

CAPÍTULO 4 INSTRUMENTACIÓN Y SEÑALES DE CONTROL

En las siguientes páginas se describirán todos los elementos que se utilizaron para la comunicación entre el sistema mecánico y la computadora, el montaje de los transductores de posición, como se generaron las señales de control, los canales de adquisición y despliegado de datos que se utilizaron de la tarjeta, así como los aspectos físicos de la etapa de potencia y la entrada de las coordenadas para hacer el monitoreo.

4.1 Transductores de posición

Los transductores son elementos físicos capaces de sensar el comportamiento de una variable física y convertirla en otra más adecuada y proporcional a la primera, en este caso dicha señal va a ser eléctrica. Existen dos tipos de transductores, los activos y los pasivos. El transductor utilizado para este sistema es pasivo y entra dentro de la clasificación de los de efecto resistivo, en otras palabras utilizamos un potenciómetro como sensor de posición.

4.1.1 Potenciómetros

Los potenciómetros son elementos resistivos variables mediante una rosca, cuenta con tres puntos de operación ó terminales, dos son los extremos y sirven como referencia para la medición y el otro es el punto a medir. Hay varios tipos de estos elementos, para el proyecto se utilizaron del tipo de multivuelatas, comúnmente a estos dispositivos se les llama sensores de posición. Para mayor información respecto a este tema consultar los

Apuntes del curso de Transductores Dr. Rubén Alejos Palomares, jefe de departamento de la UDLA-P. [4]

4.2 Montado de sensores de posición

Después de haber dado una breve introducción de lo que son los transductores pasamos a la parte de instalación de los mismos. Como se mencionó anteriormente para el sistema mecánico utilizamos sensores de posición multivoltas, ubicados en un lugar adecuado, se excitará el sensor con 5 V y se hará la medición correspondiente.

Estos dispositivos idealmente son lineales, tienen un comportamiento proporcional al número de vueltas, realmente tienden a tener un pequeño error en sus extremos de operación, su comportamiento ya no es lineal por esta razón se evita hacer uso de los mismos. Pero esto no evita que se pueda utilizar, ya que el sistema mecánico se diseñó apto para ser utilizado en la parte central de operación del sensor.

Nuevamente se dividirá la parte del montaje del sensor del sistema angular, del sistema acimutal y de los sensores para dar las coordenadas en el plano XY

4.2.1 Sensor en Sistema Angular

Este dispositivo se acopló al sistema mecánico, en el eje correspondiente al del engrane A, como se mencionó en el Capítulo 3 este eje da 17.5 vueltas por cada vuelta del último engrane. El sensor de posición multivoltas seleccionado va de un extremo a otro en sus valores en un total de 20 vueltas aproximadamente.

El sensor se acopló al eje del tren de engranes, mismo que es en forma de cruz, también se cuenta con una pieza para unir ejes, así que se tuvo que hacer una pieza de estaño con forma de cruz que se pegó a la rosca del sensor, como lo muestra la Figura 4-1.

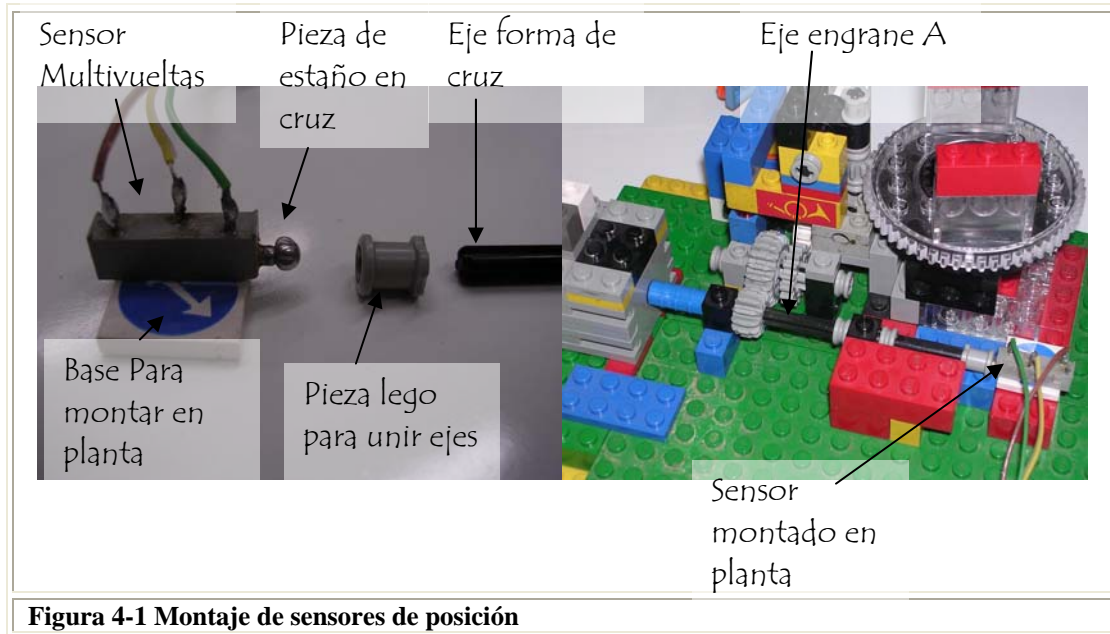


Figura 4-1 Montaje de sensores de posición

4.2.2 Sensor en sistema Acimutal

Este sensor se montó con las mismas bases del anterior, se le acopló al eje correspondiente al engrane C, debido a que la polea sufre de un pequeño barrido que puede generar un descalibramiento de la señal. La relación de vueltas con respecto al engrane H del sistema mecánico es de 7.5 a 1, pero como sólo necesitamos que se mueva $\frac{1}{4}$ de vuelta la relación es de 1.875 a 0.25. En la Figura 4-2 se muestra el sensor montado en el sistema.



Figura 4-2 Montaje sensores de posición

El acoplamiento que se hizo de los potenciómetros no fue perfecto, con respecto al eje del engrane y del sensor, se trato de hacerlo lo más exacto posible. Para mejorar este apartado se recomienda utilizar el transductor original de lego, pues ya esta diseñado a las medidas de las piezas del juguete. Es posible también mejorar esto, en caso de no contar con el producto original, con un sensor óptico, con esto reduciríamos los errores que el acoplamiento “no perfecto” pudiera generar.

4.2.3 Calibración de ambos sistemas.

Como bien sabemos es necesario calibrar la señal para poder hacer el acondicionamiento necesario, esto se refiere a conocer el valor de la señal en la posición inicial y final, para así poder asignar valores.

En el sistema mecánico con movimiento angular se consideró el 0° como punto inicial y 360° como punto final, que vendrían a ser el mismo punto después de una vuelta, estos valores se le asignaron al engrane H del sistema. La Tabla 4-1 que se muestra a continuación da los valores en cada punto.

Tabla 4-1 Valores de referencia sistema angular

Grados Sistema Angular	Valores tomados del sensor
0°	0,5volts
360°	4,9volts

Para el movimiento acimutal el punto inicial fue 0° y el final 90°, que equivale a ¼ de vuelta del engrane H del mismo sistema, los valores medidos se muestran en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2 Valores de referencia Sistema acimutal

Grados Sistema Acimutal	Valores tomados del sensor
0°	0,5volts
90°	0,95volts

4.3 Instrumentos para dar coordenadas XY

Como se mencionó en la propuesta de este proyecto, el sistema tenía que ser capaz de recibir del exterior las coordenadas a monitorear, esto lo logramos con dos potenciómetros monovoltas que a modo de instrumento damos los valores de los puntos en XY.

Los instrumentos se conectaron a 5volts y el acondicionamiento se hizo vía software. Los valores acondicionados van de -10 a 10 en números enteros, para cada una de las variables, si se desea hacer una modificación con respecto a los valores sólo es necesario hacerlo desde el programa encargado de dicha función.

Hay que mencionar, que como son potenciómetros monovuelas, si se aumenta el número de valores para el rango, la resolución va a disminuir, como el sistema recibe los valores en tiempo real, puede ocasionar una falla en el sistema. Incluso con el rango de valores que se les asigno se presento un error, ya que estos elementos introducían ruido en la señal capturada y el valor no era estable. Para solucionar esto hay que cambiar de monovuelas a uno multivuelas, ya que presentan mayor precisión que los anteriores.

4.4 Etapa de potencia y Control

Los motores son cargas inductivas, por tanto demandan una gran cantidad de corriente al circuito, por esta razón es necesario implementar dispositivos de potencia con características específicas, ya que nuestro propósito no sólo es echar andar el motor, sino también controlar la velocidad del mismo. Las características con las que debe cumplir este dispositivo son las siguientes: Entregar a su salida no más de 9volts, controlar el giro del motor, detener el motor en el punto deseado y controlar su velocidad con una señal de PWM. Con lo anterior se deduce que un Puente H es la mejor opción [5].

4.4.1 LMD18201

Es un dispositivo puente H a 3A y 55V diseñado para aplicaciones de control, usa tecnología de combinación bipolar y CMOS, es ideal para motores a DC y de pasos, tiene diodos de protección para evitar fugas de corriente, tiene una lógica de control para manipular la dirección del motor, así como para detenerlo, se puede controlar la velocidad del mismo con un PWM, su diagrama se muestra en la Figura 4-3. La lógica de control se muestra en la Tabla 4-3.

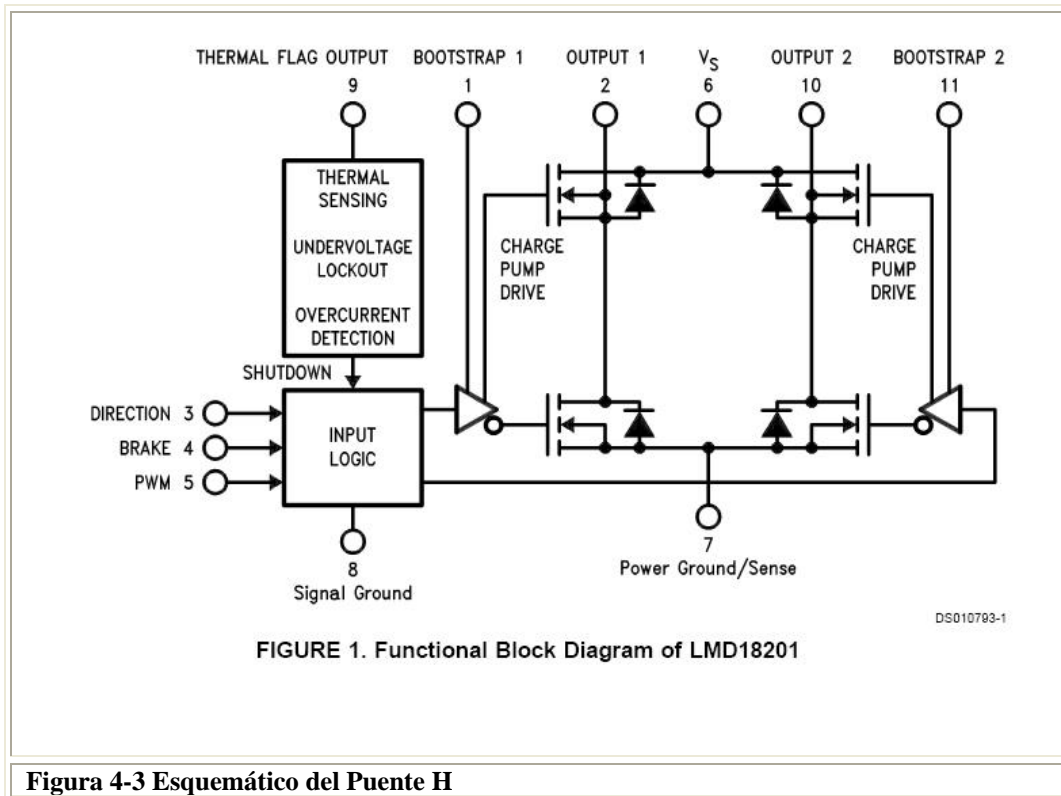


Figura 4-3 Esquemático del Puente H

Tabla 4-3 Lógica de control del Puente H

PWM	Dir	Paro	Comportamiento del motor
H	H	L	Gira en sentido contrario a las manecillas del reloj
H	L	L	Gira en sentido de las manecillas del reloj
H	X	H	Se detiene

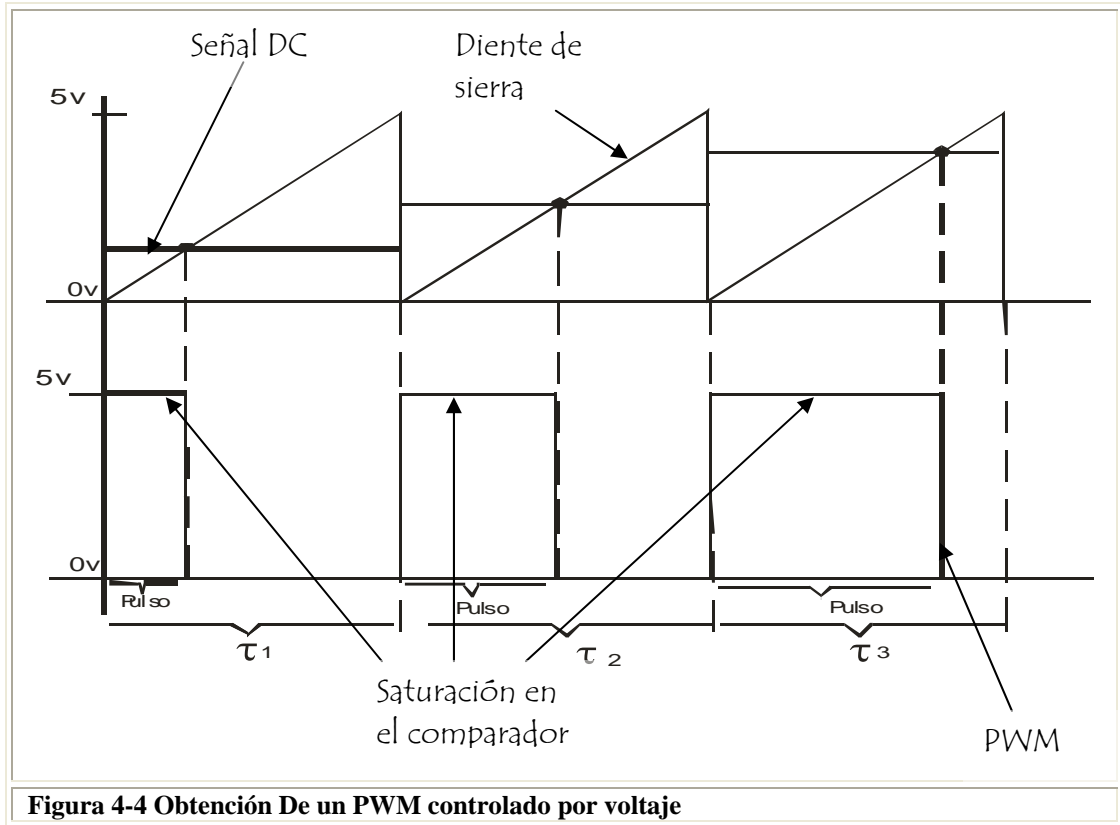
El ciclo de trabajo del PWM es proporcional a la velocidad del motor. A mayor ancho de pulso girará más rápido y conforme va disminuyendo se reduce la velocidad del motor también. El Puente H se alimentó con 13Volts, provenientes de una fuente externa. A continuación se explica como se genero el PWM para el control de la velocidad.

4.4.2 Control de velocidad con PWM

El PWM es uno de los sistemas más utilizados en el control de motores, su traducción de las siglas en inglés es “Modulación por anchura de Pulso”, esta técnica consiste en generar una señal cuadrada con ancho de pulso variable cuando se encuentra en su nivel más alto. El ciclo de trabajo en un PWM es la duración de un pulso en su nivel más alto, se mide en porcentaje, por ejemplo en una señal normal de reloj, el ciclo de trabajo es equivalente al 50%. Aquí veremos como generar un PWM como nuestro error en la planta, el ancho del pulso o ciclo de trabajo será proporcional a la diferencia entre el punto deseado y el punto actual. Así cuando el motor se vaya acercando al punto deseado comenzará a disminuir la velocidad del motor. En otras palabras estamos utilizando un control proporcional para nuestra planta.

Por las características de la tarjeta de Adquisición de datos se hizo un PWM controlado por voltaje, esto se logró mediante la comparación de una señal dientes de sierra y una señal de DC. La señal de DC es desplegada por el puerto Analógico de salida, el voltaje es proporcional al error en el sistema. La señal dientes de sierra debe tener un voltaje pico de 5volts y una frecuencia de 1Khz. La señal de DC debe ser variable de 0 a 5volts. Para la comparación de ambas señales utilizamos el comparador LM139, que es un comparador de alta precisión con un voltaje de offset, está diseñado para operar con una sola fuente de poder en un rango específico de voltaje. El integrado cuenta con cuatro comparadores independientes, sólo hay que conectar las señales a las entradas y poner una resistencia entre la salida del comparador y la fuente de poder. La resistencia debe ser de 3K Ω . Ahora, todos los puntos a los que nuestra señal de DC sea mayor al diente de sierra tendremos una saturación de 5volts, que sería la alimentación positiva del comparador, que por el contrario se irán a cero en donde todos los puntos menores a

nuestra señal de DC. La alimentación del comparador se hizo con una fuente externa. La Figura 4-4 muestra lo anterior.



4.5 Señales de control

Es de gran importancia conocer como se va a comportar nuestro sistema mecánico para poder hacer un buen control, así como conocer cada una de las partes que conllevan a esto. Como se mencionó en un principio se utilizaron las herramientas de adquisición de datos de Nacional Instruments. Y si juntamos todo lo anteriormente mencionado podemos tener un diagrama a bloques como el que muestra la Figura 4-5. Todas las señales son generadas y capturadas por la tarjeta de adquisición de datos, el único dispositivo que se captura con otro puerto es la WebCam.

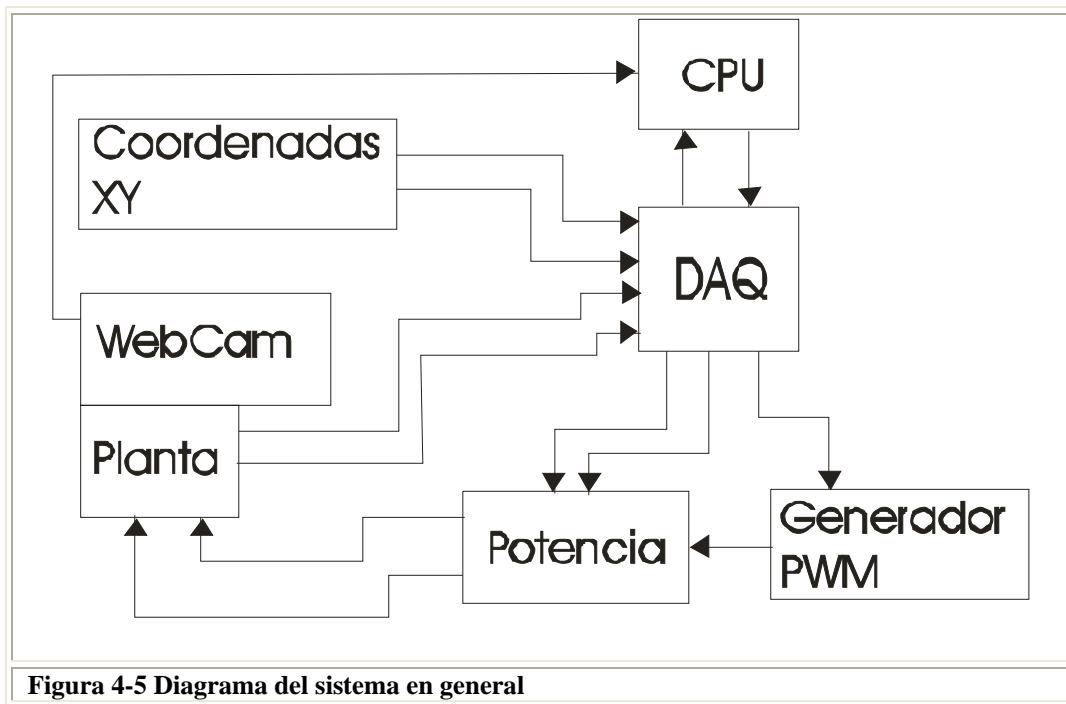


Figura 4-5 Diagrama del sistema en general

En las siguientes líneas se describirá cuales y cuantos puertos de la tarjeta de adquisición de datos se utilizaron.

4.5.1 Canales Analógicos de Entrada

En estos canales conectamos los sensores de posición y los instrumentos para dar las coordenadas para hacer el monitoreo. En total se utilizaron 4 canales físicos de entrada. En el MAX se crearon 4 canales virtuales, uno para cada canal físico, de este modo podemos tener en tiempo real las cuatro mediciones y poderlas manipular a nuestra conveniencia.

En el Capítulo 2 referente al hardware y software de adquisición de datos se dijo que en la configuración que trabajamos hay 8 canales de entrada analógicos, van desde el ACH0 hasta el ACH7. La conexión para la adquisición de los datos debe realizarse como se menciona en el capítulo 2 en la Figura 2-6, donde la línea positiva va al canal seleccionado y la negativa va a conectada al canal negativo correspondiente, también

debe conectarse la señal negativa a la tierra del canal analógico, se debe aislar la tierra de la fuente de poder, todo esto con el fin de tener una mejor adquisición, pues por el modo de configuración que se utilizó la tierra física de la fuente provoca un ruido en la adquisición de los datos. En la Tabla 4-4 se muestra que canal se utilizó para cada señal.

Tabla 4-4 Canales de análogos de entrada utilizados

Señal	Canal	Pines de la tarjeta
Posición Sistema Mecánico Angular	ACH0(+)--ACH8(-)	ACH0→68 ACH8→34
Posición Sistema Mecánico Acimutal	ACH1(+)--ACH9(-)	ACH1→33 ACH9→66
Posición X	ACH2(+)--ACH10(-)	ACH2→65 ACH10→31
Posición Y	ACH3(+)--ACH11(-)	ACH3→30 ACH11→63
Tierra Analógica de entrada	AIGND	24, 27, 29 32, 56, 59, 64, 67

El valor de la resistencia es de $49K\Omega$, se recomienda un valor mayor al de la resistencia de la fuente, no mayor a $200K\Omega$. En este caso la fuente es el Potenciómetro, para el sensor de posición se utilizaron de $20K\Omega$ y para los instrumentos de $5K\Omega$.

4.5.2 Canales Analógicos de Salida

Estos canales se utilizaron para generar un voltaje de DC, el objetivo del mismo era para controlar un PWM, con las herramientas que se mencionaron con anterioridad. Se

utilizaron los dos canales analógicos de salida de la tarjeta de adquisición de datos. Se crearon los canales virtuales en el MAX y se le asignaron a cada uno de los sistemas mecánicos, cada una de estas señales son para controlar los Anchos de pulsos que controlaran la velocidad de los motores en cada uno de los sistemas.

Estos canales son simples DAC (Digital/Analog convert) o convertidores Digitales Analógicos, sólo hay que mandar un numero específico, en el rango de voltaje que se este trabajando (no más de 10volts ni menos de -10volts) y tendremos a la salida el valor deseado. En la Tabla 4-5 se muestra las señales que se utilizaron y a que canal se asignaron dichas señales.

Tabla 4-5 Canales análogos de salida utilizados

Señales	Canal	Pines en Tarjeta
PWM sistema Angular	DAC0OUT	22
PWM sistema Acimutal	DAC1OUT	21
Tierra Analógica Salida	AOGND	55 y 54

4.5.3 Puerto I/O Digital

Como su nombre lo indica este es un puerto digital de entrada y salida con 8 pines digitales, se puede hacer una lectura o una escritura directa de puerto para palabras de 1byte o hacerlo independientemente bit por bit. Del mismo modo que en los puertos anteriores se configuraron los canales virtuales, 4 bits de salida y 1 de entrada. Los bits de salida son exclusivos para la lógica de control en los puentes H, el bit de entrada es un Enable que funciona en el modo Automático del sistema; se hablara más adelante

respecto a esto. En la Tabla 4-6 se muestran los pines Digitales y que señal equivale cada uno.

Tabla 4-6 Canales digitales utilizados

Señal	Canal DIO (Digital Input/Output)	Pin en tarjeta
Bit Dirección Sistema Angular	DIO0	52
Bit Paro Sistema Angular	DIO1	17
Bit Dirección Sistema Angular	DIO2	49
Bit de Paro Sistema Angular	DIO3	47
Enable	DIO4	19
Tierra Digital	DGND	4, 7, 9, 12, 13, 15, 18, 39, 44

La tarjeta cuenta con dos pines que nos dan 5Volts cada uno, uno de ellos se utilizó para excitar los potenciómetros y así generar una señal eléctrica que nos dará la posición real de la planta.

Ya para finalizar este capítulo hay que mencionar que todas las tierras de la tarjeta de adquisición de datos deben juntarse con la tierra de la fuente de voltaje que se esta utilizando, pero hay que aislar la tierra física de la fuente de voltaje, ya que en la configuración para adquirir datos que se utilizó genera ruido. Como se mencionó en el Capitulo 2 se utilizó la configuración Diferencial.