



Modelo SCADA de un sistema de monitoreo del recurso hídrico aplicado a *Smart Farming*

SCADA model of a water monitoring system applied to Smart Farming

ARAQUE Gómez, Julián Camilo [1](#); ARCHILA Díaz, John Faber [2](#) y GÓMEZ Flórez, Luis Carlos [3](#)

Recibido: 04/07/2019 • Aprobado: 04/12/2019 • Publicado 20/12/2019

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Marco teórico](#)
- [3. Metodología](#)
- [4. Resultados](#)
- [5. Conclusiones](#)
- [Agradecimientos](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

El presente artículo expone una propuesta de modelo de adquisición de datos utilizando el concepto de SCADA y aplicado a Smart Farming, con el fin de realizar seguimiento de las relaciones hídricas en un cultivo. El desarrollo de esta investigación se abordó con un diseño de tipo investigación-acción, el cual se centra en resolver problemas cotidianos e inmediatos, construyendo el conocimiento por medio de la práctica. Se procedió a revisar el estado del arte, posteriormente se identificaron los componentes y las tecnologías existentes con el objetivo de determinar las herramientas idóneas para el planteamiento del modelo. En la experimentación realizada se observó el comportamiento de las variables temperatura y humedad por medio del monitoreo del proceso de riego presentando en el artículo el análisis de los resultados de los datos recopilados.

Palabras clave: Smart farming, modelo, monitoreo, SCADA, riego, recurso hídrico.

ABSTRACT:

This paper will present a proposal for a data acquisition model using the concept of SCADA and applied to Smart Farming, in order to monitor the water relationship in a crop. The development of this research was approached with a research-action type design, which focuses on solving every day and immediate problems, building knowledge through practice. The state of the art will be reviewed, subsequently the components and technologies affected will be identified in order to determine the ideal tools for the approach of the model. In the experimentation performed, the behavior of the temperature and humidity variables was detected through the monitoring of the irrigation process, presenting in this paper the analysis of the results of the data collected.

Keywords: Smart farming, Model, monitoring, SCADA, irrigation, hidric resource

1. Introducción

Colombia atraviesa un momento de construcción de paz, que está permitiendo que el país supere uno de los conflictos armados más largos de la historia y se ve obligada a estructurar estrategias que permitan potenciar la agricultura del país como una economía sostenible, permitiendo obtener grandes beneficios de la biodiversidad con la que cuenta la región (Alto comisionado para la paz 2016).

Sin embargo, si se desea recuperar el campo colombiano, es de vital importancia proteger los recursos naturales, los cuales se están viendo afectados por la industrialización acelerada, la minería, el remplazo de tierras cultivables por población urbana y la disminución de las reservas de agua (Ammad-Udin, Mansour, and Jeune, 2017), dichos factores afectan considerablemente el desarrollo agrícola obligando a un mejor uso de los recursos naturales.

La robótica Agrícola es un área importante en la actualidad, debido al concepto de agricultura de precisión, la cual busca atender las necesidades de los cultivos de manera personalizada tal como se realizaba antiguamente (Castro, 2016; Kevin and Sánchez, 2017; Punjabi and Hariharr, 2017). La agricultura de precisión pretende aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto, haciendo uso de tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro del terreno (Chieochan, 2017). De esta manera, el uso de las tecnologías de agricultura de precisión puede ayudar a aumentar el valor del rendimiento del cultivo, reducir la cantidad de insumos necesarios o ambos simultáneamente.

Haciendo uso de Sistemas de Gestión de la Información, Automatización agrícola, robótica, y agricultura de precisión surge Smart Farming (Punjabi and Hariharr, 2017), el cual presenta soluciones de modernización agrícola, mediante la integración de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para permitir desarrollar, modificar y articular procesos más eficientes, confiables, modernos y seguros.

El uso de Smart Farming permite ejecutar, controlar y monitorear un riego inteligente, con el cual se llega a utilizar cantidades adecuadas de agua capaces de mantener la humedad del suelo dentro de límites apropiados, dependiendo de los requisitos de cada tipo de cultivo, condiciones climáticas y del suelo (Punjabi and Hariharr, 2017). Desde el punto de vista del agricultor, Smart Farming debe proporcionar un alto valor agregado al cultivo, a través de herramientas de ayuda a la decisión o para una gestión de sus recursos más eficiente.

Haciendo uso de técnicas de agricultura de precisión se presenta como resultado de la investigación, el diseño de modelo de monitoreo hídrico para automatización agrícola, basado en el concepto SCADA y aplicado a Smart Farming.

Por medio de pruebas experimentales se realiza el monitoreo durante el proceso de riego de las variables hídricas temperatura y humedad del suelo, indispensables para mejorar la productividad y calidad de las plantas.

1.1. Situación de Interés

El contenido de agua en las plantas cumple múltiples funciones, varía entre especies, y en los diferentes órganos y tejidos. Todo cultivo requiere de un volumen determinado de agua para crecer, desarrollarse y producir. Una disminución del contenido hídrico va acompañado por una disminución del alargamiento celular, baja calidad de fruto, pérdida de nutrientes y marchitamiento. Un exceso del contenido hídrico asfixia la planta ya que el sistema radicular no recibe la cantidad necesaria de oxígeno y no puede eliminar el CO₂ producido por el proceso de respiración (Bidwell, 1993).

El manejo del riego adecuado es el principal factor que afecta a los parámetros productivos y de calidad de los cultivos, Sin embargo el agua que es aplicada en un riego no es utilizada del todo, por lo que es fundamental el control y seguimiento a través de medidas de manejo que orienten al uso eficiente del recurso hídrico (Honores, Sanchez, and Mazon, 2016).

Es ideal realizar el riego basado en las necesidades hídricas del cultivo y balance hídrico de la planta, para lo cual la temperatura de la hoja es ampliamente reconocida como un buen indicador del estado hídrico de los cultivos (Bellvert, Girona, and Fereres 2011). Ejecutar un riego inteligente permite utilizar cantidades adecuadas de agua capaces de mantener la humedad del suelo dentro de límites apropiados, dependiendo de los requisitos de cada tipo de cultivo y condiciones climáticas, siendo este último un factor determinante para el futuro del proceso (Bergonci, Bergamaschi, Berlato, and Santos, 2000).

La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura –FAO- estima que las alarmantes implicaciones en materia de seguridad alimentaria son debido a los efectos del cambio climático afectando de forma directa a la agricultura. La FAO predice que para el año 2050 aproximadamente 9,6 mil millones de personas habitarán en el planeta, esto hace que el sector agrícola se enfrente a enormes desafíos a la hora de alimentar. A pesar de la escasez de tierras de cultivos disponibles, la necesidad progresiva de agua dulce, y de otros factores menos predecibles,

como el impacto del cambio climático, se debe lograr un aumento en la producción de alimentos en un 70% (FAO, 2016).

La agricultura y la economía campesina continúan siendo sumamente importantes en todo el mundo y por lo tanto las políticas agrarias, rurales, ambientales y agroalimentarias deben seguir ocupando un lugar prioritario en las agendas nacionales e internacionales (FAO, 2016).

En Colombia, el Plan Nacional de Desarrollo plantea como estrategia transversal, la transformación del campo y crecimiento verde para fortalecer la competitividad del sector agrícola buscando modernizar procesos y proyectos (DNP, 2015). El Plan Frutícola Nacional Colombiano -PFNC, constituye una propuesta estratégica conformada por conjunto coherente de objetivos, estrategias y programas que, con base en una visión de futuro, buscan la meta inicial de duplicar el área de la producción frutícola nacional, asegurar las condiciones tecnológicas y de innovación para una producción sostenible y de calidad, agregar valor en la cadena frutícola, y lograr una vinculación plena en los mercados internacionales (Lasprilla, 2011).

Así mismo el Plan Frutícola del departamento de Santander es una herramienta de planificación que permitirá trazar políticas de largo plazo para lograr el desarrollo económico y social del sector. La capacitación y la transferencia de tecnología son la base para lograr un cambio de fondo en las prácticas agronómicas, agroindustriales y de comercialización que conduzcan a un mejoramiento real de los cultivos actuales y futuros en el departamento de Santander (Asohofrucol, 2006).

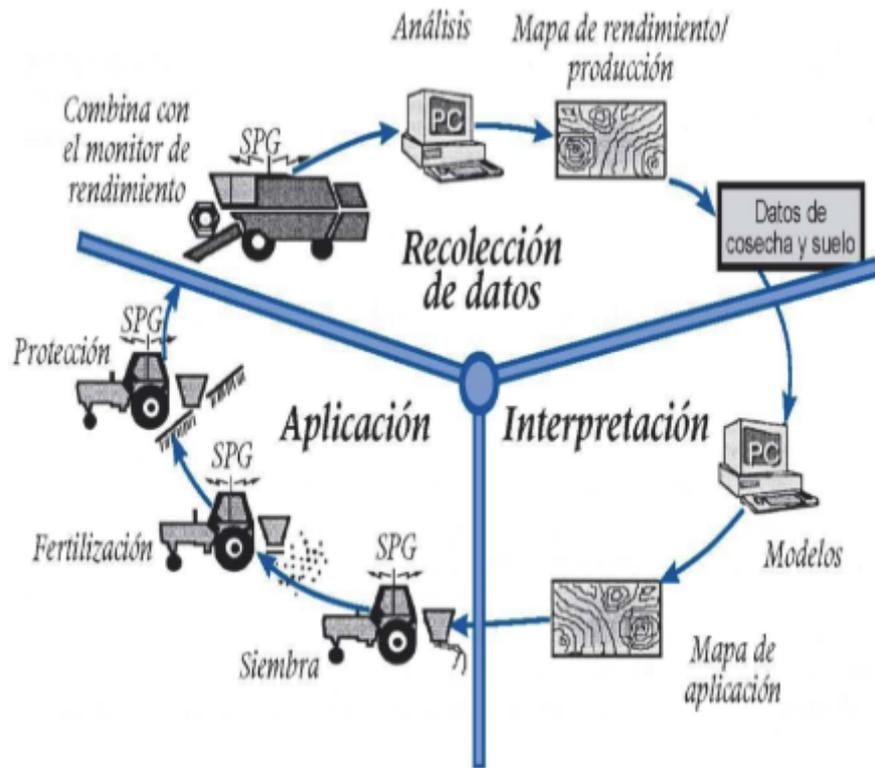
2. Marco teórico

2.1. Agricultura de precisión

La agricultura de precisión constituye hoy en día una de las soluciones más avanzadas para aumentar la eficiencia y productividad de los cultivos, la cual hace uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (Hernandez, Mazón, and Campoverde, 2015). La agricultura de precisión surgió en Estados Unidos como un ciclo de realimentación anual donde se obtenían resultados relacionados con aplicación de insumos en función de las necesidades específicas del terreno (Orozco Sarasti and Llano Ramírez, 2016). El término agricultura de precisión es un concepto agronómico que describe la utilización de nuevas herramientas en el uso agrícola, con el fin de conseguir un conocimiento más concreto de las condiciones en que se desarrollan los cultivos, para tomar decisiones con mayor precisión sobre las actividades productivas de los campos (Ammad-Udin, Mansour, and Jeune, 2017; Bonifaz and Elaje, 2016; Honores, Sanchez, and Mazon, 2016), mejorando espacial y temporalmente el ciclo de vida de diferentes cultivos (Orozco Sarasti and Llano Ramírez, 2016).

Figura 1

Ciclo completo de la agricultura de precisión



Fuente: (Computación agronómica, 2019)

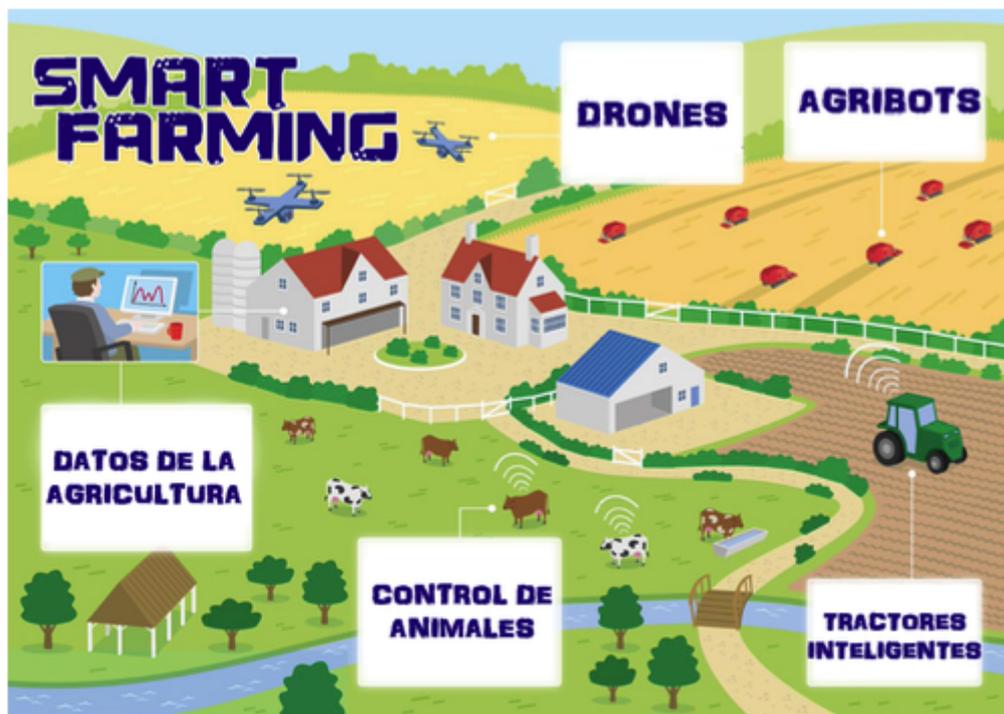
El objetivo general de la agricultura de precisión es integrar la gestión espacial y temporal de la producción a través de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Sistemas de Información Geográfica, tecnologías de sensores y mapas de terrenos (Orozco Sarasti and Llano Ramírez, 2016). La Figura 1 refleja el ciclo completo de la agricultura de precisión, contemplando 3 aspectos claves de este: recolección de datos, interpretación y transformación de datos en información y la aplicación en el cultivo.

2.2. Smart Farming

La implementación de métodos científicos en el campo de la agricultura puede generar cambios radicales en la productividad de los cultivos, debido a una mayor eficiencia en las técnicas de cultivo (Punjabi and Hariharr, 2017). *Smart Farming* presenta soluciones de modernización agrícola, mediante la integración de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en los procesos y producción de los cultivos, para permitir desarrollar, modificar y articular procesos agrícolas más eficientes, confiables, modernos y seguros (Chieochan, 2017).

Desde el punto de vista del agricultor, se debe proporcionar un alto valor añadido al cultivo, a través de herramientas de ayuda a la decisión o para una gestión de sus explotaciones más eficiente. En este sentido, el *Smart Farming* está estrechamente relacionado con tres campos tecnológicos interconectados: agricultura de precisión, sistemas de gestión de la información y automatización agrícola y robótica. Un ejemplo de *Smart Farming* se puede observar en la Figura 2.

Figura 2
Smart Farming



Fuente: Modificado de (Nesta, 2019)

2.3. Relaciones hídricas en los cultivos

En el desarrollo de esta investigación se estudia las relaciones hídricas: temperatura, y humedad, indispensables para los parámetros nutricionales de las plantas y por consiguiente mejorar su productividad y calidad de acuerdo con técnicas de agricultura de precisión.

Temperatura

El calentamiento de la atmosfera es el resultado del balance entre la radiación entrante y saliente de la superficie terrestre. La mayor cantidad de radiación incidente es absorbida por la parte superficial del suelo y como consecuencia se torna más caliente que el aire que está en contacto directamente con ella (Jaramillo, 2005a). La temperatura del suelo es uno de los más importantes factores que influyen en el crecimiento de los cultivos; está relacionada con los procesos como la toma de agua y de nutrientes, controla la actividad microbial, la germinación de semillas, el crecimiento de raíces y la velocidad de las reacciones. Como una consecuencia de los balances de radiación y de energía en las plantaciones se presentan diferencias de temperatura entre la planta y el aire circundante. Las diferencias entre la temperatura del aire y la hoja dependen de la especie y del contenido del agua en la hoja. Todo organismo se desarrolla dentro de un rango térmico determinado, la temperatura controla la tasa de desarrollo de los organismos (Jaramillo, 2005a).

Humedad

En agricultura, la humedad del suelo es importante para el manejo, la planificación y programación del riego, es decir, cuando y cuánta agua hay que aplicar en el suelo para garantizar que el cultivo pueda desarrollarse correctamente y de forma eficiente (Largaespada, Kenneth and Henríquez, 2015).

Tanto el exceso como la carencia de agua provocan un efecto que va en detrimento del rendimiento de los cultivos, por lo que su estimación y la variación de su contenido en el campo en forma rápida, es uno de los aspectos prioritarios para el manejo adecuado de este importante recurso. Es bien sabido que el contenido de agua en el suelo es fundamental para todos los procesos de crecimiento de las plantas, en particular en su nutrición, debido a que funciona como medio de transporte de los elementos a través de un mecanismo de flujo de masa lo cual incrementa el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Fontanet, Ferrer, and Rodrigo n.d.). De igual manera, la humedad atmosférica también tiene un papel significativo en la producción de las plantas, a través de sus efectos en el potencial hídrico y en la evapotranspiración, una alta o baja

humedad atmosférica puede también favorecer o no a la incidencia de enfermedades en las plantas (Jaramillo, 2005b).

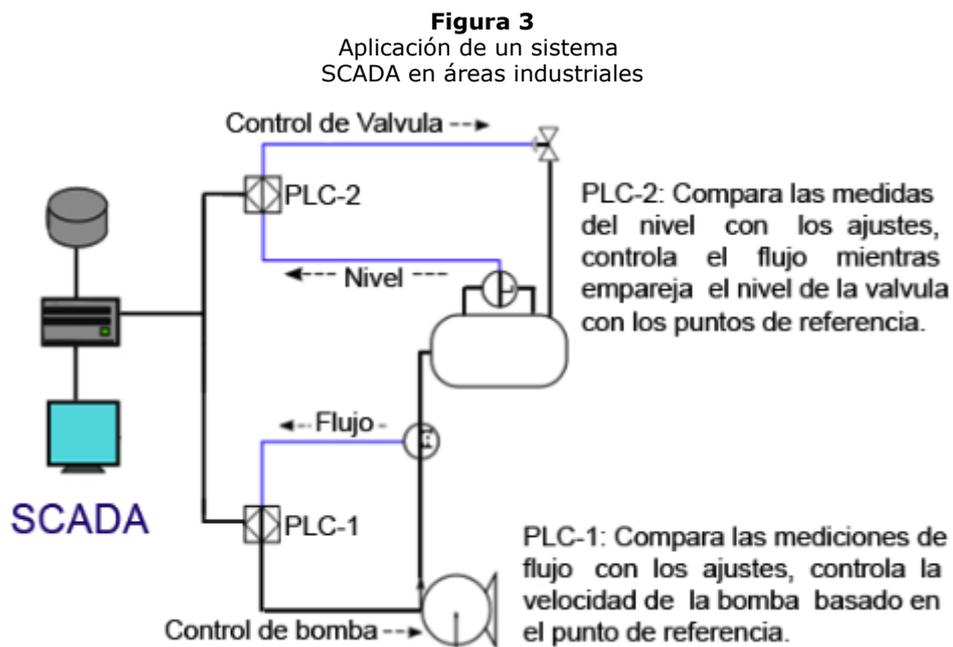
2.4. SCADA

SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita realimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo y permite su gestión e intervención (Allen-Bradley, 1998).

SCADA es la tecnología que permite a un usuario recopilar datos de una o más instalaciones distantes y enviar instrucciones de control limitadas a esas instalaciones, haciendo innecesario que un operador sea asignado para permanecer en lugares remotos o visite lugares remotos cuando esas instalaciones remotas están operando normalmente. Un sistema SCADA permite a un operador ubicarse en un lugar central de un proceso ampliamente distribuido, como un campo de petróleo o gas, un sistema de tuberías, un sistema de riego o un complejo generador hidroeléctrico, para realizar cambios de punto de referencia en controladores de proceso distantes. En la teoría de control, la realimentación es un proceso por el que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se redirige de nuevo a la entrada. Esto es de uso frecuente para controlar el comportamiento dinámico del sistema en los sistemas SCADA (Boyer, 2004). En la Figura 3 se puede observar la Aplicación de un sistema SCADA en áreas industriales.

Actualmente, las redes de sensores inalámbricas constituyen una tecnología prometedora en el campo de la agricultura de precisión (Araque et al, 2018; Argote et al, 2018; Bonifaz and Elaje, 2016). El proceso de monitorización de un entorno agronómico exige la utilización de redes compuestas por diferentes tipos de dispositivos.

La arquitectura de un sistema SCADA está compuesta en esencia por 3 grupos de dispositivos clave: Sensores y actuadores, dispositivos de adquisición de datos (DAQ), PC y Software.



Fuente: Modificado de (Boyer 2004)

Sensores y actuadores

Un sensor, también llamado un transductor, convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica que se puede medir. Dependiendo del tipo de sensor, su salida eléctrica puede ser un voltaje, corriente, resistencia u otro atributo eléctrico que varía con el tiempo (National Instruments, 2017).

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar la energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un elemento externo. Este recibe la orden de un controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control (Crespo, 2018).

Dispositivos DAQ

El hardware DAQ actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior. Funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas (National Instruments, 2017).

PC y software

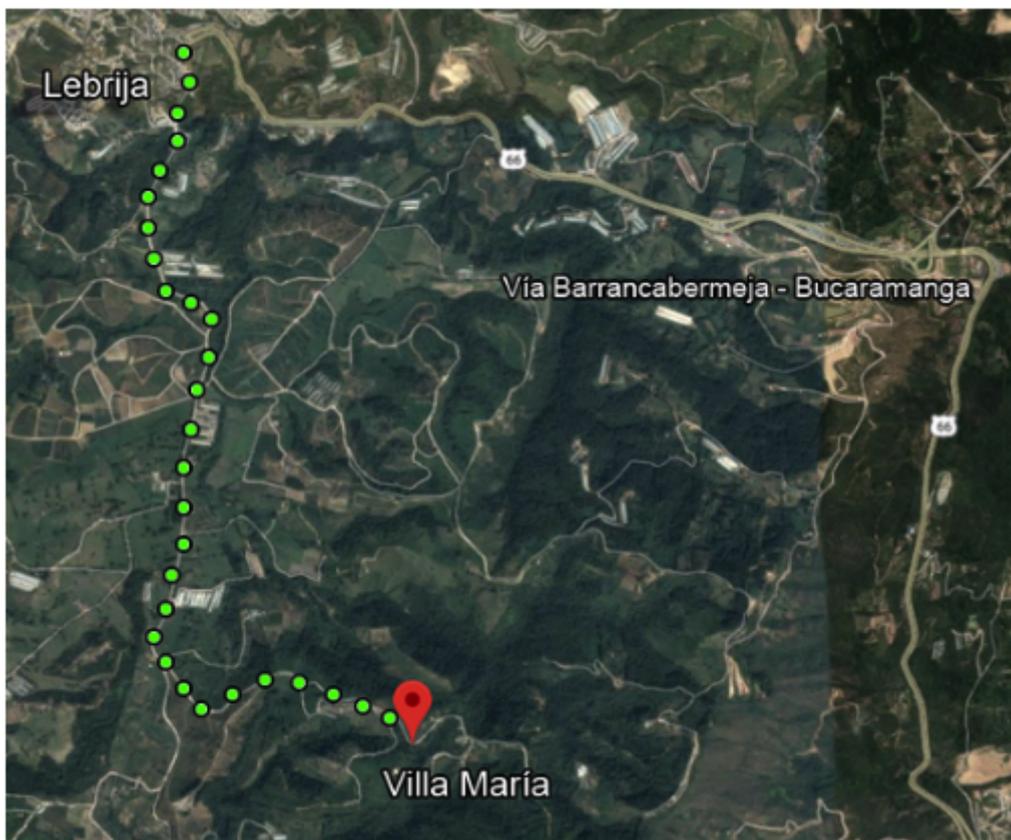
Una PC con software programable controla la operación del dispositivo DAQ y es usada para procesar, visualizar y almacenar datos de medida. El software controlador ofrece al software de aplicación la habilidad de interactuar con un dispositivo DAQ. El software de aplicación facilita la interacción entre la PC y el usuario para adquirir, analizar y presentar datos de medidas (National Instruments, 2017).

3. Metodología

La investigación experimental, se desarrolla en la finca Villa María, ubicada geográficamente en la ciudad de Lebrija, del departamento de Santander, Colombia (Figura 4), con una temperatura media de 23°C.

Lebrija es un municipio del departamento de Santander, Colombia, ubicado a 15 Kilómetros de Bucaramanga, capital del departamento. En general este municipio actualmente afronta una situación de desabastecimiento de agua, debida a la escasez de precipitaciones causadas por la influencia del fenómeno climático del Niño, afectando toda la población del casco urbano. Las precipitaciones oscilan entre los 500mm y 1600 mm al año. Y la temperatura de la sub cuenca varía entre los 18 y 24°C, tiene presencia de clima medio con tendencia húmeda, cálida y seca (Valenzuela, 2016).

Figura 4
Ubicación finca Villa María,
Lebrija Santander, Colombia



Fuente: Autor

La finca Villa María cuenta con 34 hectáreas, de las cuales 4 son destinadas para la producción de Guanabana, con aproximadamente 900 árboles, de los cuales aproximadamente 850 se encuentran en etapa de producción.

Figura 5
Cultivo finca Villa María,
Lebrija Santander, Colombia



Fuente: Autor

El desarrollo de esta investigación se abordó con un diseño de tipo investigación-acción, el cual se centra en resolver problemas cotidianos e inmediatos y mejorar prácticas concretas, construyendo el conocimiento por medio de la práctica (Hernández, Collado, and Baptista, 2014). Se procedió a revisar el estado del arte, posteriormente se identificaron los componentes y las tecnologías existentes con el objetivo de determinar las herramientas idóneas para el planteamiento del modelo SCADA de adquisición de datos para la automatización agrícola aplicado a *Smart Farming*. Se desarrolló el concepto de adquisición de datos para automatización agrícola utilizando cuatro configuraciones diferentes de arquitectura.

La primera configuración de arquitectura del concepto de adquisición (Figura 6) de datos utiliza el módulo de comunicación inalámbrica XBee, tarjeta arduino y DAQ NI usb. Las señales recibidas de los sensores se transmiten utilizando el módulo XBee, a la tarjeta DAQ NI usb para procesar los datos, y enviarlos por cable a la unidad PC.

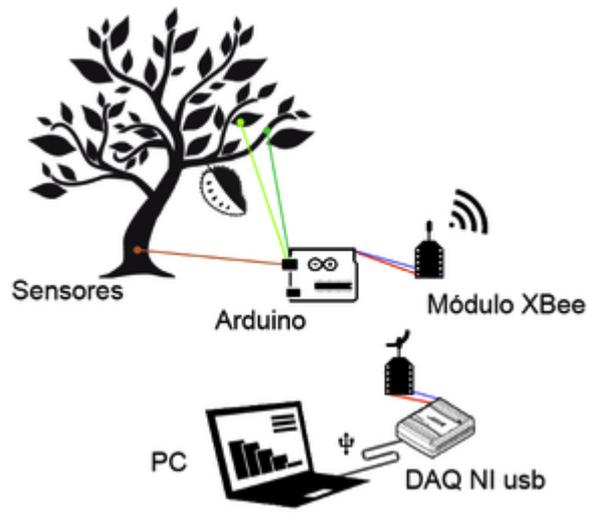
La segunda configuración de arquitectura del concepto de adquisición de datos (Figura 7) utiliza robótica móvil, comunicación inalámbrica Xbee y tarjeta arduino. El módulo de comunicación inalámbrica XBee transmite las señales obtenidas de los sensores al robot móvil, el cual se encarga de procesarlas y posteriormente enviar los datos a la PC.

La tercera configuración de arquitectura del concepto de adquisición de datos (Figura 8) utiliza una tarjeta arduino para recibir las señales emitidas por los sensores y haciendo uso de cables transmitir los datos a la tarjeta DAQ NI usb, la cual procesa la información y la envía a la unidad PC.

La cuarta configuración de arquitectura del concepto de adquisición de datos (Figura 9) utiliza una tarjeta DAQ NI usb para recibir las señales emitidas por los sensores procesar la información para enviarla a la unidad PC.

Figura 6

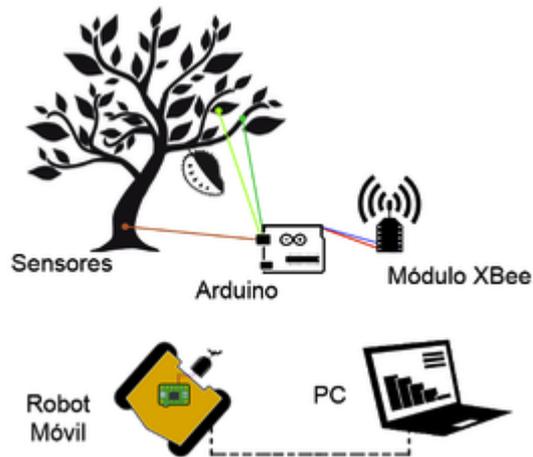
Primera configuración. Concepto de adquisición inalámbrica de datos para automatización agrícola



Fuente: Autor

Figura 7

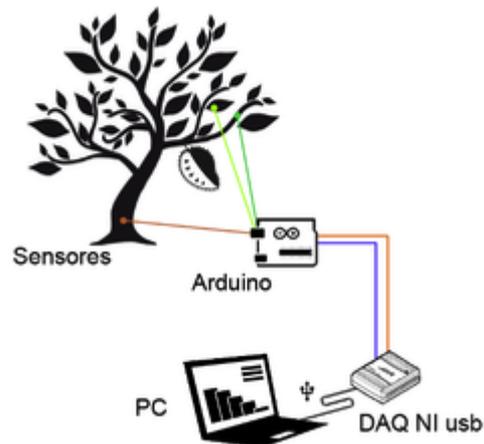
Segunda configuración, concepto de adquisición inalámbrica de datos para automatización agrícola utilizando robótica móvil



Fuente: Autor

Figura 8

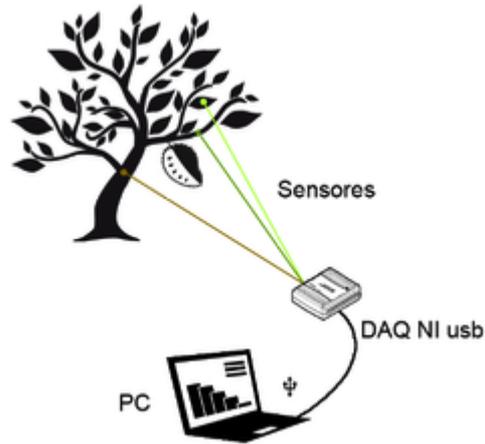
Tercera configuración, concepto de adquisición de datos para automatización agrícola usando arduino



Fuente: Autor

Figura 9

Cuarta configuración, concepto de adquisición de datos para automatización agrícola



Fuente: Autor

Haciendo uso del software de arduino, se realiza el montaje del prototipo SCADA (Figura 10) el cual permite monitorear la condición hídrica de la planta del estudio de caso, por medio de los sensores incorporados en ella.

Figura 10

Prototipo SCADA funcional



Fuente: Autor

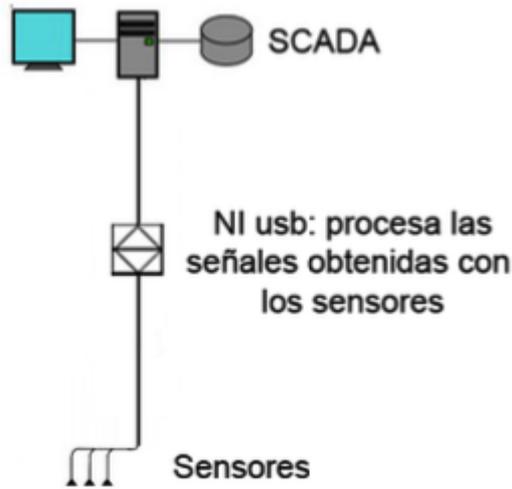
4. Resultados

Basado en los conceptos de adquisición planteados, se desarrolló el modelo de adquisición de datos para automatización agrícola utilizando el concepto de SCADA, como se observa en la Figura 11, con el cual se procedió a desarrollar un prototipo.

Figura 11

Diagrama del sistema SCADA

para automatización agrícola



Fuente: Autor

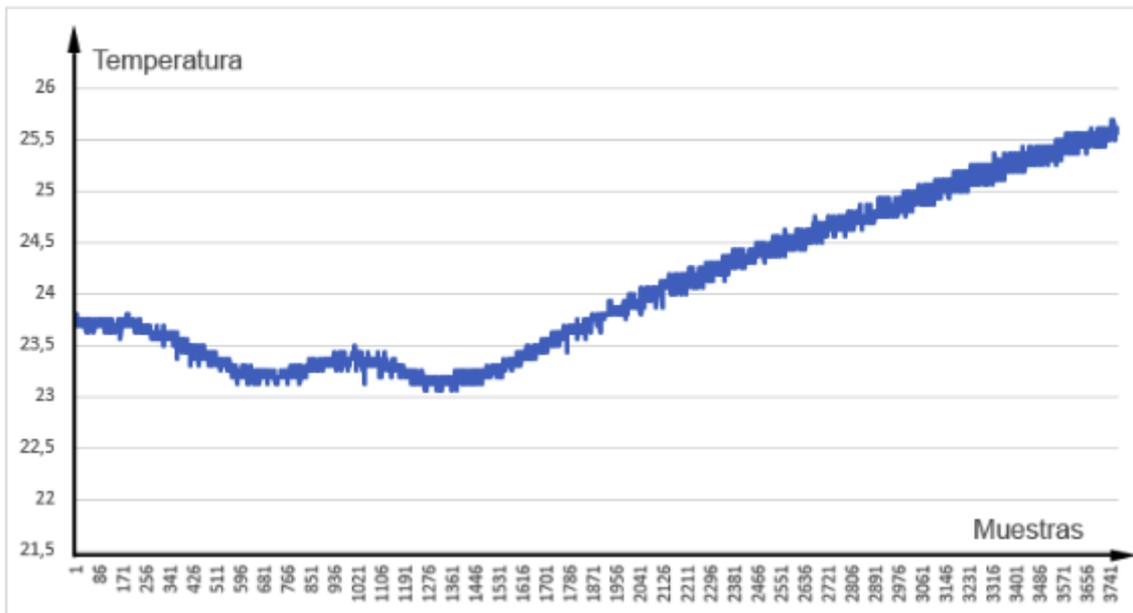
Se realizaron pruebas experimentales donde se pudo observar y registrar el comportamiento de las variables humedad y temperatura a lo largo de un riego controlado en diferentes instantes de tiempo. Se utilizó un sensor de temperatura ubicado en las hojas de la planta y un sensor de humedad de suelo ubicado en la tierra cerca al tallo de la planta. Para el monitoreo se utilizaron cuatro puntos de control para realizar el riego, con un intervalo de tiempo de treinta minutos (Figura 12).

Figura 12
Temperatura y humedad



Fuente: Autor

Figura 13
Temperatura a lo largo
de un riego controlado

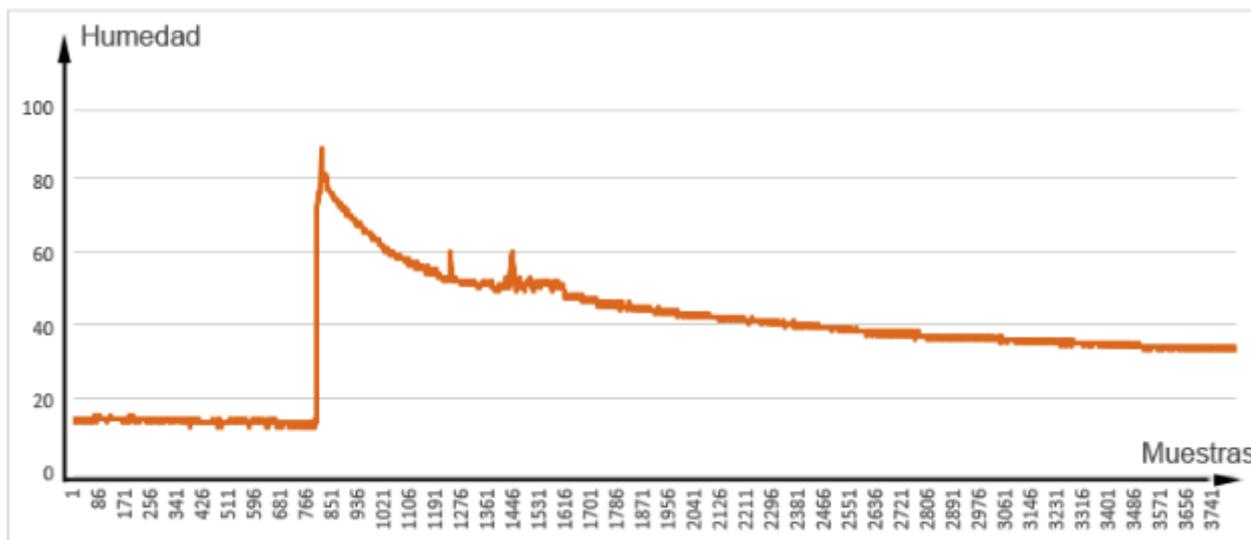


Fuente: Autor

En la Figura 13 se puede observar el comportamiento de la temperatura durante el riego que es realizado en el cultivo. Es notorio como en cada punto al incorporar el agua, la temperatura disminuye considerablemente. De igual manera se observa que al dejar de incorporar el agua, la temperatura aumenta en la superficie de las hojas de la planta.

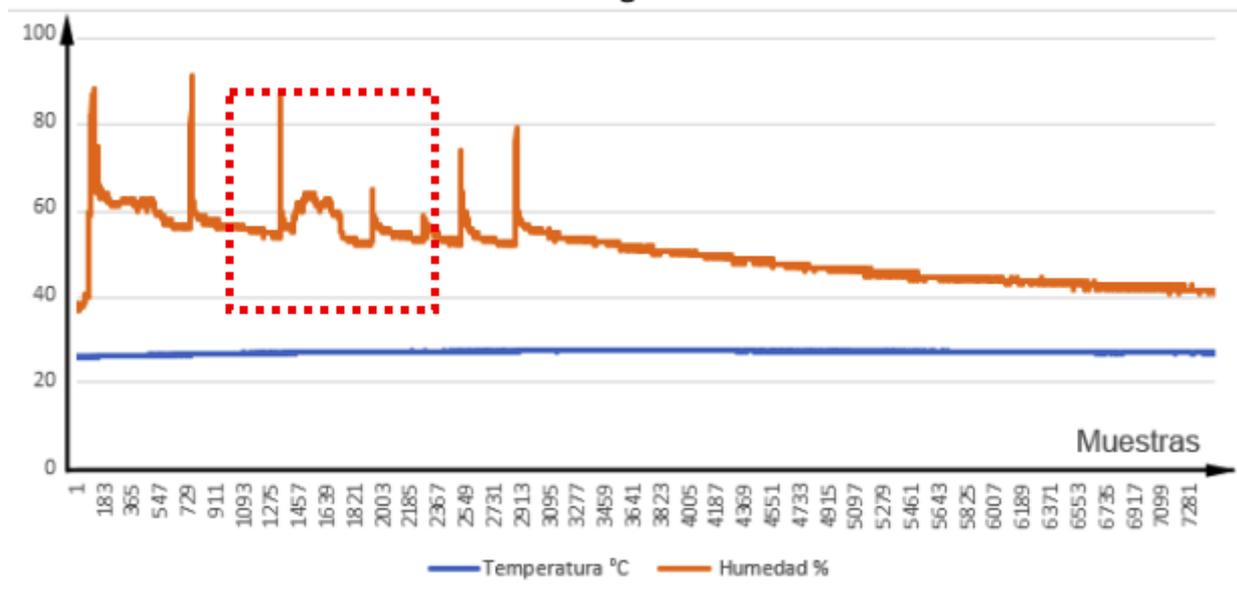
En la Figura 14 se muestra el cambio de la humedad a lo largo del tiempo mientras se realiza el riego. El momento en la curva en la que se produce el incremento más representativo indica el momento en el cual se inicia el riego tomando el sensor la medida respecto a la inclusión de agua en el sistema.

Figura 14
Humedad variable a lo largo de un riego



Fuente: Autor

Figura 15
Temperatura y humedad durante un riego

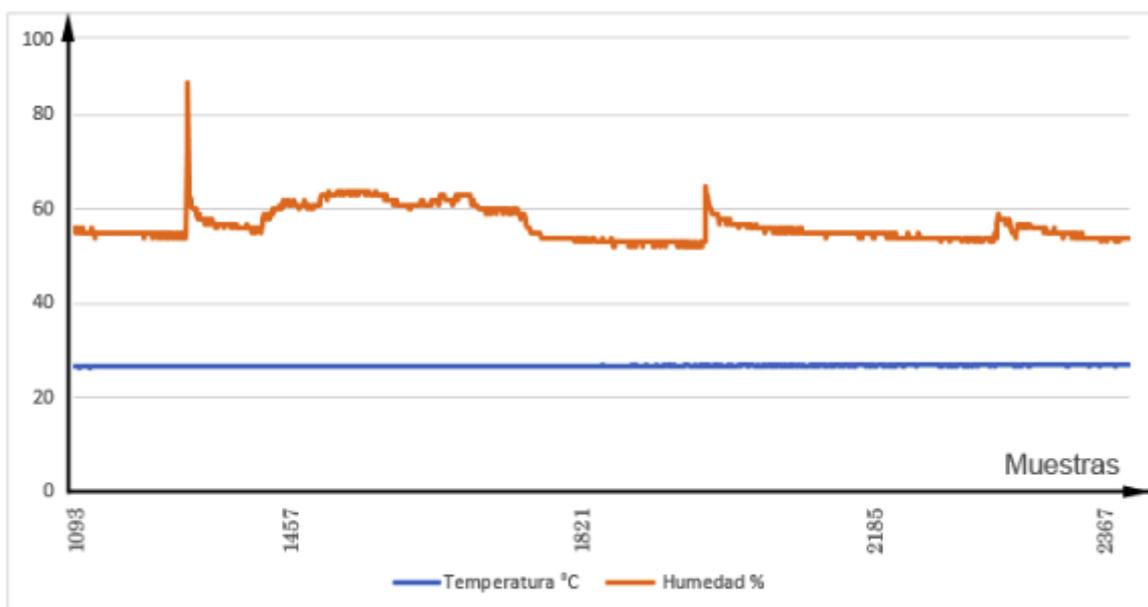


Fuente: Autor

En la Figura 15 se observa el comportamiento de la humedad y la temperatura durante un riego. Se producen mediciones anómalas que indican un aumento o disminución de humedad en el sistema como se observa en el recuadro rojo.

La Figura 16 presenta en detalle los datos correspondientes al intervalo de muestreo en el que se presentan cambios anómalos en las medidas modificando la curva, debido a factores externos como el viento.

Figura 16
Intervalo de muestreo con medidas anómalas



Fuente: Autor

5. Conclusiones

Se planteó un modelo de adquisición de datos para automatización agrícola aplicado a Smart Farming, basado en el concepto de SCADA, monitoreando las señales generadas por los sensores, representando así el estado hídrico de las plantas.

Basados en la experimentación se estima que cada sensor puede obtener cerca de quince millones seiscientos mil datos al año, con una tasa de muestreo de dos segundos, generando así la necesidad de implementar a futuro el uso de estructuras de datos que permitan realizar reportes del comportamiento hídrico de la planta, para posteriormente tomar decisiones acerca del riego a realizar.

Gracias a las herramientas de hardware y software, se tiene una ventaja de escalabilidad interesante para futuras modificaciones e integraciones en la estructura del modelo de adquisición de datos para automatización agrícola, aumentando los servicios y facilidades al usuario.

Se evidenció que al incrementar la humedad se reduce la temperatura modificando la transpiración y aumentando el potencial hídrico en las plantas, permitiendo así mantener un balance hídrico adecuado para el cultivo.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE), el Grupo de Investigación de Sistemas y Tecnología de la Información (STI), de la escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, el semillero de Robótica DIRO y el Grupo de Investigación en Robótica de servicio y Diseño Industrial (GIROD), de la escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia.

Al proyecto, Molificación discreta para esquemas miméticos explícitos: Implementación en problemas de convección-difusión, código del proyecto 2415, de la Universidad Industrial de Santander.

A la finca Villa María, por permitir realizar la experimentación de esta investigación.

Referencias bibliográficas

Allen-Bradley. 1998. *SCADA System Application Guide*.

Alto comisionado para la paz. 2016. "Acuerdo Final Para La Terminación Del Conflicto y La Construcción de Una Paz Estable y Duradera."

[http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/procesos-y-conversaciones/Documentos compartidos/24-11-2016NuevoAcuerdoFinal.pdf](http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/procesos-y-conversaciones/Documentos%20compartidos/24-11-2016NuevoAcuerdoFinal.pdf).

Ammad-Udin, Muhammad, Ali Mansour, and D. Le Jeune. 2017. "Agriculture Internet of Things: AG-IOT." *27th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC)*.

Araque, Julián., Nelson. Rodriguez, Luis. Gómez, and John. Archila. 2018. "Modelo de Adquisición de Datos Para Automatización Agrícola Aplicado a Smart Farming." Ponencia presentada en el *Primer Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión – CLAP*, Santiago de Chile, Chile.

Argote, I., J. Archila, A. Senni, and M Tronco. 2018. "Sistema de Visão Computacional Para Auxiliar Navegação de Robôs Agrícolas." Ponencia presentada In *Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CONEM 2018*, Salvador bahia, Brasil.

Asohofrucol. 2006. *Plan Frutícola Nacional Desarrollo de La Fruticultura de Santander*.

Bellvert, J, J Girona, and P Fereres. 2011. "Utilización Del Crop Water Stress Index (CWSI) Para La Programación Del Riego En Viñedos" .

Bergonci JOÃO, Homero Bergamaschi, Moacir Berlato, and Antonio Santos. 2000. "Potencial Da Água Na Folha Como Um Indicador Deficit Hídrico Em Milho".

Bidwell, RGS. 1993. "Plant Physiology." <http://books.google.com/books?id=7QIbYg-OC5AC&pgis=1>.

Bonifaz, Nathalia ., and Maricela. Elaje. 2016. *Diseño Del Despliegue de Redes de Sensores Para Agricultura de Precisión*.

Boyer, Stuart A. 2004. *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*.

Castro, Juan. 2016. *Sistema de Riego Autónomo Basado En La Internet de Las Cosas*.

Chieochan, Oran. 2017. *Iot for Smart Farm : A Case Study of the Lingzhi Mushroom Farm at Maejo University*.

Computación agronomía. 2019. *Computación y tecnología en la agricultura*. Recuperado de <http://computacionagronomia1001.blogspot.com/2016/03/agricultura-de-precision-sus-comienzos.html>

Crespo, Jose. 2018. *Aprendiendo Arduino*. Recuperado de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/sensores-y-actuadores/>.

DNP, Departamento Nacional de Planeación. 2015. 53 Gobierno de Colombia *Plan Nacional de Desarrollo, Todos Por Un Nuevo País 2014 - 2018 (Tomo I)*.

FAO. 2016. *El Estado Mundial de La Agricultura y La Alimentación: Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria*.

Fontanet, M, F Ferrer, and G Rodrigo. *Evaluación de Las Medidas de Humedad de Suelo Generadas Con Datos Disgregados de Satélite a Escala de Parcela Agrícola*.

Hernandez, Dixys, Bertha Mazón, and Ariel Campoverde. 2015. *Cloud Computing Para El Internet de Las Cosas. Caso de Estudio Orientado a La Agricultura de Precisión*.

Hernández, Roberto., Carlos. Collado, and Pilar. Baptista. 2014. *Metodología de La Investigación*. 6th ed. Mexico.

Honores, Jennifer, Danilo Sanchez, and Bertha Mazon. 2016. *Desarrollo e Implementación de Un Módulo de Agricultura de Precisión Para Monitoreo y Control de Riego, Integrado Al Sistema IOTMATCH*.

Jaramillo R., A. 2005a. *Clima Andino y Café En Colombia. Cap 6. La Temperatura*.

———. 2005b. *Clima Andino y Café En Colombia. Cap 7. Humedad Aire*.

Kevin, Alan, and Jurado Sánchez. 2017. *Modelado de Una Red de Sensores y Actuadores Inalámbrica Para Aplicaciones En Agricultura de Precisión*.

Largaespada, Kenneth; Henríquez, Carlos. 2015. *Distribución Espacial De La Humedad Y Su Relación Con La Textura En Un Suelo. Agronomía Costarricense* 39.

Lasprilla, Diego. 2011. *Estado Actual De Fruticultura Colombiana Y Perspectivas Para Su Desarrollo. Rev. Bras. Frutic*: 199–205.

National Instruments. 2017. *DAQ. Recuperado de* <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>.

Nesta. 2019. *Smart Farming*. Recuperado de <http://www.nesta.org.uk/precision-agriculture>

Orozco Sarasti, Óscar, and Gonzalo Llano Ramírez. 2016. "Sistemas de Información Enfocados En Tecnologías de Agricultura de Precisión y Aplicables a La Caña de Azúcar, Una Revisión." *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín, ISSN 1692-3324, Vol. 15, No. 28, 2016* 15(28): 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5676679>.

Punjabi, Hariharr C. 2017. *Smart Farming Using Iot*.

Valenzuela Isabella, Sergio Alonso. 2016. *Plan de Desarrollo Lebrija 2016-2019*. Recuperado de [http://www.lebrija-santander.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan de Desarrollo 2016-2019.pdf](http://www.lebrija-santander.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20de%20Desarrollo%202016-2019.pdf).

1. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander. M. Sc. (c) Ingeniería de sistemas e Informática. Julian2178183@correo.uis.edu.co

2. Profesor Escuela de Diseño Industrial. Universidad Industrial de Santander. D.Sc. Em Ciências em Engenharia Mecânica. jfarchid@uis.edu.co

3. Profesor Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander. M. Sc. Ingeniería de sistemas e Informática. lczomezf@uis.edu.co

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 40 (Nº 43) Año 2019

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

revistaESPACIOS.com



This work is under a Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International License