

DISEÑO DE UN SISTEMA MICROCONTROLADO PARA LA DOSIFICACIÓN E INYECCIÓN DE FERTILIZANTES EN CAMPO

Eliana Milena Ortiz Henao¹, William Felipe Zapata Vásquez²,
Henry Omar Sarmiento Maldonado³

¹*Eliana Milena Ortiz Henao Ingeniera en Instrumentación y Control. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. E-mail elimilenaortiz@hotmail.com, Medellín*

²*William Felipe Zapata Vásquez. Ingeniero en Instrumentación y Control. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, e-mail williamfelipezapatavasquez2@msn.com Medellín*

³*Henry Omar Sarmiento Maldonado Ing. Electricista, Magíster en Ingeniería, PhD(c) en Electrónica por la Universidad de Antioquia, Docente de Ingeniería en Instrumentación y Control Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, e-mail hosarmiento@elpoli.edu.co Medellín*

RESUMEN

En este proyecto de investigación fue diseñado el sistema de inyección y dosificación de fertilizantes usando un sistema microcontrolado. El sistema microcontrolado recibe la información de la cantidad de fertilizante requerido por el suelo para su nutrición, y envía señales un dispositivo mecánico para regular el paso del fertilizante haciendo una dosificación exacta del producto. Finalmente, un sistema de inyección introduce el fertilizante en el suelo.

Palabras claves: Sistema microcontrolado, sistema de control, sistema de dosificación, sistema de inyección, fertilizantes.

Recibido 05 de Abril de 2010. Aceptado 27 de Agosto de 2010
Received: April 05, 2010 Accepted: August 27, 2010

DESIGN OF MICROCONTROLLER SYSTEM FOR DOSAGE AND INJECTION OF FERTILIZERS INTO THE GROUND

ABSTRACT

In this project of investigation was designed the system of dosage and injection of fertilizers using a microcontrolled system. The microcontrolled system receives the information of the quantity of fertilizer that needs the soil for his nutrition, and it sends signals to a mechanical device to regulate the step of the fertilizer doing the exact dosage of the product. Finally, a system of injection introduces the fertilizer inside the soil.

Keywords: *micro controlled system, control system, dosage system, injection system, fertilizers.*

1. INTRODUCCIÓN

El tema que se abordó es el control de la fertilización, los principios en los que se basan estas técnicas, los equipos que se emplean y las aplicaciones específicas que se han desarrollado.

La agricultura ha progresado mucho en los últimos años dando lugar a una lucha por ofrecer productos de calidad a un mercado cada día más exigente [1,2]. Al mismo tiempo es imprescindible incrementar la productividad para mantenerse en un sector tan competitivo [3]. Estas circunstancias han inducido a los agricultores y empresas agrícolas a mejorar considerablemente las técnicas de cultivo [4].

En el ámbito nacional son pocas las empresas dedicadas al desarrollo de tecnologías aplicables al agro, lo cual genera un mercado bastante promisorio para proyectos de esta índole; en el campo internacional existen diversos equipos y técnicas aplicadas a la dosificación e inyección de fertilizantes, dentro de las cuales se destacan: fertilización por riego, fertilización nebulizada, fertilización por micro aspersión, entre otras; diferenciándose por su facilidad de aplicación y costo.

El sistema de cultivo en mesas móviles con reciclaje de la solución nutritiva se impone en el sector de planta ornamental en maceta. Los cultivos de flor cortada cada día son más exigentes y es complicada la gestión de un vivero de producción de plantas para trasplantar.

En el sector de los cultivos leñosos se están implantando técnicas de fertilización basadas en soluciones nutritivas completas que exigen equipos que controlen la dosificación de fertilizantes y el pH de la solución de fertilización.

Se involucra la selección de una técnica de dosificación para aplicarla a la implementación del sistema de dosificación e inyección de fertilizantes, enfocada a cubrir las necesidades en el control de la fertilización de un cultivo de banano [5,6]. Específicamente se tiene en cuenta los requerimientos de cultivos ubicados en la zona del Uraba antioqueño.

Las necesidades puntuales en fertilizantes para esta zona son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Se pueden encontrar en el mercado diversas presentaciones de fertilizantes, líquidos, sólidos y gaseosos, los cuales se diferencian por su forma de aplicación y costo, donde los fertilizantes sólidos granulados son más utilizados debido a su bajo costo y rendimiento aceptable.[7]

2. IDENTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ACTUALES UTILIZADAS PARA LA DOSIFICACIÓN E INYECCIÓN DE FERTILIZANTES

2.1 TÉCNICAS DE FERTILIZACIÓN

2.1.1 Técnica de fertilización manual.

Esta técnica consiste en suministrar los fertilizantes al cultivo manualmente, dejando la misma cantidad en toda el área de cultivo, obviando cualquier tipo de tecnología para su dosificación y suministro [8].

2.1.2 Técnica de fertilización por microaspersión.

Esta técnica consiste en suministrar los fertilizantes por medio de un sistema de bombeo sectorizado, es el más perfecto, por ser el que más se parece a la lluvia, el que deja menos zonas secas de acumulación de sales y el que más uniformemente distribuye los fertilizantes. Este sistema ahorra agua y fertilizantes, al mantenerlos solo en la zona del suelo -ocupada por las raíces- llamada bulbo de humedecimiento [9].

2.1.3 Técnica de fertilización nebulizado.

Se fundamenta en el principio de atomizar el agua y el fertilizante por medio de alta presión, hasta lograr gotas de tamaño aproximado de 10 micrones, las cuales permanecen suspendidas en el aire a manera de nube [10].

2.1.4 Técnica de fertilización por riego (Fertirrigación).

Esta técnica consiste en suministrar al cultivo agua y fertilizantes en la cantidad y frecuencia requeridas, de forma que se optimice el aprovechamiento de los mismos y evitando situaciones de estrés que afecten negativamente la producción [11].

Los sistemas más evolucionados se basan en la medición de factores ambientales o del medio en el que se desarrolla el cultivo para determinar la frecuencia y duración del riego. Por otra parte, se basan en la aplicación de soluciones nutritivas completas, cuya composición varía según el cultivo,

estado de desarrollo, ciclo de cultivo e incluso condiciones ambientales [12].

2.2 TECNICAS DE DOSIFICACIÓN

2.2.1 Técnica de dosificación de sólidos por tornillo.

Esta técnica consiste en dosificar los sólidos por medio de un sistema de tolva-tornillo sin fin, el cual dosifica el sólido en relación a la cantidad de vueltas del tornillo y el paso del mismo, la cantidad de vueltas es controlada por un sistema electrónico. Existen muchos sistemas de dosificación de sólidos, pero el de tornillo es el más aplicado a la dosificación en pequeñas cantidades [13].

2.2.2 Técnica de dosificación de sólidos por celdas de carga (gravimétrica).

Esta técnica consiste en dosificar los sólidos por medio de un pesaje, los cuales son recibidos por una celda de carga que indica el peso de los sólidos sobre la misma, calculando el volumen dosificado con base en la relación peso densidad; el sistema controla el paso de sólidos hacia la celda, por medio de un sistema electrónico [13].

2.2.3 Técnica de dosificadores volumétricos y gravimétricos.

Los dosificadores gravimétricos miden el flujo másico, y entonces ajustan la salida del dosificador para alcanzar y mantener el Setpoint establecido. Los dosificadores volumétricos no pesan el flujo; operan transportando un cierto volumen de material por unidad de tiempo, del cual un flujo proporcional en peso se obtiene por la calibración del proceso [13, 14].

2.2.4 Técnica de dosificación por decremento de Peso.

Un dosificador por decremento de peso consiste en una tolva y un dosificador que están aislados del proceso para que el sistema entero pueda ser pesado en forma continua. A medida que el dosificador descarga material, el sistema de pesaje decae

El controlador del dosificador por decremento de peso ajusta la velocidad del dosificador para brindar una proporción de pérdida de peso igual a la proporción deseada en el Setpoint, gracias a su alta precisión gravimétrica, alta capacidad de manipulación de materiales, diseño de contención de material innato y la habilidad de dosificar en

forma precisa en bajas proporciones, los dosificadores a tornillo por decremento de peso se han vuelto los sistemas preferidos de dosificación en un gran número de industrias y aplicaciones [13].

2.2.5 **Técnica de dosificador gravimétrico a cinta.** Los dosificadores gravimétricos a cinta usualmente son una buena opción para dosificar materiales de flujo libre que no requieren contención. Los dosificadores gravimétricos a cinta operan pesando continuamente una cama móvil de material en un transportador corto, y controlando la velocidad de la cinta para obtener la proporción deseada en la descarga [13].

3. EVALUACION DEL MÉTODO INDICADO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DOSIFICADOR E INYECTOR DE FERTILIZANTES

Con base en las técnicas anteriormente expuestas y de acuerdo a los requerimientos del trabajo en la reducción de costos de fertilizantes y equipos, se decidió la utilización de fertilizantes sólidos en vez de líquidos, empleando la técnica de dosificación de sólidos por tornillo, ya que se va a implementar un sistema dosificador e inyector de fertilizantes a pequeña escala, aplicable a la dosificación de pequeños volúmenes de sólidos; sin embargo otras técnicas pueden ser implementadas y evaluadas. Para esta evaluación una vez se realice la implementación, se tendrá en cuenta la precisión del dosificador, la cual se mide por el cumplimiento de tres datos estadísticos distintos: *Repetitividad*, *Linealidad* y *Estabilidad*. La repetitividad mide la consistencia de la producción de descarga del dosificador; la linealidad estima la precisión con que el dosificador descarga en la proporción deseada; y la estabilidad indica el cumplimiento de la dosis a lo largo del tiempo. [15]

4. DISEÑO DEL PROTOTIPO DE ACUERDO A LOS PARAMETROS REQUERIDOS

En la figura uno, se muestra el diagrama de bloques del prototipo que se ajusta a los requerimientos del diseño del sistema microcontrolado de fertilización e inyección de fertilizante en campo [16].

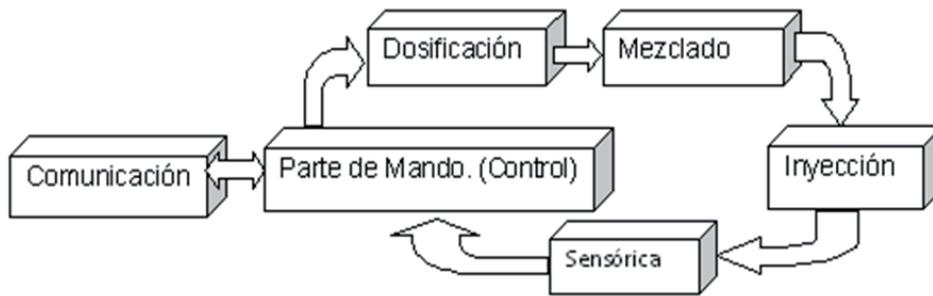


Fig.1. Diagrama general de un sistema microcontrolado para la dosificación e inyección de fertilizante.

4.1 COMUNICACIÓN

La información capturada mediante un dispositivo receptor de localización global (GPS) y procesada en un PC donde se almacena la información nutricional del suelo permite mediante un sistema inteligente calcular la dosis de fertilizantes (Etapa que no hace parte del proyecto). Esta información desde el PC es enviada y recibida por medio de comunicación modem celular. A su vez, desde el modem conectado al Control Lógico Programable (PLC) se obtiene la información de las dosis requeridas [17].

Esta comunicación utiliza un protocolo serial vía RS-485 para enlazar los dos sistemas: Modem celular - PLC.

4.2 PARTE DE MANDO

Es la parte del control del proceso de dosificación e inyección de fertilizantes, que se implementa con

un PLC y que tiene las siguientes funciones: Recibir la señal de comunicación del bloque de supervisión, es decir, disponer de las cantidades de fertilizantes requeridas para ser almacenadas en registros de memoria determinados. A partir de estos registros calcular el tiempo de accionamiento de los motores paso a paso que hacen rotar los tornillos sin fin donde cada fracción o rotación completa del eje corresponden a una determinada cantidad. Estos tiempos están asociados a las salidas digitales del PLC, que a su vez permiten la alimentación de los circuitos de accionamiento de los motores. El diseño se baso en un PLC de gama media disponible, pero dado los requerimientos puede ser suficiente uno de gama baja. El PLC de Telemecanique es el TWIDO TWDLCAE40DRF (24 Ent. digitales, 16 salidas digitales:14 a relé, 2 transistor).

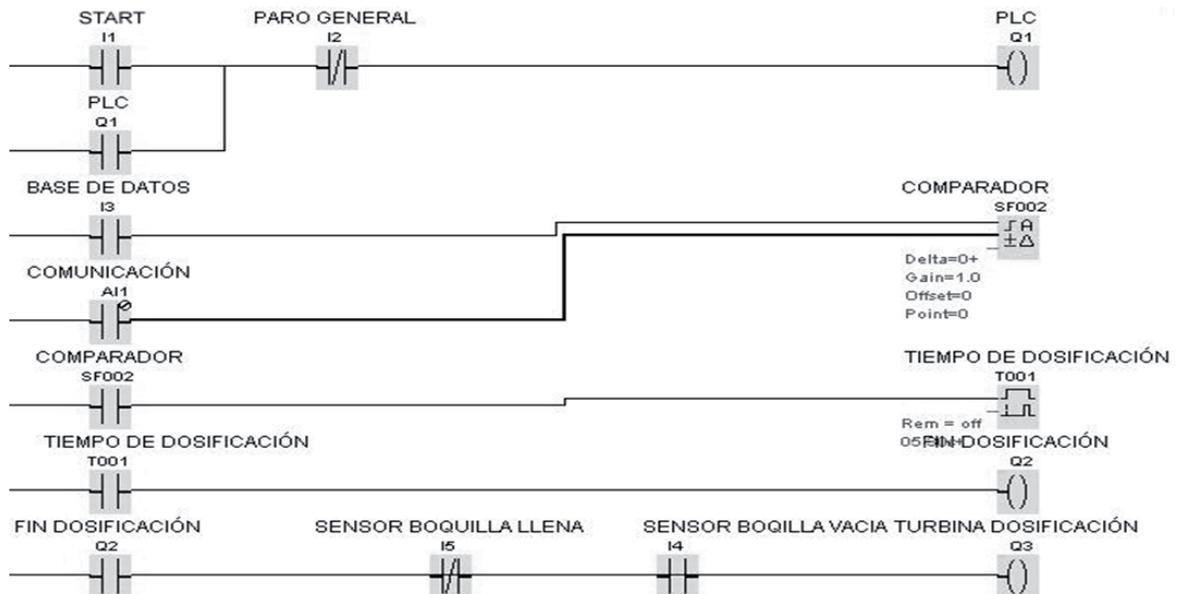


Fig.2 Diagrama en LADDER

El PLC también registra la señal de accionamiento del sistema en general, una señal de bloqueo, un indicador de terminación de ciclos de dosificación y mezcla, y finalmente uno de expulsión total del dispositivo de inyección. Se anexa en la figura dos la parte mas relevante del diagrama LADDER de la programación del PLC, donde las líneas asociadas a los tiempos de dosificación, deben ser replicadas para cada fertilizante requerido, y una final para el tiempo de mezcla.

4.3 DOSIFICACIÓN

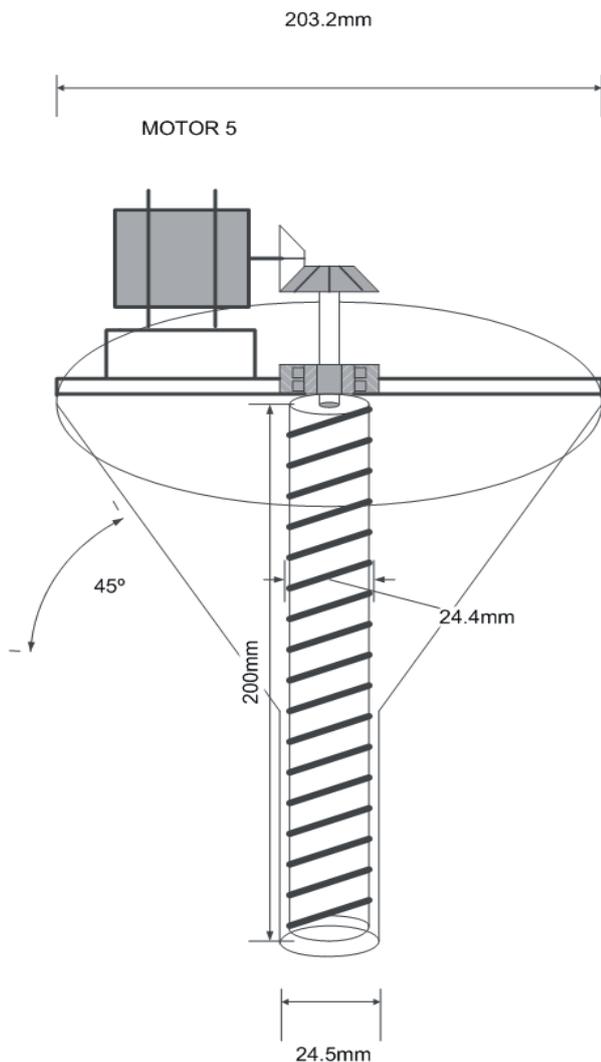


Fig.3. Dosificador

El bloque de mando envía una salida al motor paso a paso que tiene como finalidad hacer girar el tornillo sinfín del dosificador volumétrico, de manera

que se garantice el volumen de dosificación requerido para la mezcla, cuando el fertilizante ha sido correctamente dosificado, es almacenado en un compartimiento para su posterior mezcla.

En la figura tres se observa el dosificador volumétrico que fue diseñado como una tolva en la cual gira un tornillo sinfín de un paso de 2 mm, el cual dosifica un volumen de 20 grs. por vuelta, esta configuración permite obtener una precisión del 98.7% sobre el valor de ajuste de dosificación, además cuenta con un motor paso a paso y una relación de torsión 3-1, la cual permite aumentar la precisión del dosificador de acuerdo a los pasos del motor.

4.4 MEZCLADO

Cuando se ha completado la etapa de dosificación, se inicia la etapa de mezcla de los fertilizantes, la cual es realizada por un agitador de aspas, la cual en un periodo determinado de tiempo garantiza la homogeneidad en la mezcla a inyectar.

La etapa de mezclado en la figura cuatro, fue diseñada con un agitador de tres aspas accionadas por un motor DC. El cual debe girar con una velocidad aproximada de 1500 RPM.

4.5 INYECCIÓN

Se inyecta la mezcla de fertilizantes dosificados anteriormente. La mezcla es impulsada hacia la boquilla de inyección, que se encarga de expulsar, por medio de un pistón accionado manualmente, el fertilizante en el suelo. Cuenta con una indicación de cantidad de vaciado visual que permita repartir la dosis en tres partes igual según requerimientos encontrados.

Esta boquilla fue diseñada con un diámetro y configuración específicamente adaptada a los requerimientos del suelo donde fue probada (terreno típico en una plantación de bananos en el Uraba antioqueño), la cual consta de un tope de fin de carrera con un microswitch incluido que indica la inserción correcta de la boquilla, también posee sensores de vaciado de la boquilla el cual es indispensable para el control del dispositivo. El mecanismo de inyección, está conformado por un pistón de accionamiento manual que recorre toda la boquilla, garantizando la expulsión de su contenido.

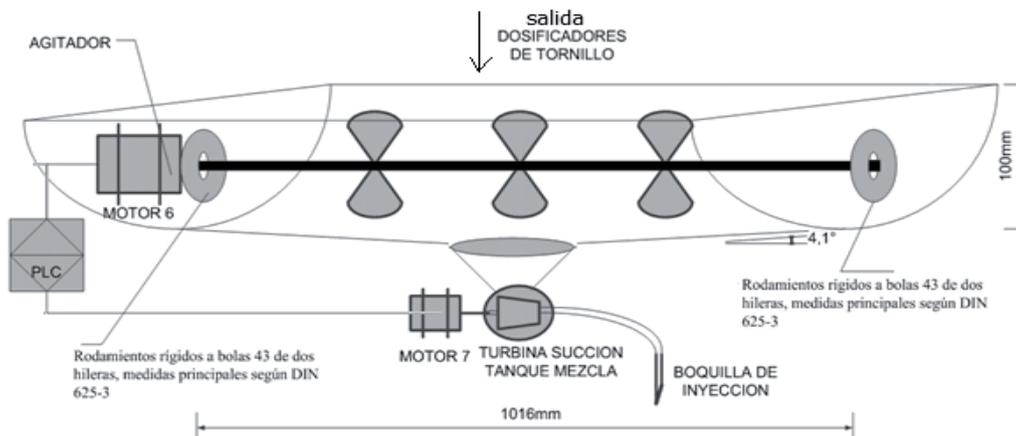


Fig.4. Mezclador.

En la figura cinco se muestra el plano de construcción de la boquilla de inyección.

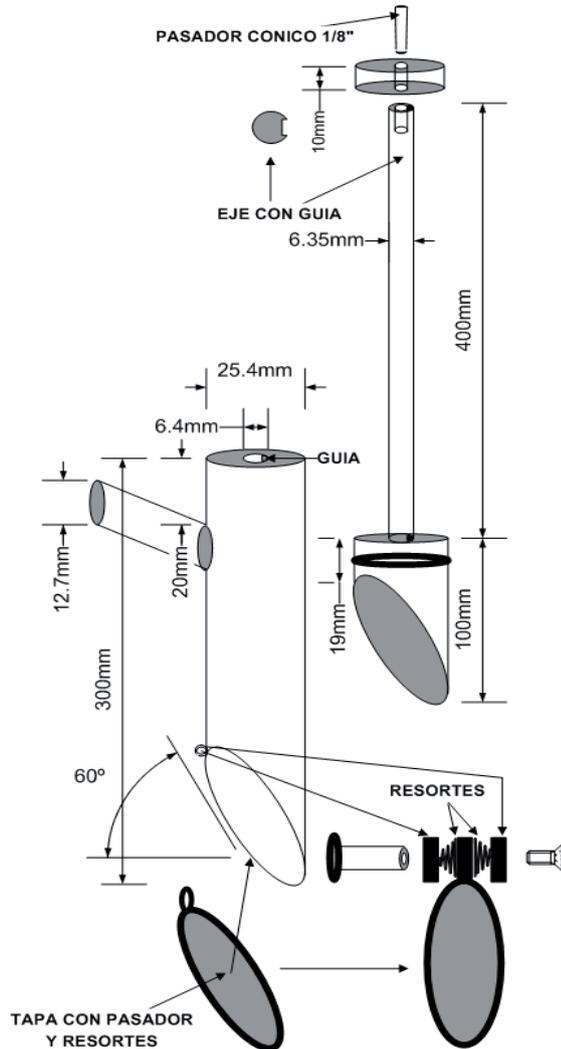


Fig. 5 Inyector

4.6 SENSORICA

Los sensores del sistema están ubicados en el inyector, que envían señales de inserción de la boquilla y vaciado de la misma, indicando que finalizó el ciclo de trabajo.

Los sensores que se utilizaron fueron de tipo microswitch y capacitivos, los cuales envían una señal de uno o cero hacia la parte de mando del equipo; estos sensores son de gran importancia para el control global del equipo, ya que indican al PLC el final de cada uno de los ciclos implicados en el funcionamiento del equipo.

5. CONCLUSIONES

- El sistema diseñado de dosificación e inyección de fertilizantes se constituye en una solución viable al problema optimización, control y automatización en el manejo de recursos necesarios en la producción agrícola para los pequeños medianos y grandes productores.
- Se observó que en el mercado nacional existen pocas empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de maquinas y tecnologías emergentes en el sector agro industrial, que permitan un avance sistemático de la producción agrícola.
- Existen diferentes sistemas de dosificación de fertilizantes empleados a nivel mundial, dentro de los cuales se destaca el sistema de fertirrigación, sin embargo este sistema es poco utilizado a nivel nacional debido a los altos costos de los fertilizantes líquidos, por este

motivo se diseñó el sistema basado en fertilizantes sólidos, para hacerlo más asequible al productor agrícola promedio.

- El proceso de diseño del sistema fue bastante complejo, debido a la elección del tipo de fertilizantes a utilizar, el dosificador adecuado para el proceso, el tipo especial de inyector - el cual no existía en el mercado-, y el correcto dimensionamiento del controlador (PLC).
- El desarrollo del diseño fue orientado a la obtención de una solución económica, dado principalmente por la información disponible en la literatura y de diferentes negocios en la rama del agro en la ciudad.

6. RECOMENDACIONES

Si se desea profundizar más o continuar con el mejoramiento de este diseño, se puede cambiar el dosificador volumétrico por un dosificador gravimétrico, el cual permitirá manejar una gran variedad de presentaciones de fertilizantes pudiéndose aumentar la confiabilidad del sistema.

Para la implementación exitosa del sistema dosificador e inyector de fertilizante es necesario, obtener una correcta granulometría de los fertilizantes a utilizar, para el adecuado dimensionamiento del paso del tornillo sinfín del dosificador volumétrico y así evitar desviaciones altas de la dosis de fertilizante con respecto al setpoint.

El sistema se diseñó con un PLC el cual realiza el control del sistema, sin embargo el usuario final puede elegir un microcontrolador disponible en el mercado con el cual se tendría una rebaja ostensible en el precio final con similares prestaciones.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es un resultado del proyecto de investigación de microcuantía 2061100120 desarrollado en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Los autores agradecen el apoyo y asesoría prestada por la institución, y los docente e integrantes del grupo de investigación en Computación y Agricultura de Precisión (GCAP).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Rojas Patricia, El reto de la competitividad en la agricultura, Cuadernos Técnicos IICA, San José C.R. 1999.

[2] Mulder, N., et al; La competitividad de la agricultura y de la industria alimentaria en el Mercosur y la Unión Europea en una perspectiva de la liberalización comercial; Serie Desarrollo productivo- CEPAL, Santiago de Chile; 2003.

[3] Regunaga, M., et al; Diagnóstico y estrategias para la mejora de la competitividad de la agricultura argentina; Public. Consejo Argentino Relac. Internacionales- CARI, Buenos Aires; 2008.

[4] López, Luis.; Cultivos Industriales; Editorial MundiEmpresa; México, 2003.

[5] Fox R., et al; Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops. Westview Press. Colorado, USA. 1989.

[6] López A., Espinosa J.; Manual on the nutrition and fertilization of banana. Potash & Phosphate Institute & Corporación Bananera Nacional. Costa Rica, 2000.

[7] Lowrison. George, Tecnología de Fertilizantes, John Wiley and Sons, 1989.

[8] Villa Maria, et al; Manejo de la Fertilización en Plantulas de tomate para Transplante; Agrofaz, Pub. Semestral de investigación científica, issn 1665-8892, vol5 no 3, 2005, pags 1-4.

[9] Gurovich R.;Riego Superficial Tecnificado. Editorial Alfaomega, 2da Ed, Universidad Católica de Chile, 1999.

[10] Romero M., et al; Sistemas de nebulización de baja presión en cultivos estivales bajo mallas plásticas; Agrícola Vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura, issn 0221-2728 Año 27, no 319, 2008, pags 340-344.

[11] Rincon L.; Evolución de la fertirrigación localizada en los últimos 20 años, Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, issn 1131-8988- no 199, 2008, pags. 42-46.

[12] Jornadas Técnicas sobre Fertiirrigación, Horticultura Global: Revista de Industria, distribución y socio economía hortícola, issn 1132 2950. no 26, 1986, pags 92-96.

[13] Sorianello Nicolás; Notas sobre los dosificadores y su desempeño; Notas Técnicas: Flowtec - Equipos y Sistemas. Disponible en: www.flowtec.com.ar [Consultado en abril de 2010].

[14] Ruben Jaques; Fertilizadoras. Notas Técnicas: FAGRO. Disponible en: www.fagro.edu.uy [Consultado en abril de 2010].

[15] Tecnología de dosificación. Disponible en: <http://www.infoagro.com>. [Consultado en abril de 2010].

[16] Gupta S., Sharma S.; Selection and application of advance control systems: PLC, DCS and PC-based system; Journal Scientific & Industrial Research, vol 64, April 2005, pp 249-255.

[17] Gil J., et al; Dynamic generation of fertilizier maps using GPS technology; 10th IEEE Conference on Emerging technologies and Factory Automation, ETFA 2005.