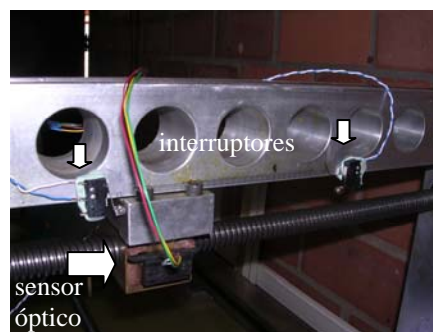


Figura 1.4 Posicionamiento del sensor e interruptores

También se incorporó a cada lado del eje Y un interruptor de apagado y encendido que indican si el desplazamiento del eje efectuó un error en el recorrido. Si estos son activados indican al control de los motores la corrección de dicho error, su funcionamiento en general se describe en la Sección 1.2.

Se puede apreciar en la misma figura 1.4 el posicionamiento del sensor óptico que más tarde se hablará detalladamente.

Para mayor información consultar referencia [8].

1.2 Motores de Corriente Directa

Como ya se mencionó el sistema mecánico tiene incorporados dos motores de la marca PITTMAN® de la serie LO-COG® 14204, utilizados para proporcionar movimiento y soporte a los ejes X-Y. Estos cuentan con un gran torque y a su vez tienen integrados codificadores ópticos incrementales para la detección del desplazamiento angular.



Figura 1.5 Motores Pittman

Sus principales características son:

- Gran torque y una rápida aceleración
- Línea de motores con escobillas conmutadas
- Voltaje nominal de trabajo 24 Volts
- Voltaje máximo 30 Volts para los motores
- Corriente requerida 0.24 ± 0.02 A
- Torque Constante de 26.3×10^{-3} Nm/A

1.2.1 Principio de Funcionamiento

Los motores de corriente directa son máquinas que pueden operar como una fuente de potencia ya sea como motores o como generadores. Tomaron popularidad y aplicaciones prácticas gracias al uso en los sistemas de potencia para automóviles, aviones, etc. Específicamente cuando se requieren amplias variaciones de velocidad. Una regulación de velocidad positiva da una disminución en la velocidad con el aumento de la carga y una regulación negativa se ve afectada en el incremento de la velocidad con una disminución de la carga [11].

Para propósitos de este proyecto la planta actual utiliza motores de CD (Corriente Directa) de escobillas conmutadas, el cual ofrece muchos beneficios en costo. Puesto que no requieren de un circuito de campo externo, conduce la electricidad libremente, presentan muy baja fricción al desgaste y ofrecen un tamaño reducido.

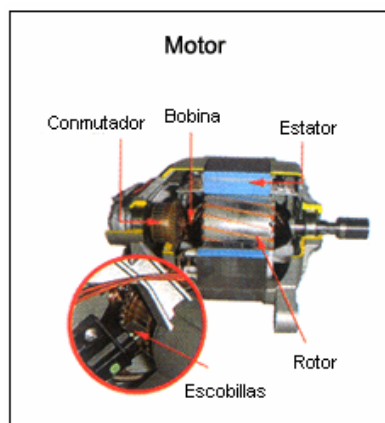


Figura 1.6 Interior del Motor [21]

Los sensores de posición incorporados a los motores fueron los codificadores incrementales. Dispositivos que constan de un simple disco transparente que contiene

una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre si que dependen de su precisión y resolución. En la estructura de este disco se incide un sistema emisor de luz colimada y recibida por un foto receptor. A medida que gira el eje, el receptor recibirá las marcas del disco siendo posible obtener la posición del eje llevando la cuenta de estos pulsos.

Uno de los graves problemas que presentan estos dispositivos es que se puede desconocer en cierto momento el sentido del giro, si se presenta un giro radial con cierta magnitud hacia la derecha y sucesivamente a la izquierda con la misma magnitud, se podría pensar que no se efectuó ningún desplazamiento. Una posible solución que ya lleva integrado es la incrustación de otra franja de marcas desplazada de la anterior 90° para que así sea posible obtener otra señal adicional que indique el sentido de giro. Para esta aplicación no fue necesario hacer uso de una señal adicional que determine el sentido del giro. Simplemente se creó una rutina por software que al contar determinado número de puntos se detiene el motor y gira al sentido contrario, iniciando nuevamente la cuenta de puntos del codificador. Por lo tanto no existe incertidumbre en el desplazamiento, por que está limitado a un número de puntos en una sola dirección a la vez.

Dentro del principio de funcionamiento de los motores hay que tomar en cuenta la perfecta alineación de los ejes acoplados a las poleas y de ahí a las poleas del sistema mecánico. Si no se calibra adecuadamente su alineación, el sistema presentará errores en el desplazamiento.

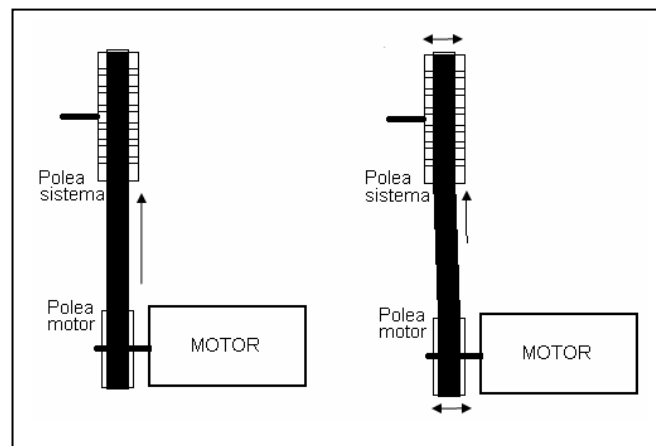


Figura 1.7 Alineación de las Poleas

El sistema mecánico inicialmente presentaba oscilaciones en sus poleas y bandas, por lo que se calibraron, para tener una buena correspondencia entre ellas. Ya que al moverse daba un desplazamiento no uniforme y al graficar este error se traducían en una mala perspectiva de la superficie a recrear. Sin embargo, para el motor Y, no se pudo hacer corresponder adecuadamente ambas poleas por lo que se le anexaron a cada una de ellas guías que permitieron una mejor alineación.

1.2.2 Control de los Motores

Con respecto al manejo y aplicación de los desplazamientos se dividió en dos, una unidad de control de baja potencia y alta de potencia. Para la primera unidad de control se generó una sencilla rutina en lenguaje ensamblador para el microcontrolador PIC16F877 a realizar la cuenta de pulsos mandados por el codificador y por lo tanto especificar el desplazamiento que debe efectuar cada motor.

Para esta parte el microcontrolador se encarga de inicializar el motor y el codificador del eje Y, éste último manda cierto número de pulsos que a su vez son comparados por

un contador y que al finalizar su cuenta detiene el motor. Realizando esta rutina 100 veces, cada vez que se inicializa este motor. El eje *X* es iniciado y comparado como el anterior, pero solo realiza la rutina una sola vez. Con esto tenemos un recorrido en el eje *Y* y un pequeño desplazamiento en el eje *X*. Para que ahora el eje *Y* recorra la misma cantidad de pulsos que los anteriores, se debe cambiar la dirección del mismo. Y se da por medio del incremento de otro contador que compara y cambia respectivamente la dirección. Así sucesivamente, hasta llegar a la cuenta máxima del desplazamiento total.

Hay que tomar en cuenta que dentro de la rutina del motor *Y*, de encendido del motor, se encuentran dos rutinas que se emplean una para definir la cantidad de pulsos del codificador hacia el lado positivo y otra para el lado negativo del desplazamiento en el eje. Con esto se pretende que el error que se genera por la fricción de las poleas al ir en una de las direcciones no afecte al desplazamiento en general. Así mismo, dentro de cada una de estas rutinas se declara una subrutina con diferente límite de recorrido. Es decir, que si la planta genera un error de 1mm. en el transcurso del recorrido total este se verá afectado en el inicio o terminación del rastreo. Por eso existe esta subrutina que corrige el error del inicio o terminación del desplazamiento haciendo que el eje *Y* vuelva a su punto inicial o terminal según sea el caso. Estas subrutinas son activadas dependiendo si los interruptores colocados a cada lado del eje *Y* son accionados.

El programa en ensamblador del microcontrolador se describe a continuación:

1. Se inicializaron los puertos correspondientes C y D
2. Inicializar el TMR1
3. Habilitar las interrupciones
4. Crear un archivo de comparación de los puntos a contar en el eje *Y*

5. Prende el Codificador del motor *Y*
6. Prende rutina del Motor *Y* dependiendo del lado y la generación del error
7. Se queda en un lazo mientras que se desborda el contador
8. Parar motor *Y*
9. Checa por medio de un contador y un valor seleccionado cuantas veces debe realizar la rutina.
10. Si, sí pasa a la rutina del motor *X* sino regresa a la rutina anterior
11. Prende motor *X*
12. Prende Codificador del motor *X*
13. Se queda en un lazo mientras que se desborda el contador
14. Para el motor *X*
15. Vuelve al inicio de la rutina del motor *Y* si falta recorrido
16. Sino prosigue con la activación de la rutina de paro del motor *Y* y la activación de la rutina de inicio del motor *X* para regresar al punto inicial de captura.

El programa en lenguaje ensamblador se puede confirmar en el Apéndice B con más detalle.

1.2.3 Tarjeta de MICROCHIP PICDEM 2 PLUS

Para la aplicación de la parte de control electrónico concretamente para la parte de baja potencia y la comunicación asíncrona, se hizo uso de la tarjeta de MICROCHIP PICDEM 2 PLUS. Ya que cuenta con una fuente independiente de 5 Volts, un área de trabajo con terminales integradas en los puertos C y D. Además de la interfaz integrada para la comunicación entre el microcontrolador y el computador por medio del

integrado MAX232, un conector serial y toda la circuitería asociada a esto. La tarjeta usada está mostrada en la figura 1.8.

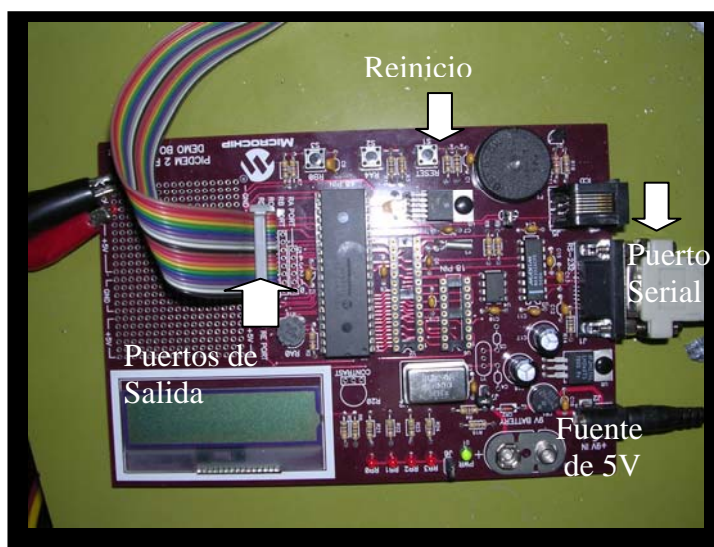


Figura 1.8 Fotografía de la Tarjeta PICDEM 2 PLUS

Esta tarjeta es controlada y manipulada por la herramienta de programación MPLAB que consiste en una plataforma de programación, simulación vía software, simulación vía hardware y programación del PIC. Adicionalmente para el funcionamiento se utilizó un cristal de 4 MHz, ya que no es necesaria una velocidad de operación mayor del microcontrolador para el control de los motores. Y un conector para acoplar las salidas hacia el sistema mecánico y el control electrónico.

Para mayor información de las conexiones referentes a la tarjeta asociada consultar la página de Internet de Microchip o en el Diagrama de Conexiones que contiene las conexiones utilizadas [20].

1.2.4 Especificación de Conexiones

Se utilizaron dos fuentes independientes de corriente directa, la primera para el control del sistema de baja potencia y una segunda fuente para la parte de control de alta potencia. Cada una puede ser diferenciada en el diagrama de conexiones del Apéndice A indicadas por V_{cc1} y V_{cc2} con sus respectivas Tierras GND_1 y GND_2 . Y una tercera fuente dependiente de la fuente número dos que suministra el voltaje de 25 Volts para los motores. Las dos fuentes anteriores suministran un voltaje de 5 Volts y son aisladas óptimamente para descartar cualquier problemática e interferencia entre la parte de control de alta potencia y la parte de control de baja potencia. Si llegase a descomponerse una parte, no afectaría a la otra y viceversa.

Para la unidad de control se construyó un circuito que permitiera inspeccionar y manipular, por medio del dispositivo de control en este caso el microcontrolador, la unidad de potencia. En cuanto al hardware usado para controlar la dirección y movimiento de los motores fueron dos puentes H en circuito integrado que constan de una terminal de paro, una de PWM para regulación de velocidad, una de alimentación, Tierra y un par de salidas a los motores. Cada puente H, tuvo que ser aislado por opto acopladores para manejar independientemente las dos unidades. Además se utilizó un tercer opto acoplador de alta frecuencia para insertar a ambos puentes H la señal de PWM del microcontrolador. Utilizando el opto acoplador HCPL4502 para una frecuencia de 300 Hz. y un ciclo de trabajo del 20% en la resolución del PWM. Ya que en las pruebas el funcionamiento de los opto acopladores 4N26 de baja frecuencia no respondieron debidamente para esta frecuencia.

El opto acoplador utilizado para la señal de PWM en la parte de control de baja potencia está conectado al voltaje de la primera fuente y a la terminal de RC2 del microcontrolador para su control. En la parte de alta potencia está conectado a la fuente número dos, montado según su especificación técnica y conectada su terminal de salida a los dos puentes H correspondiente al PWM.

Los cuatro opto acopladores 4N26 mostrados en el Diagrama de Conexiones del Apéndice A son utilizados, el primero de la izquierda para el encendido y apagado del motor *X*. Mientras que el siguiente opto acoplador es utilizado para controlar la dirección del motor *Y*, el siguiente opto acoplador para realizar el encendido y apagado de éste y el último para cambiar la dirección del motor *X* al término del rastreo para iniciar una nueva superficie. Conectados a la unidad de baja potencia por el puerto del microcontrolador de RD7, RC5, RD6 y RD4 respectivamente, para su control. Y para la unidad de alta potencia, según las especificaciones técnicas mostradas en el diagrama de conexiones hacia las terminales de control de los puentes H.

Los puentes H fueron conectados según las especificaciones de sus manuales y conectados a la fuente número tres para suministrar el voltaje nominal de los motores. Se le agregó un capacitor en paralelo a esta fuente con el objetivo de incrementar el rendimiento de los puentes H y solucionar la caída de voltaje en cada encendido y apagado de los motores. Ya que estos no presentaban movimiento alguno porque la fuente número tres no es capaz de adicionar la corriente necesaria para encender y mantener encendido el motor. En pocas palabras la fuente no es capaz de mantener el voltaje porque los motores al encender piden más corriente del que puede suministrar.

El capacitor proporcionó una fuente de almacenamiento permitiendo que el tiempo de transición de inicio a estado estable fuera controlado.

También se utilizaron dos integrados de compuertas lógicas AND y XOR para la señalización, el 7408 y el 7486. Pertenecientes a la parte del control de los codificadores en los motores; la primera compuerta AND junto con la señal de la terminal RC4 del microcontrolador activan o desactivan el codificador Y. De la misma forma pero para el codificador X, la segunda compuerta AND en conjunto con la terminal RC3.

1.2.5 Principio de Control

El principio de operación se basa en el microcontrolador activando primero la rutina de PWM para el funcionamiento de los Puentes H (ver Capítulo 2 “Sensores y Actuadores”). Después activa la rutina para el control de los motores, la cual habilita en alto la compuerta AND del codificador Y de la terminal RC4 y para iniciar el movimiento de este motor activa la terminal RD6 en alto. Después de ejecutarse el desbordamiento del contador del TMR1 al realizar el conteo final del codificador se genera una interrupción, la cual llama a la rutina de paro del motor Y y posteriormente la rutina del motor X para su inicio. Dentro de la rutina de paro del motor Y, se realiza una comparación que determina, a partir de la paridad del dato de un contador, la dirección de inicio de este motor. Al iniciar la rutina del motor Y, también es inicializada la terminal RC5 del microcontrolador habilitando la dirección del motor hacia el lado positivo del eje coordinado implementado en el sistema mecánico.

De la misma forma se inicializa la rutina del motor X deshabilitando las terminales de la compuerta AND del codificador Y y la terminal del motor de activación. Accionando en alto la compuerta AND cuya terminal es RC3 y la activación en la terminal RD7 para el Puente H del motor X.

El ciclo se realiza consecutivamente hasta llegar al conteo final de la rutina del motor de X. Es decir, tanto para la rutina del motor Y como para la del motor X, se determinó el rango o superficie con la cual debe trabajar el sistema mecánico. Para la rutina en el motor Y, se agregó un método de comparación que determina cuántas veces debe realizar esta misma rutina, para este caso 100 veces hacia la dirección positiva del sistema y 100 veces hacia el lado contrario. Para la rutina en el motor X, 100 veces hacia el lado positivo del sistema mecánico en incrementos de 1 mm cada vez que se inicializa la rutina como se puede observar en la Figura 1.9. Al término del rastreo se inicializa el sistema mecánico en el punto inicial 0, 0.

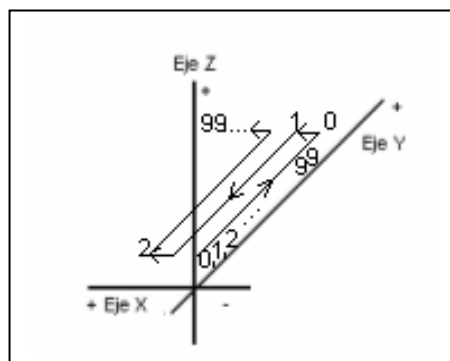


Figura 1.9
Diagrama del
Desplazamiento del
Sistema Mecánico