

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la producción industrial está ligado a la electrónica a través de sus aplicaciones de medición, monitoreo y automatización de los procesos, permitiendo tener productos de alta calidad y bajo costo.

La tecnología de medición industrial es un elemento clave para garantizar la calidad constante de los productos, la optimización de los procesos y la seguridad y protección del entorno.

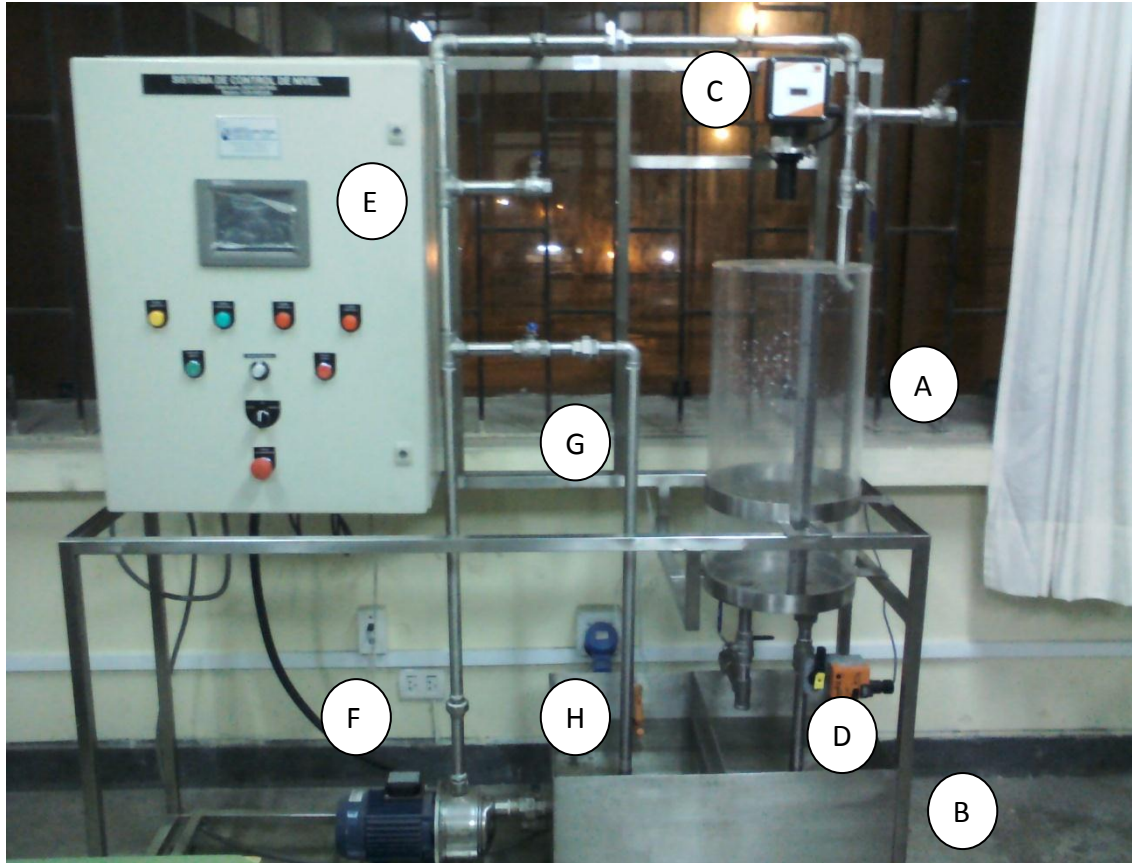
El desarrollo cada día mas acelerado de la electrónica nos ha estado brindando nuevos sistemas de Medición de Nivel, cada vez más sofisticados a costos menores. No obstante, muchos principios físicos tradicionales tienen particularidades técnicas o prácticas que los mantienen siempre vigentes.

OBJETIVOS

- Determinar las características importantes de un proceso cuya variable de control es el nivel.
- Conocer los tres términos importantes que caracterizan como responde un proceso ante perturbaciones que son: Ganancia del proceso, constante de tiempo del proceso y tiempo muerto del proceso.

MATERIALES E INSTRUMENTOS

SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL



LEYENDA:

A: TANQUE ALTO

B: TANQUE BAJO

C: SENSOR ULTRASÓNICO

D: ELECTROVÁLVULA

E: SISTEMA DE CONTROL

F: MOTOR ELÉCTRICO

G: SISTEMA DE TUBERIAS

H : SENSOR DE BAJO NIVEL DE AGUA

DETALLES PUNTUALES EN LEYENDA:

D: ELECTROVÁLVULA

Válvula que funciona en forma eléctrica, a medida que se aplica una tensión empieza a abrir, a más tensión abre un poco más y así sucesivamente, de esta manera se puede regular cuanto puede abrir y en función a eso va descargando el agua, por ejemplo utilizando el programa que tiene sistema de control se programa a que controle el nivel hasta 30cm de tal manera que cuando llegue a 30 cm la electroválvula se activa de esta forma el agua que entra es la misma que sale.

C: SENSOR ULTRASÓNICO

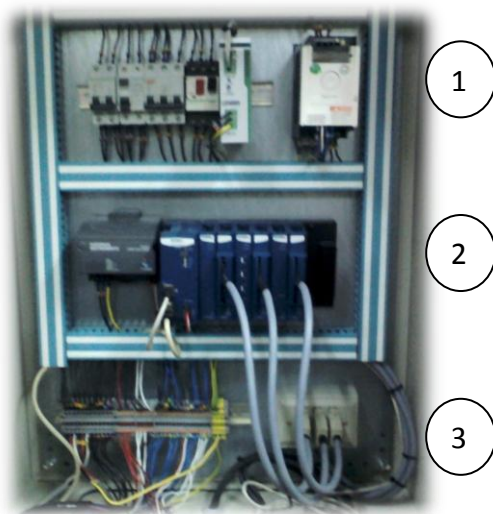
Genera una señal, dicha señal generada regresa al sensor y mide el tiempo, esta señal sale hacia el sistema de control.

H: SENSOR DE BAJO NIVEL DE AGUA

Sensor en forma de argollita que su función es que cuando existe bajo nivel activa una señal de alarma y cuando existe alto nivel esta argollita se levanta manera que aspira el agua.

E: SISTEMA DE CONTROL

Composición:



1) POTENCIA: Es la parte a la cual llegan los 220V, de esos 220V tenemos la llave general y las llaves de las diferentes etapas, una llave térmica para proteger al motor y un rectificador que convierte la tensión entrante en 24V.

2) REGULADOR DE VELOCIDAD (FUERZA): Permite regular la velocidad del motor.

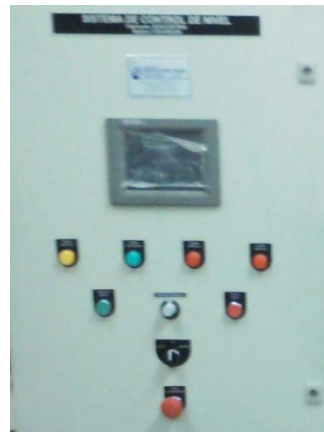
3) UNIDAD TAC: Se encuentra el acondicionador que permite acondicionar la señal, controlador PID (puede ser un PLC), las unidades de entrada y salida.

4) INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA:

En este sector encontramos un pequeño computador con una pantalla, un variador de velocidad del motor y entre otras variables que permiten el control de nivel.



4



CRONÓMETRO



DIAGRAMA DE BLOQUES

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA:

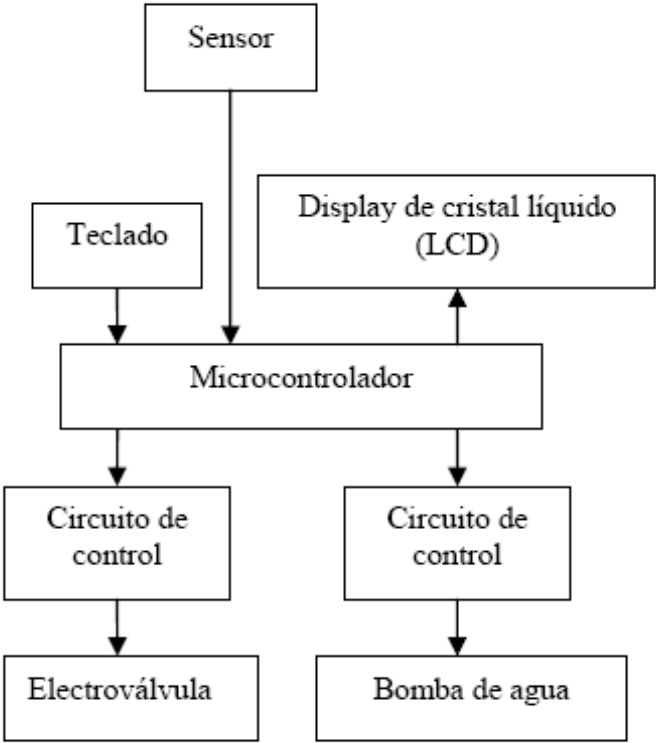
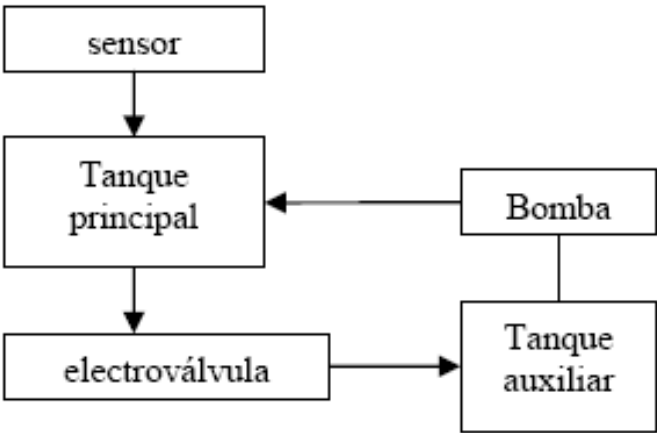


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA:



FUNDAMENTO TEÓRICO

Los **controles de nivel** son dispositivos o estructuras hidráulicas cuya finalidad es la de garantizar el nivel del agua en un rango de variación preestablecido. Existen algunas diferencias en la concepción de los controles de nivel, según se trate de: canales; plantas de tratamiento; tanques de almacenamiento de agua o un embalse.



CONTROLES DE NIVEL PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

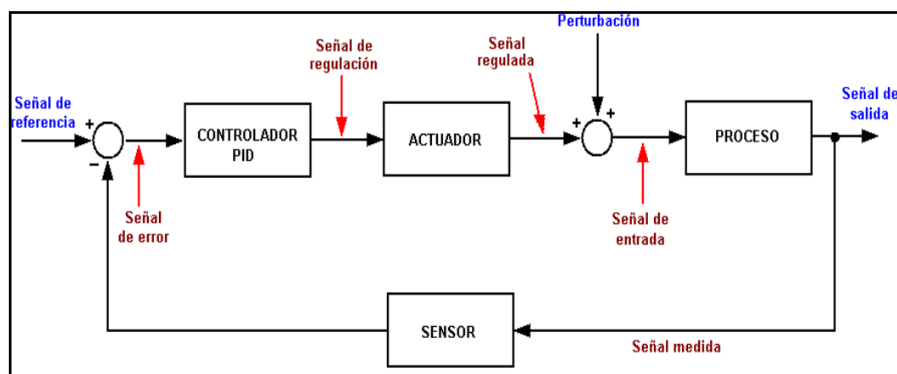
- Los controles del **nivel máximo** del agua en un tanque de almacenamiento tienen la doble función de garantizar la seguridad de las estructuras y de evitar el desperdicio de agua. El control del nivel máximo se hace mediante un sensor de nivel conectado en alguna forma, ya sea mecánica o electrónica con la operación de una válvula a la entrada del tanque. Como todo mecanismo siempre puede fallar en el momento de su operación, es importante que el tanque disponga de un sistema de seguridad de funcionamiento totalmente automático como por ejemplo un vertedero libre, eventualmente conectado con una alarma.

- El control del **nivel mínimo** del agua tiene la función de garantizar el buen funcionamiento del sistema evitando la entrada de aire en la tubería que se encuentra aguas abajo del tanque, como por ejemplo en la red de distribución de agua, o en la succión de la o las bombas. En este caso también el sistema está compuesto por un sensor de nivel conectado a una alarma, para que el operador intervenga, o en sistemas más sofisticados, el sensor actúa directamente, para aumentar la entrada de agua al tanque.

Debido a que nuestro control de nivel está compuesto de un PID a continuación procederemos a detallar del mismo.

CONTROLADOR PID

Un controlador PID (Proporcional Integral Derivativo) es un sistema de control que mediante un elemento final de control (actuador), es capaz de mantener una variable o proceso en un punto deseado dentro del rango de medición del sensor que la mide. Es uno de los métodos de control más frecuentes y preciso dentro de la regulación automática.



FUNCIONAMIENTO

El controlador lee una señal externa que presenta el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada una de las 3 componentes de un controlador PID propiamente tal, para generar las 3 señales que, sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres señales que, sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres señales, se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, si no que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que usemos.

COMPONENTES:

Las tres componentes de un controlador PID son: **acción proporcional, acción integral y acción derivativa.**

El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente.

ACCION PROPORCIONAL

Una ventaja de esta estrategia de control, es que sólo requiere del cálculo de un parámetro (ganancia K_c) Y, además, genera una respuesta bastante **instantánea**. Sin embargo, el controlador proporcional posee una característica indeseable, que se conoce como error en estado estacionario (offset).

$$m(t) = \bar{m} + K_c \cdot e(t) \quad e(t) = S_p - V_p(t)$$

Donde:

$m(t)$ Salida del controlador

$e(t)$ Señal de error (diferencia entre el punto de ajuste y la variable controlada)

K_c Ganancia del controlador

\bar{m} Valor de estado estacionario (salida del controlador cuando el error es cero)

S_p Punto de ajuste

$V_p(t)$ Variable controlada

ACCION INTEGRATIVA

La acción integral da una respuesta proporcional a la integral del error. Esta acción elimina el offset, pero se obtiene una mayor desviación del set point, la respuesta es más lenta y el periodo de oscilación es mayor que en el caso de la acción proporcional.

En este tipo de control, la salida $m(t)$ del controlador, es proporcional a la integral del error $e(t)$, o sea:

$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) \cdot dt$$

Donde:

$M(t)$ es la señal de salida del controlador.

$E(t)$ es la señal del error

K_i es una constante, llamada ganancia integral

ACCION DERIVATIVA

La acción derivativa da una respuesta proporcional a la derivada del error (velocidad de cambio del error). Añadiendo esta acción de control a las anteriores, se elimina el exceso de oscilaciones. No elimina el offset. Se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

En este tipo de control, la salida $m(t)$ del controlador, es proporcional a la derivada del error $e(t)$, o sea:

$$m(t) = K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Donde:

$M(t)$ es la señal de salida del controlador.

$E(t)$ es la señal de error.

K_d es una constante, llamada "ganancia derivativa"

ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVA

Esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

La función de transferencia del controlador, queda como:

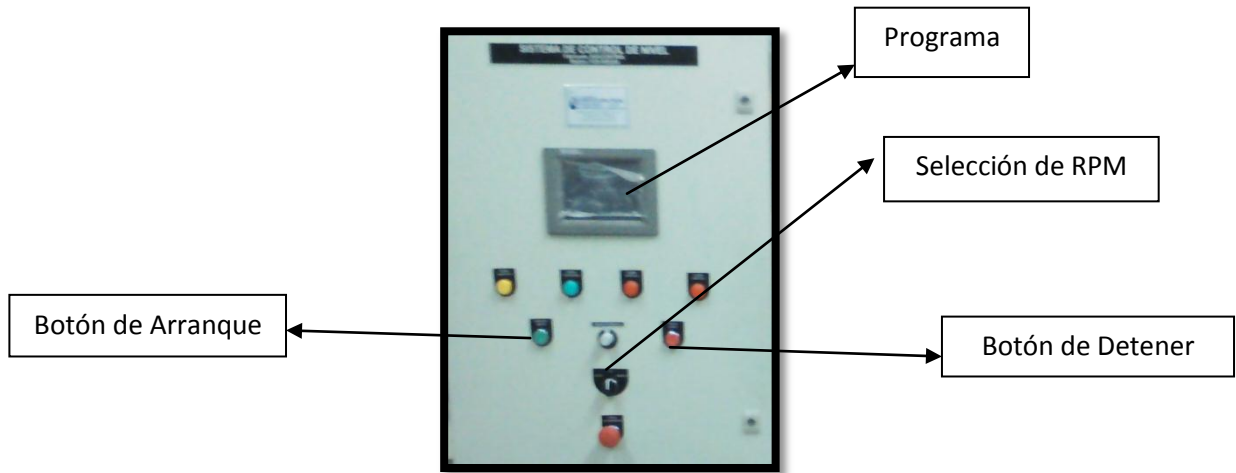
$$C_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

¿Cuándo utilizarlo?

En general, si se tiene un sistema de primer orden, se suele utilizar control PI (ya que la acción derivativa no tiene mayor efecto) y si el sistema es de segundo orden como el detallado en el informe, se suele utilizar control PID. Para sistemas de orden mayor o con retardos muy grandes el control PID no es eficiente.

PROCEDIMIENTO

1) Encendemos el sistema de control.



2) Se escoge el RPM la cual va a funcionar el motor (normalmente se trabaja a 1500 RPM)

3) Una vez seleccionado el RPM se procede a pulsar el botón de arranque (botón verde) y observamos que el tanque empieza a llenarse.

4) Cuando el tanque llene hasta 25cm detenemos pulsando el botón rojo.

5) Luego con el cronómetro en la mano volvemos a pulsar el botón de arranque y detenemos cuando la regla graduada marque 35cm.

6) Se visualiza el computador del programa del sistema de control y luego se procede a tomar los datos correspondientes (tiempo de cronómetro, dato del sensor ultrasónico, altura inicial, altura final, volumen del recipiente).



7) Repetir estos pasos con el mismo RPM (1500) para tres mediciones y luego cambiar con otro RPM y efectuar el mismo procedimiento.

DATOS OBTENIDOS EN LA EXPERIENCIA

	MEDICIONES (RPM = 2500)			
Parámetros	1	2	3	4
H1 (cm)	25.02	24.84	25.03	25.04
H2 (cm)	36.83	36.91	35.53	35.06
t (s)	7.21	7.99	8.4	6.41
S. ultrasónico	12.39	13.51	12.22	12

	MEDICIONES (RPM = 1500)					
Parámetros	1	2	3	4	5	6
H1 (cm)	25.03	25.06	25.03	25.04	25.12	25.01
H2 (cm)	35.06	36.47	35.53	35.06	36	35.5
t (s)	15.41	15.69	12.22	15.41	15.71	12.19
S. ultrasónico	12.13	12.35	12.22	12	12.33	12.2

RADIO DEL CILÍNDRIO: 15- 20cm

ANÁLISIS DE RESULTADOS

RPM: 1500

H1 (CM)

	VALOR PRÁCTICO (cm)	VALOR TEÓRICO (cm)	%ERROR
1	25.03	25	0.12
2	25.06		0.24
3	25.03		0.12
4	25.04		0.16
5	25.12		0.48
6	25.01		0.04

H2 (CM)

	VALOR PRÁCTICO (cm)	VALOR TEÓRICO (cm)	%ERROR
1	35.06	35	0.17
2	36.47		4.2
3	35.53		1.51
4	35.06		0.17
5	36		2.85
6	35.5		1.42

VOLÚMENES

	VALOR PRÁCTICO (cm ³)	VALOR TEÓRICO (cm ³)	%ERROR
1	9649.99	9621.13	0.29
2	10977.71		14.10
3	10102.18		4.99
4	9640.37		0.20
5	10467.79		8.8
6	10092.56		4.9

SENSOR ULTRASÓNICO

	VALOR PRÁCTICO (pulg)	VALOR PRÁCTICO (cm)	VALOR TEÓRICO (cm ³)	%ERROR
1	12.13	30.81	35	
2	12.35	31.37		
3	12.22	31.03		
4	12	30.48		
5	12.33	31.31		
6	12.2	30.99		

ANÁLISIS DE RESULTADOS

RPM: 2500

H1 (CM)	VALOR PRÁCTICO (cm)	VALOR TEÓRICO (cm)	%ERROR
1	25.02	25	0.08
2	24.84		0.64
3	25.03		0.12
4	25.04		0.16

H2 (CM)

	VALOR PRÁCTICO (cm)	VALOR TEÓRICO (cm)	%ERROR
1	36.83	35	5.23
2	36.91		5.45
3	35.53		1.51
4	35.06		0.17

VOLÚMENES

	VALOR PRÁCTICO (cm ³)	VALOR TEÓRICO (cm ³)	%ERROR
1	11362.55	9621.13	18.13
2	11612.70		20.70
3	10102.18		4.99
4	9640.37		0.19

SENSOR ULTRASÓNICO

	VALOR PRÁCTICO (pulg)	VALOR PRÁCTICO (cm)	VALOR TEÓRICO (cm ³)	%ERROR
1	12.39	31.47	35	10.08
2	13.51	34.31		1.97
3	12.22	31.03		11.34
4	12	30.48		12.91

CUESTIONARIO

1) ¿Cómo responde un proceso de nivel, es rápido?

Para nuestra experiencia el proceso de nivel responde de manera rápida ya que existe un controlador PID el cual acelera la obtención de datos en el programa para controlar el nivel del tanque de agua.

2) ¿Cómo hubiera variado la constante de tiempo, si la velocidad de accionamiento de la bomba hubiera sido menor o mayor?

En la experiencia comprobamos que la velocidad es directamente proporcional al tiempo transcurrido, por lo tanto la constante de tiempo varía de la siguiente forma.

	<i>T (RPM=1500)</i>	<i>T (RPM=1500)</i>	<i>%VARIACION</i>
1	15.41	7.21	53.21
2	15.69	7.99	49.07
3	12.22	8.4	31.26
4	12	6.41	46.58

Se comprobó experimentalmente que la variación fluctúa entre 46 y 54 %

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Este proyecto permite a las pequeñas y medianas industrias la automatización del control de niveles en tanques o calderas a bajos costos, permitiendo la optimización de sus procesos.
- El empleo de un micro controlador en la implementación del sistema de control de nivel permitió la conversión análoga-digital, comparar niveles con datos ingresados, y obtener salidas digitales para el funcionamiento de dispositivos externos.
- A la hora de realizar un control o automatización se requiere de fiabilidad; con este proyecto se puede mostrar que implementando un micro controlador se puede realizar un excelente control que cumpla con: precisión, exactitud, calidad, velocidad y facilidad.
- El nivel es el tipo de control que más se realiza hoy en día, mediante este proyecto se puede observar claramente que parámetros intervienen, como controlarlas y como medirlas.
- Variaciones en la referencia, lo que hacen oscilar el nivel
- Existen otras maneras de controlar el nivel (método de los electrodos, método con la niquelina, método con una boya, etc.)
- En el análisis de resultados se comprobó que el parámetro que nos proporciona el sensor ultrasónico viene a ser la altura final (H2).

BIBLIOGRAFÍA

CONTROL DE NIVEL

Tratamiento de Agua (volumen 2). José M. de Azevedo Netto, y otros. 2da Edición revisada. CETESB. San Pablo, 1997.

ESTRUCTURA DEL CONTROL PID

http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid