
	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	1/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

CONTROL DE VELOCIDAD Y POSICIÓN

Tema Correspondiente: Control de velocidad y posición


Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
Profesor 1	Ing. Benjamín Ramírez Hernández	Dr. Paul Rolando Maya Ortiz	2 de febrero de 2018

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	2/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Nombre completo del alumno	Calificación

Nombre del profesor	Firma
Calificación de la práctica	

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	3/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Fuente de poder	Descarga Eléctrica

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

El alumno conocerá cada elemento de los módulos G36A y TY36A/EV de Elettronica Veneta, y aprenderá a utilizarlos.

Así como concepto de malla cerrada con las acciones correspondientes de un controlador PID y el manejo del software *Labview*.


II. Objetivos específicos:

Conocerá el controlador clásico: (PID) Proporcional, Integral y Derivativo, para un control de velocidad y de posición.

Aprenderá a utilizar la tarjeta de adquisición de datos PCI-6221M por medio del software que requiere para su operación implementando una instrumentación virtual con *LabView*.

3. Introducción

Esta práctica permite estudiar de modo teórico y experimental la aplicación de transductores de velocidad y posición angular en motores de CD haciendo uso de los módulos G36A y TY36A. La unidad TY36A consta de un motor de CD o continua de imanes permanentes en cuyo eje van sujetos en uno de sus extremos una dinamo taquimétrica, un disco de sectores opacos y transparentes con un conjunto de foto transmisor- receptor y en el otro extremo un motor reductor, un sistema de visualización de la posición angular y un potenciómetro para detectar esta variables.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	4/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El Módulo G36A contiene diferentes etapas para conformar un sistema de control PID, analógico o digital.

4. Material y Equipo


- Una fuente de alimentación PS1/EV de Elettrónica Veneta.
- Módulo de velocidad TY36A/EV y Controlador G36A de Elettrónica Veneta.
- Un multímetro de propósito general.
- Juego de veinte cables para realizar conexiones en los equipos PS1/EV, TY36A/EV y G36A.
- Un cable de alimentación.
- Un juego de puntas para multímetro.
- Dos conectores BNC.
- Computadora PC con tarjeta de adquisición de datos PCI-6221M de National Instruments con el software necesario instalado.

5. Desarrollo

A continuación se da una breve explicación del funcionamiento del Sistema de control de velocidad.

El Sistema de control de velocidad puede analizarse desde el punto de vista analógico o desde el punto de vista digital.

El primer caso es interesante ya que maneja las variables continuas *reales*, y por otro lado el caso digital cuenta con la ventaja de que todas las partes conectadas a la planta pueden discretizarse y procesarse por medio de un algoritmo en la computadora.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	5/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

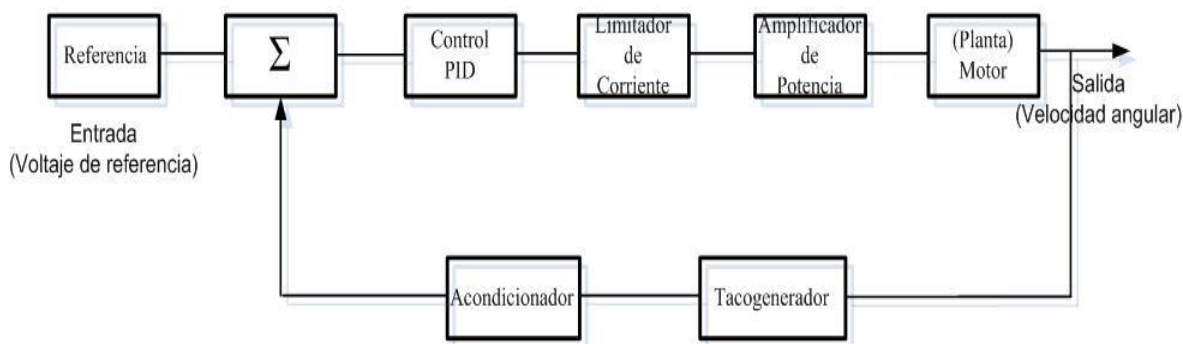



Fig. 1 Diagrama de control analógico para una planta de velocidad

En la **figura 1** se muestra el diagrama a bloques general para realizar la conexión de forma analógica del módulo de velocidad.

Ahora bien, podemos realizar un diagrama de bloques más relacionado con el modelo estándar del sistema, que representa de forma analógica los casos para el control de velocidad y de posición en malla cerrada y se representa conforme a la **figura 2**.

El diagrama mostrado en la **figura 2**, nos refleja el funcionamiento analógico del control de velocidad, donde utilizamos un control PID, tanto para velocidad como para posición, así mismo en el actuador queda comprendido el limitador de corriente y el amplificador de potencia, basado en PWM (Pulse Wide Modulation), los cuales tiene la función de por un lado acotar la corriente que entra al sistema para que opere en el rango aceptable y amplificar la señal de control a un nivel proporcional de voltaje y corriente, capaz de mover al servomotor, el cual al recibir la señal del actuador la convierte en movimiento mecánico, este actuador compuesto de amplificadores lineales. Por su parte el acondicionador se encarga de convertir la posición y la velocidad de un eje en señales eléctricas, las cuales serán comparadas con la señal de entrada en el amplificador de error, para mayor detalle del funcionamiento y operación de estos módulos se sugiere leer el anexo a esta práctica.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	6/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

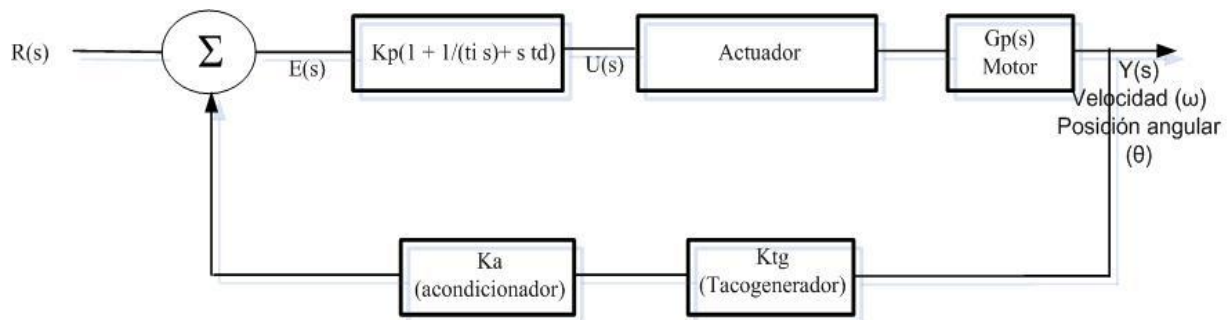


Fig. 2 Esquema de control para la planta de velocidad y posición

Del diagrama anterior podemos ver que se cumple con el modelo genérico de un sistema de velocidad y de posición, el cual para el caso de velocidad sería el siguiente:

$$\frac{\omega(s)}{v(s)} = \frac{k}{\tau_m s + 1}$$

En la cual $\omega(s)$, es la salida en velocidad angular y $V(s)$ es la entrada al sistema en voltaje, k es la ganancia y τ_m es la constante de tiempo del motor, para el caso de posición, nuestra salida ahora estará expresada en término de la posición angular expresada como $\theta(s)$ y su expresión matemática sería el mostrado a continuación:

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{k}{s(\tau_m s + 1)}$$

En las asignaturas teóricas referentes al tema se realiza el análisis de los sistemas de control en tiempo continuo y en tiempo discreto. El diseño de los sistemas de control se realiza en una primera instancia a través de una computadora realizando una simulación del sistema y finalmente se implementa en tiempo real, verificándose la teoría en función del comportamiento del experimento. Las herramientas teóricas básicas que se utilizan, dado que el análisis que se realiza se limita al caso lineal son la transformada de Laplace para el caso continuo y la transformada Z para el caso discreto.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	7/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La **Fig. 3**, muestra el esquema básico de un sistema de control en donde una parte se maneja en forma discreta a través de convertidores Analógico/Digitales (A/D) y Digital/Analógicos (D/A) que sirven para lograr la conexión con el sistema a controlar (planta) normalmente de tipo continuo.

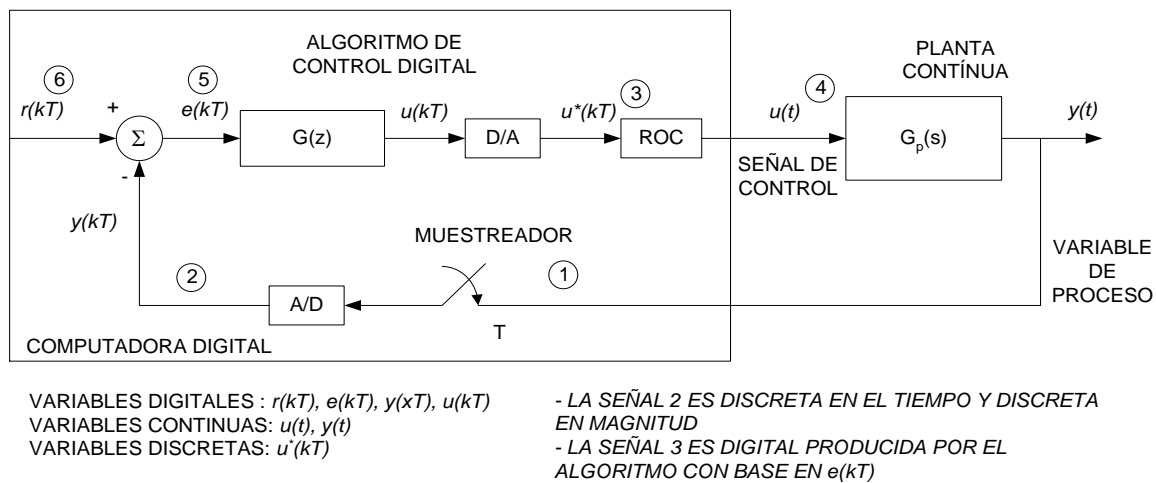



Fig. 3 Esquema de control discreto para una planta continua.

La operación del control discreto se realizará a través de la tarjeta de adquisición de datos PCI- 6221M que corresponde con el muestreador marcado con el número 1 en la **Fig. 3** y la función de transferencia del control $G[z]$ implementada a través de un programa realizado con *LabView* en la computadora el cual se describe a continuación.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	8/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Programación del Algoritmo de Control con LabView

Se realizó una programa con *LabView* que toma los datos adquiridos por la tarjeta PCI-6221M, que requiere del *Runtime Engine* de *LabView* así como del *driver* de la tarjeta para que opere correctamente.

El sistema de control completo puede representarse por medio del esquema de la **Fig. 4**

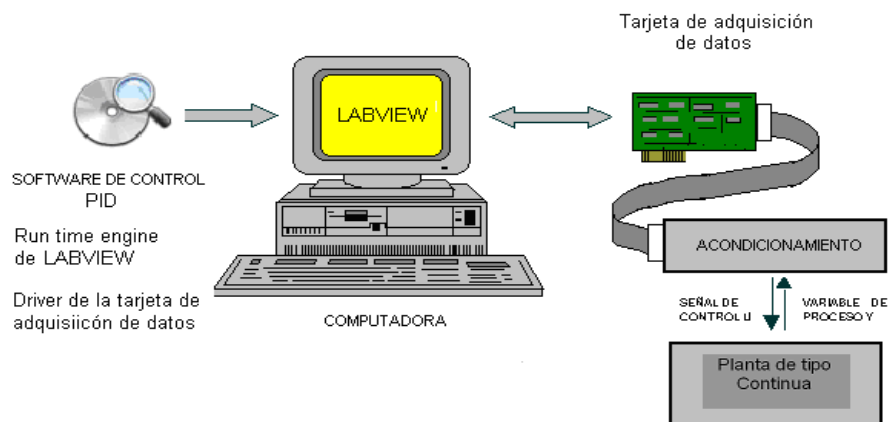



Fig. 4 Implementación del esquema de la Fig. 3

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	9/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

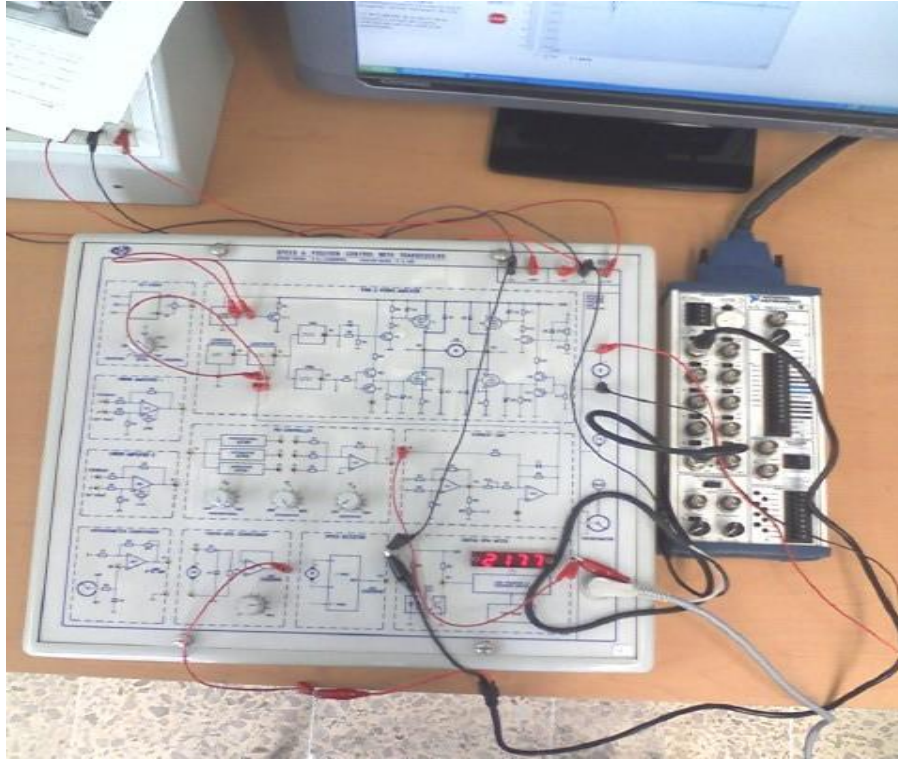



Fig. 5 Diagrama de conexiones para el control discreto de una planta de velocidad.

I. Actividad 1

Calibración del sistema en malla cerrada

El objeto de la calibración es ajustar el potenciómetro del taco generador, para lo cual se tiene que verificar que el servo motor opere a una velocidad angular de 4000 r.p.m. con un voltaje de entrada de 8 volts, para lo cual realizamos lo siguiente:

- Conecte y encienda la fuente, ajustando al mínimo el valor de corriente, después realice un pequeño giro hasta que encienda el indicador “CV”.
- Ajuste las fuentes de alimentación a 30 volts de cd necesarios para el módulo, una vez que se tengan los voltajes correctos, APAGUE LA FUENTE.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	10/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Conecte los voltajes de polarización de la Fuente PS1/EV en los bornes correspondientes del Módulo G36A.
- Construya el circuito de la figura 6. Con el objeto de **calibrar** el sistema,

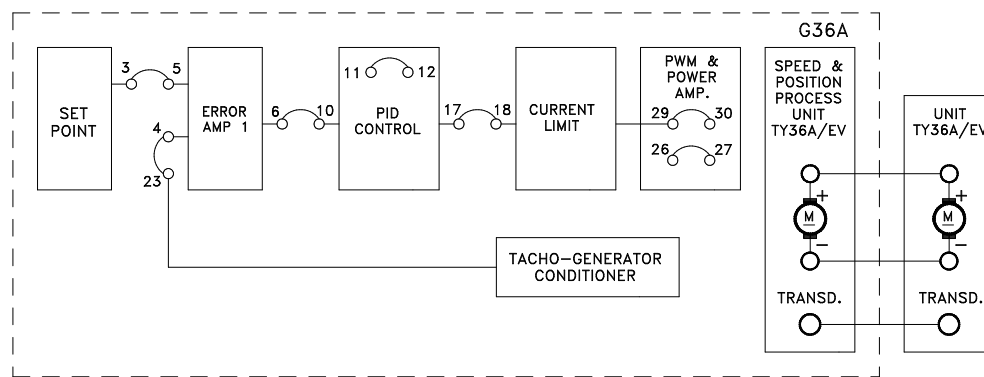


Fig. 6 Esquema para calibración de sistema control de una planta de velocidad continua.

- En el bloque “PID CONTROLLER” gire la perilla “PROPORTIONAL” hasta el valor máximo.
- Gire la perilla localizada en la unidad TY36A/EV para asegurar que el motor tiene una carga nula.
- Coloque un multímetro para que mida tensiones continuas entre el borne 3 y tierra.
- En el bloque “SET POINT” mueva la perilla correspondiente en la posición central.
- Encienda las fuentes de alimentación.
- En el bloque “SET POINT” gire la perilla correspondiente en sentido horario hasta leer un voltaje de 8V en el borne 3.
- Si en el display de la Fuente PS1/EV se observa que disminuye el voltaje de 30V, gire la perilla “CURRENT” hasta que el indicador de “CV” se encienda y se apague al mismo tiempo el de “CC”.
- En el bloque “TACHO-GEN CONDITIONER” gire la perilla correspondiente hasta que el motor gire a una velocidad cercana a 4000 r.p.m. La velocidad a la que gira el motor se visualiza en el display del bloque “DIGITAL R.P.M. METER”.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	11/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

II. Actividad 2

Una vez calibrado el sistema procedemos a realizar el armado del sistema de control de velocidad discreto, para lo cual realizamos las conexiones de la figura 5.

- Encender la computadora y correr *LabView*.

Se asigna un tiempo de actualización en el despliegue de 30 ms y un número de puntos (N_p) = 300.

- Estando en la posición **STOP**, seleccionar el período de muestreo calculado anteriormente.
- Introducir los valores de $K_c = 1.1579$, $T_i = 0.075$ y $T_d = 0.01875$.
- Colocar el Set Point con valor de 3.
- Ubicar la perilla en la posición **auto** de *LabView*.
- Encender la fuente PS1/EV del sistema de control de velocidad.
- Activar el comando **run** de *LabView*.

La gráfica obtenida deberá ser similar a la siguiente figura.

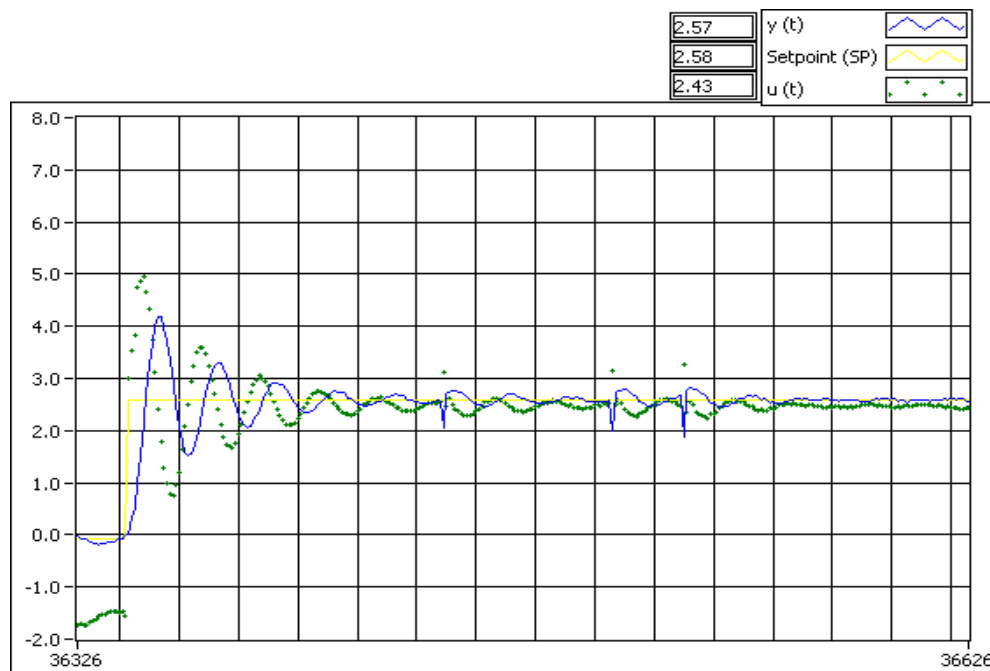



Fig. 7 Curva característica del sistema de velocidad con *LabView*.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	12/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Una vez obtenida la gráfica anterior detener el proceso con **STOP** y guardar la imagen obtenida, para guardar la gráfica se coloca el puntero sobre ésta y se oprime el botón derecho del ratón. Seleccionar Export Simplified Image y Save to file, una vez realizado lo anterior active nuevamente el sistema con la posición **run**, y varíe los valores conforme a las siguientes tablas:

La ganancia proporcional K_c , grafique sus resultados.


K_c	T_i	T_d	Observaciones
1.1579	0.075	0.01875	
5	0.075	0.01875	
10	0.075	0.01875	
20	0.075	0.01875	
0.8	0.075	0.01875	
0.1	0.075	0.01875	
0.05	0.075	0.01875	

El tiempo integral T_i , grafique sus resultados.

K_c	T_i	T_d	Observaciones
1.1579	0.075	0.01875	
1.1579	0.001	0.01875	
1.1579	0.02	0.01875	
1.1579	0.05	0.01875	
1.1579	5	0.01875	
1.1579	10	0.01875	
1.1579	20	0.01875	

El tiempo derivativo T_d , grafique sus resultados.

K_c	T_i	T_d	Observaciones
1.1579	0.075	0.01875	
1.1579	0.075	0.01	
1.1579	0.075	0.001	
1.1579	0.075	0.009	
1.1579	0.075	5	
1.1579	0.075	10	
1.1579	0.075	20	

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	13/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

III. Actividad 3

Control de Posición.

Para realizar el alambrado del control de posición, apague las fuentes y construya el circuito de la figura 8.

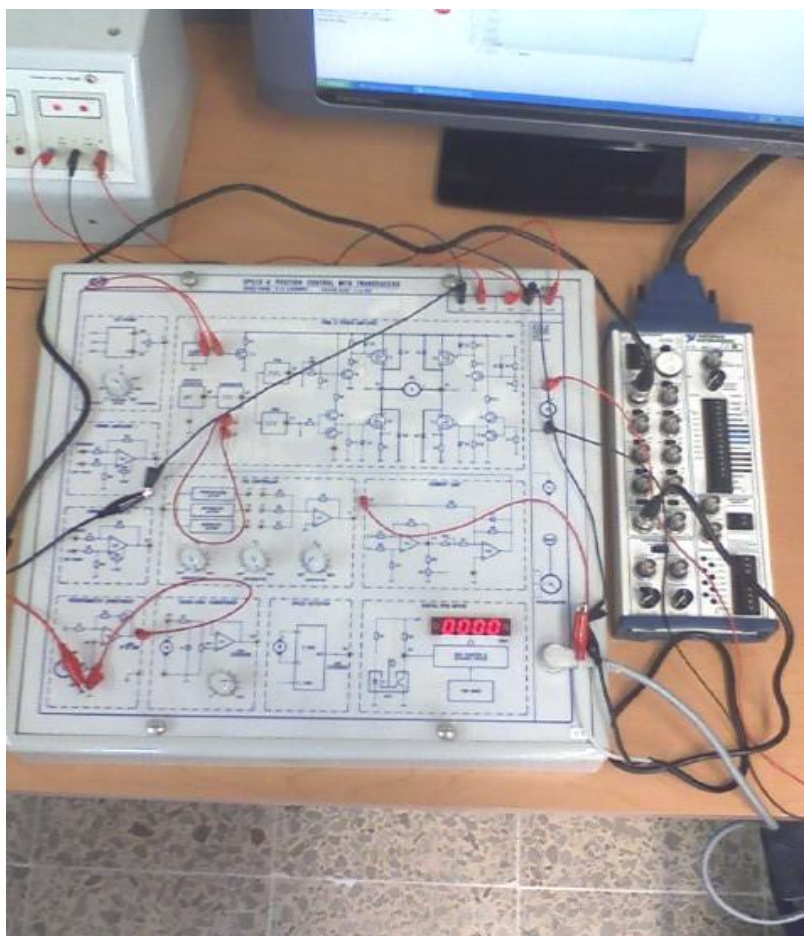


Fig. 8 Diagrama de conexiones para el control discreto de posición

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	14/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Se asigna un tiempo de actualización en el despliegue de 10 ms y un número de puntos (Np) =100.

- Estando en la posición **STOP**, seleccionar el período de muestreo calculado anteriormente.
- Introducir los valores de $K_c = 1.5$, $T_i = 1.473$ y $T_d = 0.368$.
- Colocar el Set Point con valor de 4.
- Ubicar la perilla en la posición **auto** de *LabView*.
- Encender la fuente PS1/EV del sistema de control de velocidad.
- Activar el comando **run** de *LabView*.
- Observe la posición inicial y final del ángulo en la unidad TY 36A/EV.

La gráfica a obtener será similar a la siguiente:

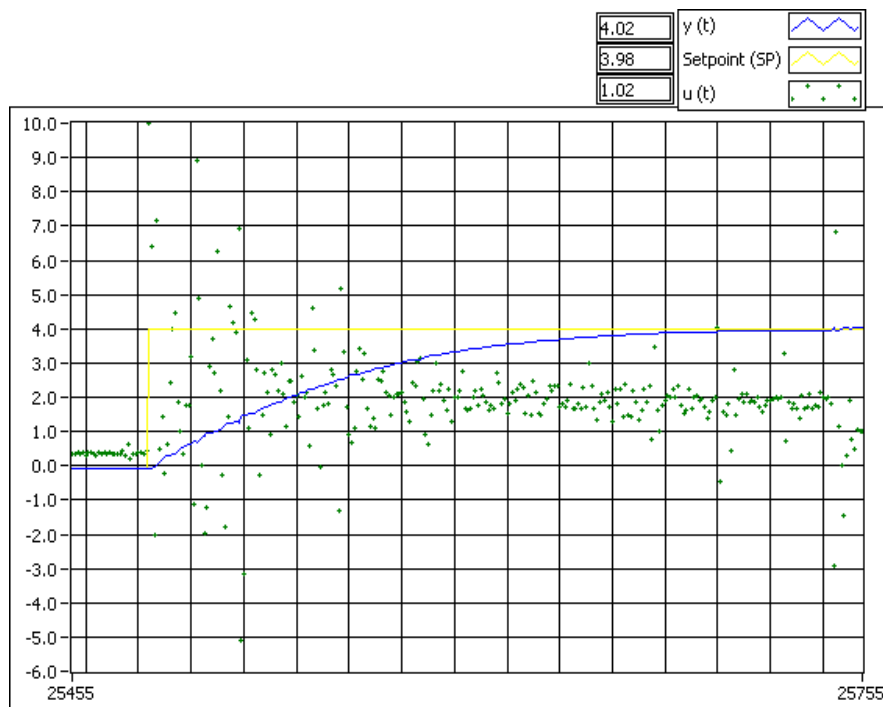



Fig. 9 Gráfica del control de posición

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	15/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Una vez obtenida la gráfica anterior detener el proceso con **STOP** y guardar la imagen obtenida, una vez realizado lo anterior active nuevamente el sistema con la posición **run**, y varíe los valores de acuerdo a las siguientes tablas:

- La ganancia proporcional K_c , grafique sus resultados.


K_c	T_i	T_d	Observaciones
1.5	1.473	0.368	
0.05	1.473	0.368	
0.1	1.473	0.368	
0.8	1.473	0.368	
5	1.473	0.368	
10	1.473	0.368	
20	1.473	0.368	

- El tiempo integral T_i , grafique sus resultados.

K_c	T_i	T_d	Observaciones
1.1579	1.473	0.368	
1.1579	0.01	0.368	
1.1579	0.7	0.368	
1.1579	1	0.368	
1.1579	3	0.368	
1.1579	8	0.368	
1.1579	10	0.368	

- Por último el tiempo derivativo T_d , grafique sus resultados.

K_c	T_i	T_d	Observaciones
1.5	1.473	0.368	
1.5	1.473	0.01	
1.5	1.473	0.1	
1.5	1.473	0.5	
1.5	1.473	1	
1.5	1.473	2.5	
1.5	1.473	5	

	Manual de prácticas del Laboratorio de Sistemas de Control	Código:	MADO-69
		Versión:	01
		Página	16/16
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorios de Control y Robótica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Hoja de resultados

Se deberá de incluir en el reporte las gráficas obtenidas por medio de *LabView* incluyendo los comentarios que se consideren convenientes. Las conclusiones y justificaciones serán de manera individual.

Indique y explique de qué forma influye el modificar las acciones de control en la respuesta del sistema.

6. Conclusiones

7. Bibliografía

- 1.- Ricardo Garibay Jiménez. Práctica . “Control Digital PID”, UNAM FI, 2007.
- 2.- Manual de módulo G36A Y TY36A, Electrónica Venneta.
- 3.- Katsuhiko Ogata “Ingeniería de control moderna”, tercera edición, Pretince.

8. Cuestionario previo.

1. Explique en términos generales las diferencias que existen al analizar un sistema de control desde el punto de vista analógico y digital.
2. ¿Cuál es la función del limitador de corriente?
3. ¿Para qué nos sirve el acondicionador del tacogenerador?
4. ¿Cuál es el objetivo del acondicionador de señales del transductor de posición?
5. Describa cuál es la función del amplificador de potencia basado en PWM
6. ¿Cuáles son los transductores de velocidad con los que cuenta el módulo de velocidad TY36A/EV?