

Diseño de un sistema de control para un tanque suministrador de agua para vivienda y proceso de lavado del café de la finca Las Minas, Oiba (Santander)

Design of a control system for a housing water supply tank and coffee washing process at the Las Minas farm, Oiba (Santander)

Sandoval A., Ruiz C. Quiroga F. A. y Chaves G. C.

Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia.

Fecha de recepción: marzo de 2019 / Fecha de aceptación: julio de 2019

Resumen

Este artículo expone el diseño de un sistema de control para un tanque de agua donde se filtrará y distribuirá de forma automática para el suministro de agua potable de una vivienda y para el lavado del café de la finca Las Minas. El diseño se basó en la metodología desarrollada por Karl T. Ulrich, la cual se fundamenta en seis fases: reconocimiento de la necesidad, identificación del problema, recopilación de la información, conceptualización, evaluación y comunicación del diseño.

Se realizó una visita técnica al tanque ubicado en el municipio de Oiba, Santander, para determinar su estado y la disposición general de los diferentes componentes a partir del método de la filtración del agua que resultase mejor y más económico, contemplando los requerimientos establecidos por el usuario final. Asimismo, las respuestas obtenidas del controlador pid, basadas en el segundo método de Zigler Nichols, proporcionando al sistema rapidez y estabilidad con su implementación.

Palabras clave: filtración, labores agrícolas, valor agregado.

Abstract

This article presents the design of a control system for a water tank where it will be filtered and distributed automatically for the supply of drinking water to a home and for washing the coffee on the Las Minas farm. The design was based on the methodology developed by Karl T. Ulrich, which is based on six phases: recognition of the need, identification of the problem, information gathering, conceptualization, evaluation and communication of the design. A technical visit was made to the tank located in the municipality of Oiba, Santander, to determine its status and the general arrangement of the different components based on the best and most economical water filtration method, considering the requirements established by the final user. Likewise, the responses obtained from the PID controller, based on the second method of Ziegler Nichols, providing the system with speed and stability with its implementation.

Keywords: filtration, agricultural work, added value.

Introducción

Al ser Colombia un país de producción principalmente agrícola, la implementación y la investigación de equipos que permitan la optimización y el aprovechamiento de un recurso natural vital, para el uso de las actividades cotidianas del ser humano y procesos de producción agrícola, juegan un papel muy importante para el desarrollo de la industria. Esta investigación presenta una solución enfocada al desarrollo del sector primario de la economía y de las regiones, desarrollando un sistema mecatrónico que permite el aprovechamiento de la pérdida de

agua que se presenta en la falta de control en los tanques de llenado, mejorando el filtrado del agua usada para el consumo humano y las labores agrícolas, dando así un valor agregado al uso de los tanques del sector.

Diseño

Para realizar el diseño del sistema de control del tanque se hizo una visita a la finca Las Minas en el municipio de Oiba, Santander, en la figura 1 se puede apreciar el tanque de almacenamiento con el que cuenta la finca.

Figura 1. Tanque de almacenamiento



Fuente: elaboración propia.

El tanque cuenta con tres subtanques, el primero se encarga de almacenar el agua que se recoge para poder empezar el proceso y está ubicado en la parte izquierda; el segundo se encarga de filtrar el agua que recibe el anterior y el tercero distribuye el líquido potable para la vivienda y el proceso de secado de café.

La capacidad del sistema está dada por la pérdida de la fruta registrada semanalmente durante los últimos seis meses, el área se establece a partir del espacio disponible para el almacenamiento del agua y según el artículo 373 de 1997, por el cual se establece

el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, esto determina la capacidad por área para diseñar el sistema de control y que se evite el desperdicio.

El diseño horizontal del tanque permite mantener un flujo constante del agua, evitando el represamiento del líquido y garantizando el paso por el sistema de filtración convencional, esto permite remover las partículas que se adhieren a los componentes de filtración (Arboleda, 2000).

Los criterios establecidos como resultado de la visita y el análisis del funcionamiento del tanque se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de diseño

Parámetro				
Capacidad	Volumen	Área	Capacidad por área	Posición
5,91 m ³	0,48 m ³	12,36 m ²	20,35 m ²	horizontal

Fuente: elaboración propia.

A partir de las condiciones de operación y con la finalidad de garantizar la inocuidad del producto, se establece el acero inoxidable austenítico como el material idóneo para construir el equipo (Wagner, 2012).

Diseño del sistema de control

El modelamiento mecánico del sistema se obtiene al efectuar los pasos que se describen a continuación.

Análisis de sensores

El análisis se realiza a partir del diagrama de comportamiento del sensor de turbidez abb, dado que el sensor tiene un comportamiento lineal se puede definir que la ecuación que lo representa es de una línea recta con pendiente diferente a cero. A continuación, se reflejan las ecuaciones.

$$y = \frac{7t}{60} \quad (1)$$

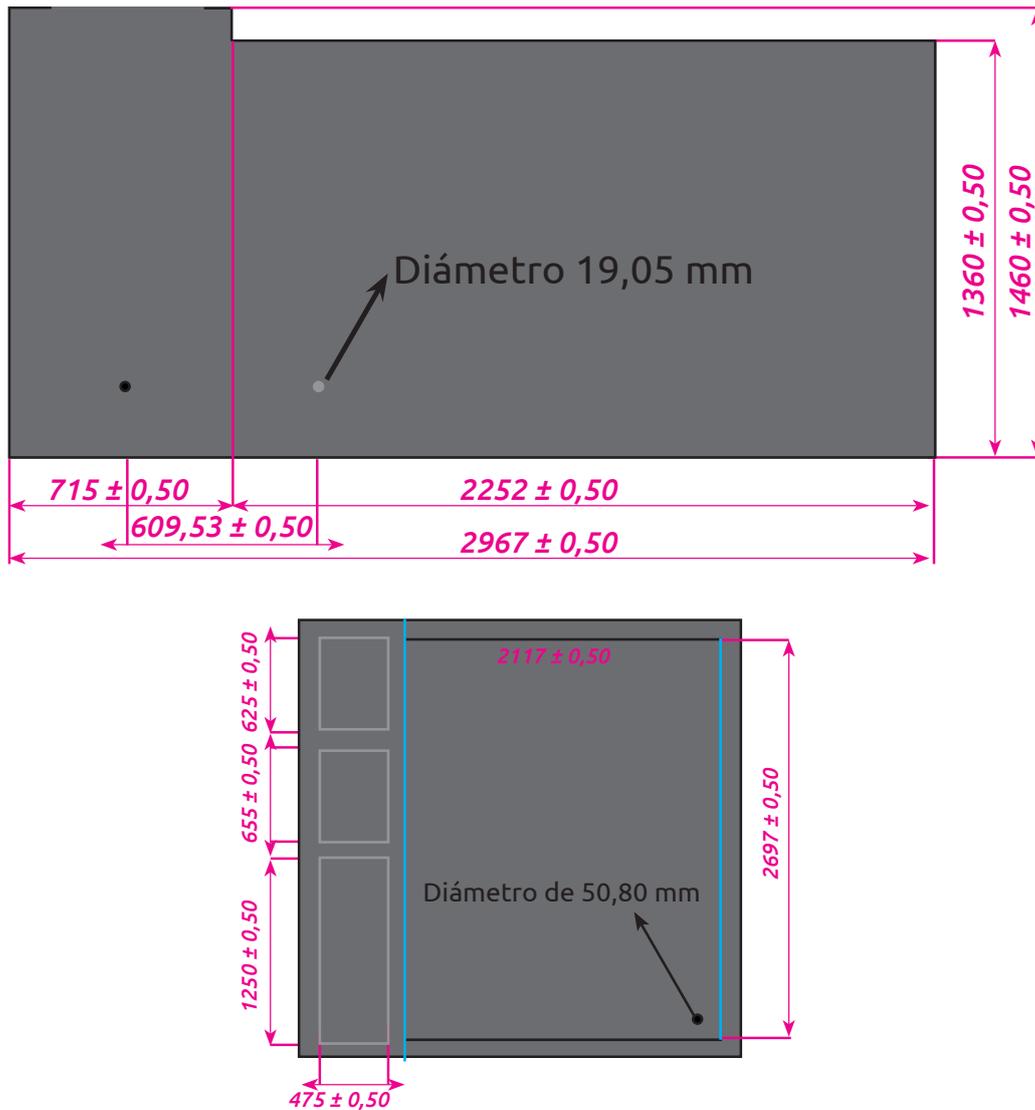
Al tener en cuenta que el sistema de control se diseñará en el dominio de la frecuencia, se procede a calcular la transformada de Laplace en la ecuación 2:

$$F(s) = \frac{7}{60s^2} \quad (2)$$

Actuadores

Dadas las medidas de los tanques se puede determinar el tamaño de la electroválvula, la cual permite la distribución del agua. Se escogieron: una válvula solenoide de uso general, dos vías - acción indirecta ode 1/4" 2/2 y la electroválvula de 3/2 de mando directo Asconumatics 3/4" 3/2.

Figura 2. Medidas de los tanques



Fuente: elaboración propia.

El modelamiento matemático en Laplace de la válvula solenoide se presenta en la ecuación 3:

$$F(s) = \frac{5,363}{s^2} + \frac{401,15}{s^2} - \frac{5633,2}{s^2} \quad (3)$$

El modelamiento de la electroválvula está dado por

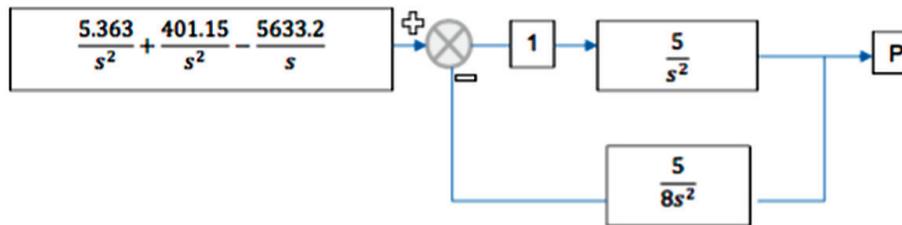
$$F(s) = \frac{1}{s - 1,1447} \quad (4)$$

Diagramas de bloques

Se determinó un diagrama de bloques para cada uno de los procesos, todos se especifican como laso cerrado para garantizar la precisión del controlador.

Para el nivel del primer subtanque se definió el diagrama de bloques presentado en la figura 3. En la ecuación 5 se evidencia la función de transferencia total del sistema.

Figura 3. Diagrama específico del nivel del subtanque 1



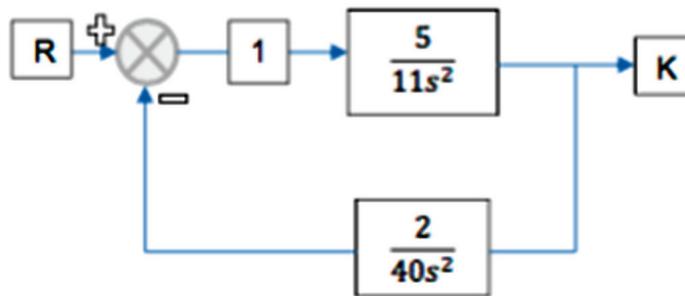
Fuente: elaboración propia.

$$F(s) = \frac{(401,15 - 5633,2s)}{(88s^4 + 25)} \quad (5)$$

Para el nivel del segundo subtanque se definió el diagrama de bloques presentado

en la figura 4. En la ecuación 7 se evidencia la función de transferencia total del sistema, la cual representa el nivel de entrada que depende de la salida del primer tanque.

Figura 4. Diagrama específico del nivel del segundo subtanque



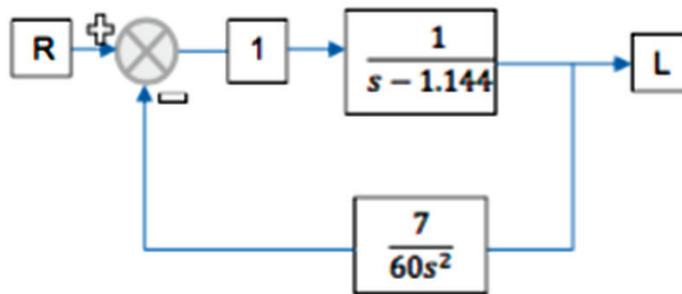
Fuente: elaboración propia.

$$F(s) = \frac{200s^2}{(440s^4 - 10)} \quad (6)$$

ya que de este depende la distribución del agua, también se debe tener en cuenta la potabilidad del líquido. En la ecuación 6 se evidencia la función de transferencia total del sistema.

Para el nivel del tercer subtanque se tiene en cuenta la salida del segundo subtanque,

Figura 5. Diagrama específico del nivel del tercer subtanque



Fuente: elaboración propia.

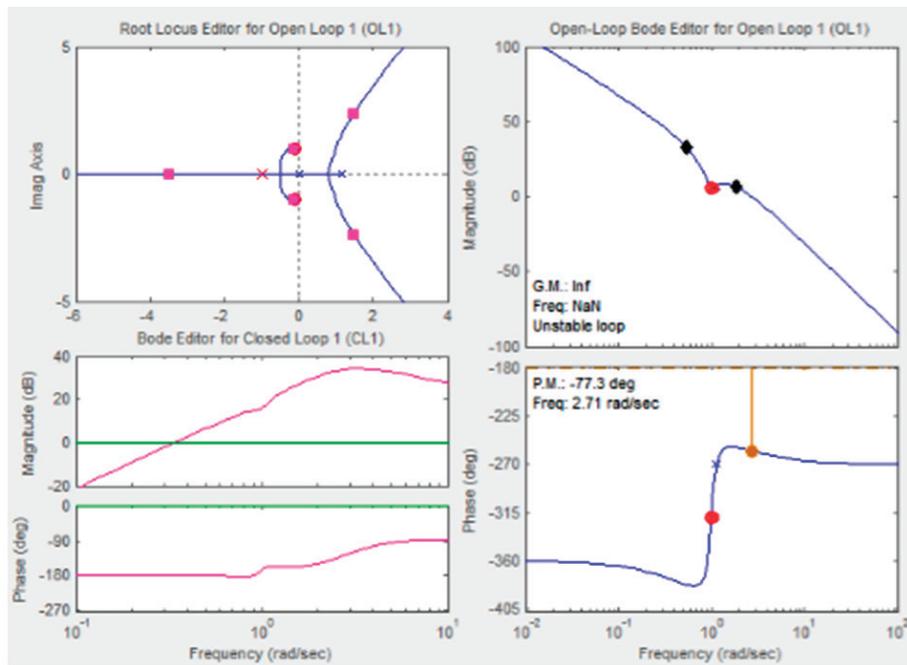
$$F(s) = \frac{8s^2}{8s^3 - 9,158s^3 - 5} \quad (7)$$

Resultados

En la figura 6 se aprecia la respuesta del sistema a una entrada-escalón, el diagrama de Bode y el lugar geométrico de las raíces se pueden establecer ya que el sistema es

oscilatorio e inestable, luego el tiempo de estabilización es largo, lo cual no permite tener un control específico sobre el nivel del agua y presenta un error de estado estable del 80%, por lo que se decide usar un compensador adelanto-atraso que permita corregir dichas características.

Figura 6. Respuesta del sistema a una entrada-escalón



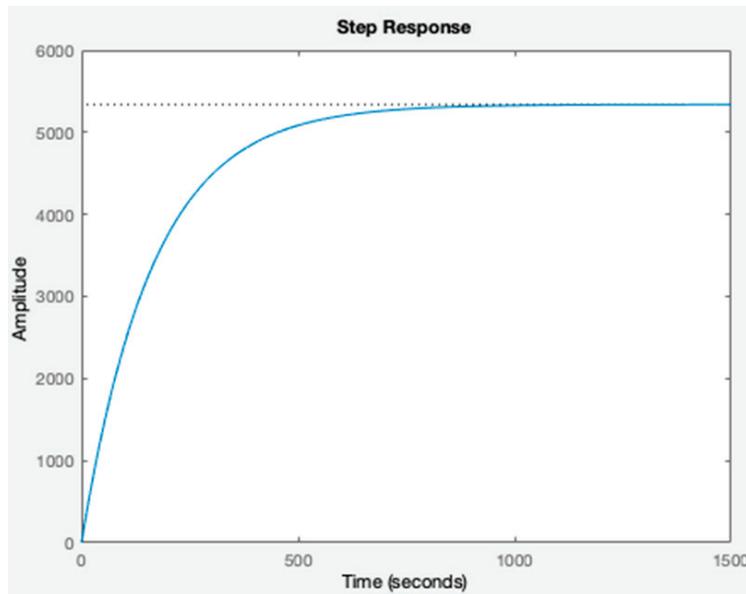
Fuente: elaboración propia.

El desarrollo del compensador se realizó por el método de la frecuencia, donde se establecen las constantes del compensador obteniendo la ecuación 8 del controlador en términos de Z, ya que se desea implementar

digitalmente. En la figura 7 se aprecia la respuesta del sistema.

$$C(z) = 109,3 \frac{1 + 0,2z + z^2}{(1 + z)^2} \quad (8)$$

Figura 7. Respuesta del sistema a una entrada-escalón



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El diseño del sistema es eficiente para garantizar que no exista desperdicio de agua y que se pueda distribuir la misma para el secado del café y el consumo de la vivienda ubicada en la finca. Adicionalmente, el sistema cuenta con alarmas que le permiten al usuario final conocer el estado de los elementos y la vida útil del sistema.

El sistema de control garantiza una respuesta rápida ante las posibles perturbaciones que pueda tener el llenado de alguno de los tanques, evitando el funcionamiento en vacío de las válvulas y el consumo innecesario de energía.

Referencias

- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Colombia: Ed. Acodal.
- Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales. (s. f.). *Zonificación hidrogeológica*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/zonificacion-hidrogeologica>
- Lozano, N. (2010). Control de nivel para tanques de agua con realimentación. Bucaramanga (Santander) (artículo de investigación). Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. Recuperado

de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15297/1/Documento%20Tanques%20Acoplados%2012-12-2017%20Versi%C3%B3n%20Final.pdf>

Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá. (s. f). *Recurso hídrico*

subterráneo. Recuperado de <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>

Wagner, A. (2015). *Libro blanco - seguridad alimentaria*. Festo AG y Co KG.