

AgriculTIC, plataforma web para el desarrollo de procesos agroindustriales a partir de herramientas de *Internet of Underground Things* (IOUT)

AgriculTIC, web platform for the development of agroindustrial processes from Internet of Underground Things (IOUT) tools

CHAPARRO Mesa, Jorge E. 1; RIAÑO Herrera, Jairo A. 2 y LEÓN Socha, Fredy A. 3

Recibido:05/06/2019 • Aprobado: 15/10/2019 • Publicado 28/10/2019

Contenido

1. Introducción
2. Metodología
3. Resultados
4. Conclusiones

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

"AgriculTIC", es una plataforma web responsive, desarrollada para la adquisición de datos, monitoreo y control procesos agroindustriales. Como metodología de desarrollo se utilizó Scrum, ya que permite avances incrementales con diferentes versiones funcionales del programa. El resultado final, una plataforma web que recibe datos de campo a partir de herramientas de Internet of Underground Things (IOUT) y genera alertas tempranas mediante SMS, llamadas de voz o correo electrónico, permitiéndole al agricultor generar acciones y tomar decisiones en tiempo real.

Palabras clave: Adquisición remota de datos, Agricultura de Precisión, Control de procesos agroindustriales, Internet of Things (IoT)

ABSTRACT:

"AgriculTIC", is a responsive web platform, developed for data acquisition, monitoring and control of agro-industrial processes. Scrum was used as a development methodology, since it allows incremental advances with different functional versions of the program. The end result, a web platform that receives field data from Internet of Underground Things (IOUT) tools and generates early alerts via SMS, voice calls or email, allowing the farmer to generate actions and make decisions in real time.

Keywords: Remote data acquisition, Precision Agriculture, Control of agroindustrial processes, Internet of Things.

1. Introducción

La agricultura tradicional es altamente vulnerable al cambio climático y a la presencia de enfermedades y plagas, que cada vez son más nocivas y resilientes a los agroquímicos

habituales (Neset, Wiréhn, Opach, Glaas, & Linnér, 2018). Este tipo de agricultura se caracteriza por la utilización de técnicas rudimentarias, que minimizan la capacidad productiva de los suelos y ocasionan impactos negativos sobre el medio ambiente (Bhattacharya, 2019).

En este sentido las Tecnologías de Información y Comunicaciones TIC y la electrónica, han venido aportando herramientas innovadoras al sector agropecuario, que han sido fundamentales en la producción y el manejo diferenciado de áreas agrícolas (Tzounis, Katsoulas, Bartzanas, & Kittas, 2017; Vuran, Salam, Wong, & Irmak, 2018). Este tipo de tecnologías se basan en "hacer lo correcto en el lugar adecuado y en el momento oportuno" (Chlingaryan, Sukkarieh, & Whelan, 2018). Sin duda alguna, el Internet of Things (IoT), se ha convertido en una herramienta de apoyo para los procesos agrícolas (Khanna & Kaur, 2019). En este sentido el concepto de *Internet of Underground Things (IOUT)*, proporciona herramientas, para el monitoreo en tiempo real de variables como Temperatura, Humedad del suelo, Humedad Relativa, pH, Radiación Solar y Lluvia (Salam & Vuran, 2016).

El presente trabajo muestra el resultado de un desarrollo tecnológico, llevado a cabo para el monitoreo y control de procesos agroindustriales, a través de una plataforma software, que recibe información de un módulo terminal remoto que puede ser usado en el proceso de cosecha, almacenamiento, transformación y/o transporte. El software tiene la posibilidad de almacenar la información de las variables obtenida a través de los sensores; así mismo gestiona los usuarios, sensores y salidas de relés, las cuales a su vez pueden accionar diferentes actuadores electrónicos. El proceso de comunicación entre el modulo terminal remoto y el software se realiza a través de sistemas inalámbricos que soportan protocolos TCP/IP, GSM, SMS, EGPRS, 3G o 4G. Con esta herramienta de supervisión y control de variables críticas, se espera mejorar la gestión de los cultivos, reducir impactos ambientales, disminuir costos en insumos y fertilizantes y mejorar la trazabilidad de la información del cultivo.

1.1. Estado del Arte

Actualmente existen diferentes instrumentos que permiten adquirir y controlar variables agrometeorológicas, dentro de los cuales se puede mencionar el sistema web de bajo costo desarrollado en Chile, que permite realizar el monitoreo de invernaderos en forma constante vía web (Mamani, Villalobos, & Herrera, 2017). Así mismo en la Corporación Universitaria del Huila-CORHUILA, Colombia, desarrollaron un sistema de control y automatización de temperatura, humedad del suelo y humedad relativa para optimizar el rendimiento de cultivos bajo cubierta (Alarcón, Arias & Díaz, 2018). Por su parte, en el centro agro empresarial y acuícola del SENA regional Guajira Colombia, se implementó un prototipo para optimizar la automatización de un sistema de riego, mediante la utilización de estrategias de control a través de dispositivos móviles (Parada & Carrillo, 2016). En la ciudad de Bogotá se desarrolló un dispositivo para monitorear en tiempo real vía web variables como temperatura, humedad y concentración de CO₂, las cuales puedan afectar la calidad de la mercancía durante el transporte (Puentes Rivero & Baquero Cardozo, 2017). En este mismo sentido en Cuba se desarrolló un sistema de control y monitoreo en tiempo real, que permite la operación remota de máquinas de riego de pivote central (Avello, 2018).

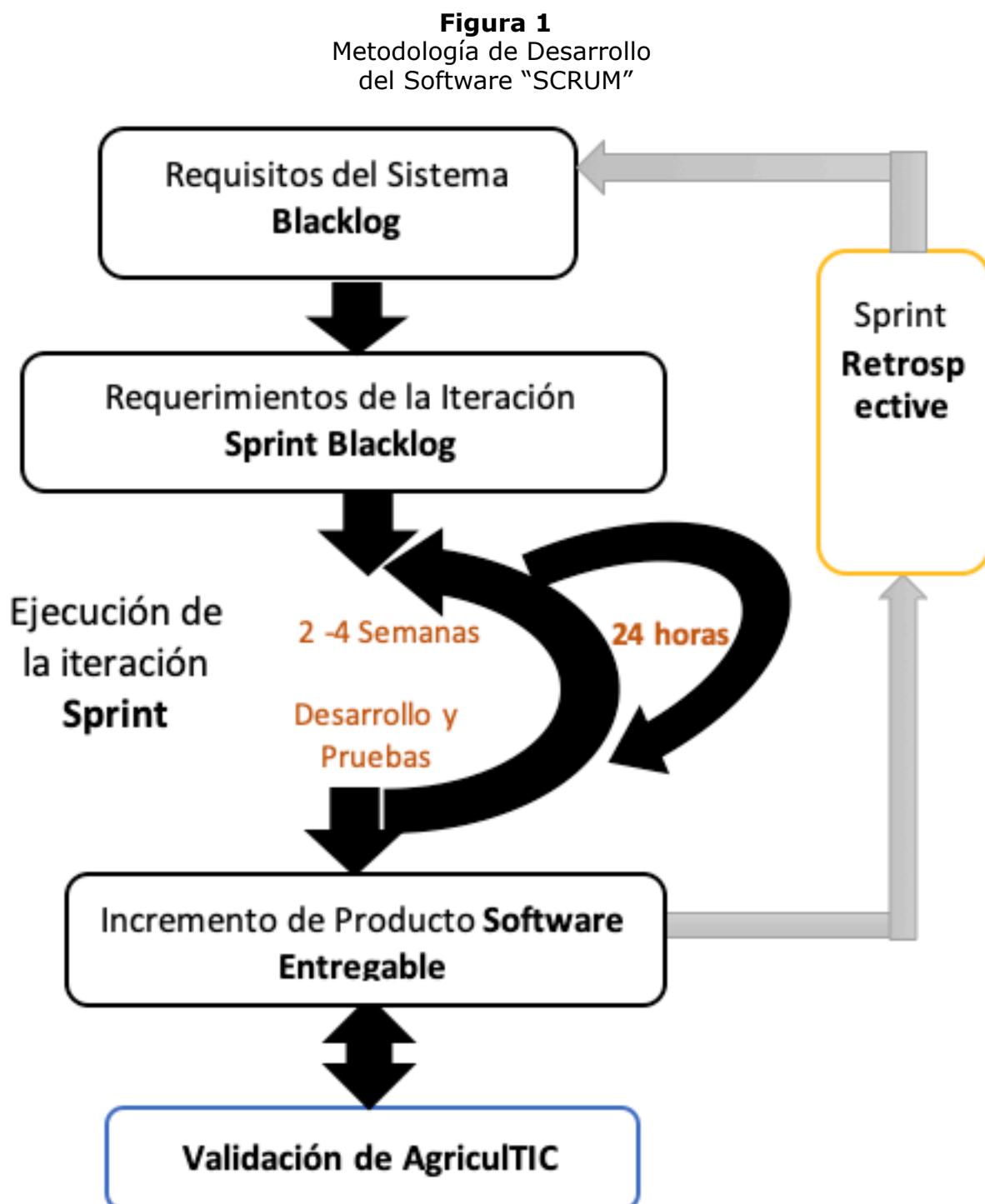
Por otra parte, para desarrollar software de calidad en tiempos cortos, se deben utilizar metodologías que se adapten a estas condiciones sin perder su eficiencia (Sommerville, 2011). Un desarrollo rápido de software, implica el uso de metodologías ágiles, entre las cuales se destacan la programación extrema (Beck, 1999), *Scrum* (Schwaber & Beedle, 2001), *Crystal* (Abrahamsson, 2007), *Mobile-D*, propuesta por Pekka Abrahamsson y su equipo del VTT (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, en inglés Technical Research Centre of Finland) (Abrahamsson, 2007); así mismo se encuentran metodologías que combinan diferentes funcionalidades como *Hybrid Methodology Design*, metodología que utiliza el modelo iterativo incremental para el proceso de desarrollo y así logra la rápida entrega de software (Kaleel & Harishankar, 2013), por otra parte esta *Mobile Development Process Spiral*, esta metodología se orienta a proyectos grandes y costosos, ya que está

destinado a ser un modelo de reducción de riesgos (Amaya, 2016). Otra metodología muy utilizada principalmente en el desarrollo móvil es *RAD Desarrollo Rápido de Aplicaciones*, definido por James Martin a principios de la década de 1980, este modelo utiliza la construcción de software basada en componentes, utilizando herramientas que permiten de forma ágil realizar aplicaciones con altos estándares de calidad, con un plazo de entrega ideal de 90 a 120 días como máximo (Salazar, Medina y Chaves, 2011).

Todas estas metodologías permiten al equipo desarrollador enfocarse en aspectos relevantes del software, además son adecuadas para proyectos en los cuales los requerimientos del sistema cambian en forma rápida (Sommerville, 2011).

2. Metodología

Luego de analizar diferentes metodologías ágiles para el desarrollo de software, se optó por la metodología Scrum para guiar el proceso de construcción de AgricultIC. La razón principal es que Scrum les permite a equipos pequeños obtener de forma rápida y sucesiva, versiones funcionales del programa a fin de realizar tareas de mantenimiento y ajustes que permiten avanzar hacia la versión final. Estas versiones se obtienen a través de una serie de fases cortas de desarrollo llamados "sprints" (Vlaanderen, Jansen, Brinkkemper, & Jaspers, 2011). El desarrollo se inicia estableciendo los requisitos funcionales del sistema, a través de reuniones con el equipo de trabajo y personas interesadas, que aportan en cada uno de los sprints para obtener como producto final un diagrama de casos de uso de la funcionalidad del sistema. Esta actividad se observa en la Figura 1, "Requisitos del Sistema - Blacklog".



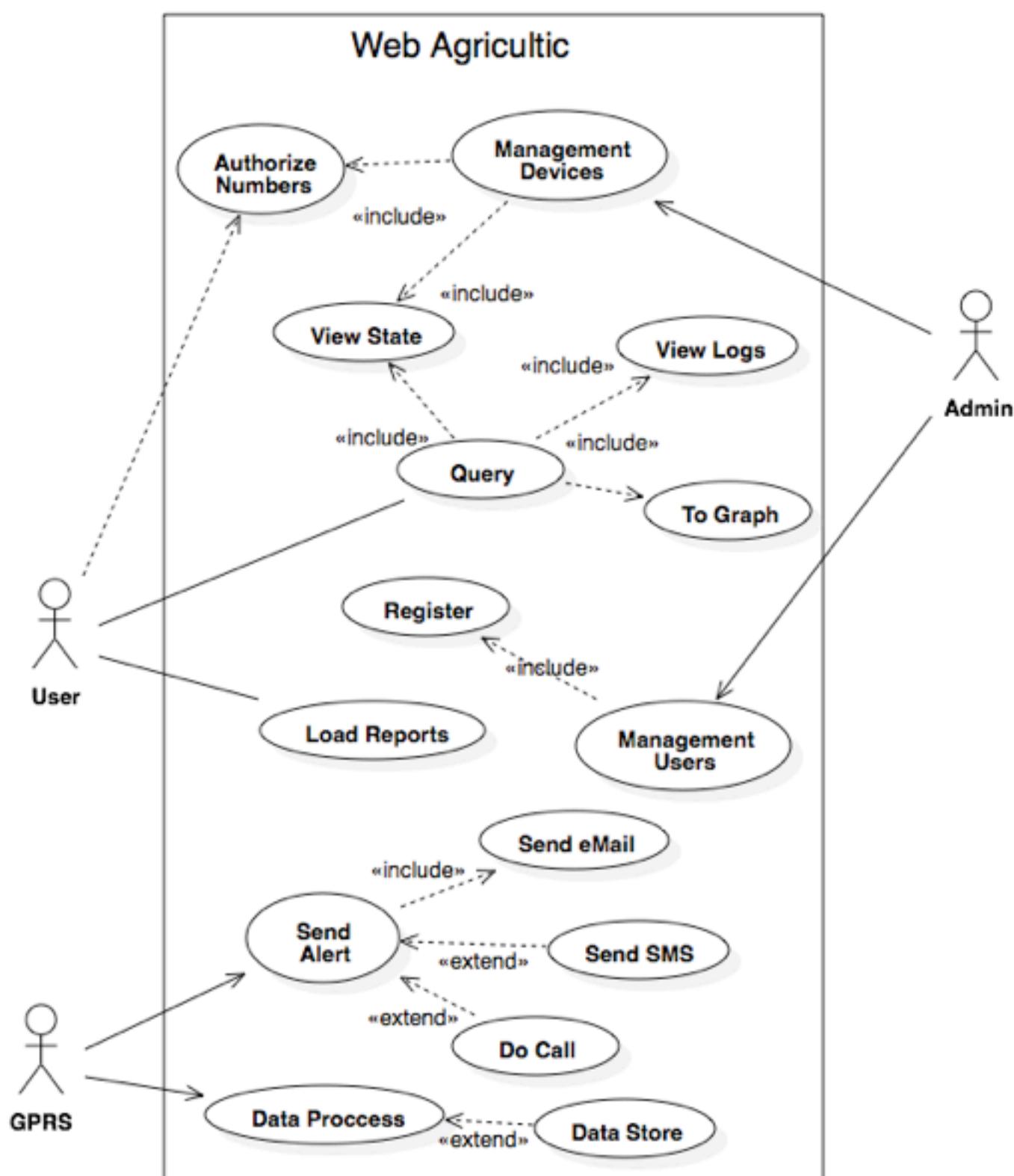
A partir del establecimiento de los requisitos, se realizan las actividades que permiten obtener en cada uno de los sprints, versiones funcionales del software. En esta etapa se desarrollaron las bases de datos y la interface de usuario con diseño responsive a fin de visualizarse correctamente en distintos dispositivos electrónicos. Al finalizar el desarrollo y durante los sprints se realizan procesos de validación en campo para comprobar la efectividad del software. Una vez se obtuvo el producto final se sometió a un proceso riguroso de validación por un periodo de cuatro meses en un cultivo de hongo de Orellana, como se observa en el apartado 3.6. Proceso de Validación.

3. Resultados

3.1. Funcionalidad del software

En la Figura 2 se ilustra la funcionalidad del software.

Figura 2
Funcionalidad del Sistema



puede dar de alta, modificar, eliminar nuevos usuarios

El sistema permite la gestión de dispositivos para lo cual el usuario debe tener privilegios administrativos, entre la gestión de dispositivos se incluye que éstos se pueden asociar a usuarios normales del sistema.

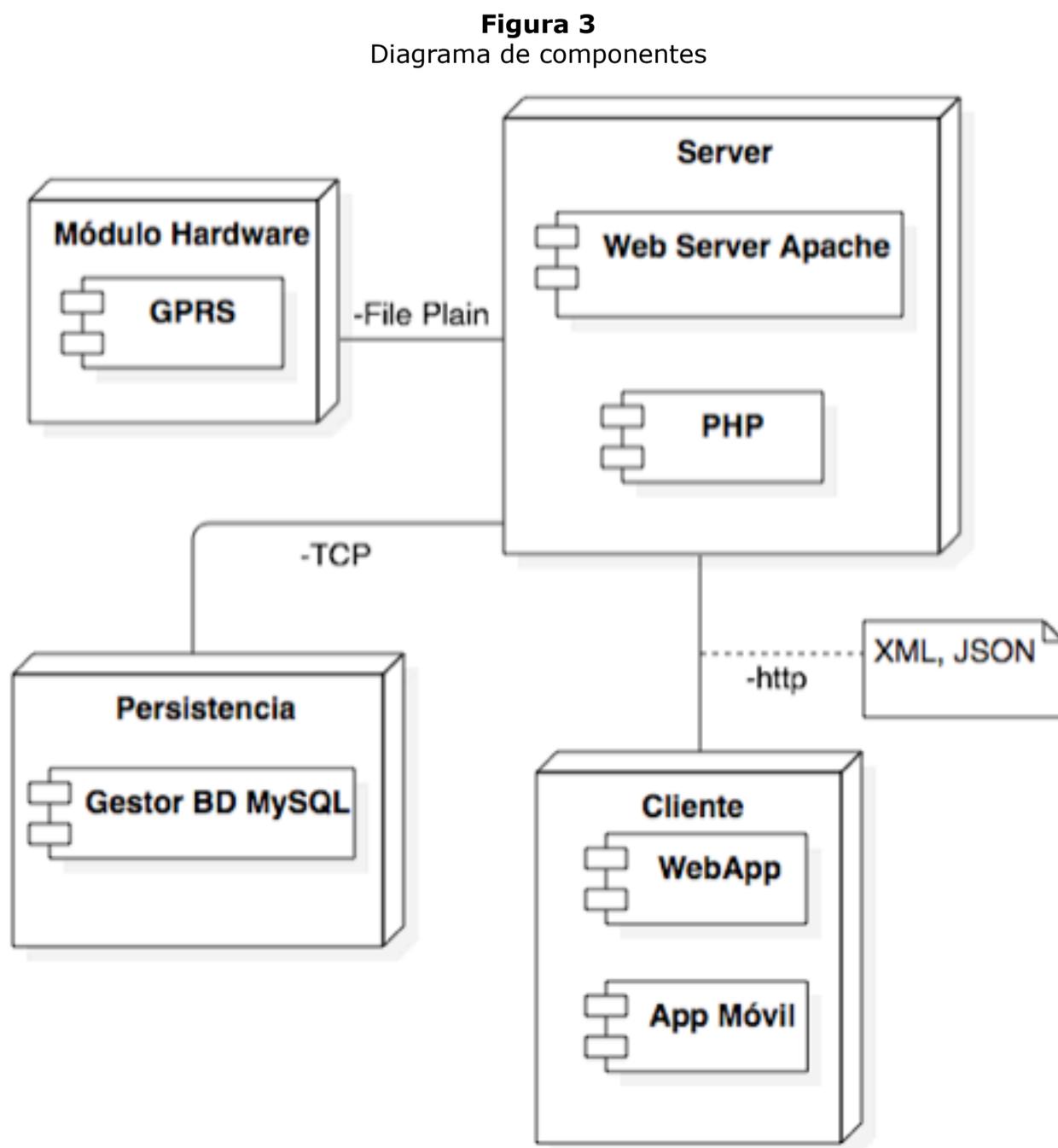
Un usuario con privilegios limitados (no administrativos), puede autorizar números de teléfonos móviles para que los dispositivos envíen las alertas correspondientes, consultar el estado de los dispositivos que tiene asociados, descargar reportes del estado de los sensores del dispositivo

El sistema procesa los datos que envían en forma periódica los sensores de los dispositivos.

El usuario del sistema puede obtener reportes del estado de los sensores que puede visualizar a través de informes o gráficas en un rango de tiempo determinado.

3.2. Componentes del sistema.

En la Figura 3 se ilustra los componentes del sistema.



Fuente: Autores de la propuesta

Módulo de Hardware. Dispositivo que contiene sensores para adquisición de datos del medio ambiente, los datos adquiridos se envían al servidor en formato de archivos planos para ser procesados y almacenados. También incluye relés que permiten activar/desactivar algún dispositivo de control conectado al dispositivo, con base en los valores generado por los sensores

Servidor. Equipo de cómputo que ofrece servicios de alojamiento y publicación del sitio web de la aplicación, almacena los scripts de la lógica del negocio en lenguaje PHP.

Cliente. Componente que interactúa con los servicios de la aplicación web, se especifica a través de un agente de usuario como un navegador web o una aplicación para dispositivo móvil. Los datos se intercambian entre el servidor y el cliente a través de datos en formatos estandarizados como XML, JSON

Persistencia. Componente que permite almacenar en base de datos, la información de usuarios, dispositivos, datos de los sensores y demás elementos del sistema que deben ser procesados.

3.3. Herramientas de desarrollo

Servidor web. Para efectos del alojamiento y publicación de las páginas de la aplicación web se usa el servidor web Apache versión 2.4.35

Sistema gestor de base de datos. Para la persistencia de los objetos del sistema se usa MySQL versión 10.0.36-MariaDB-cll-lve

Lenguaje de programación. Para especificar la lógica del negocio se ha usado PHP versión 7.0

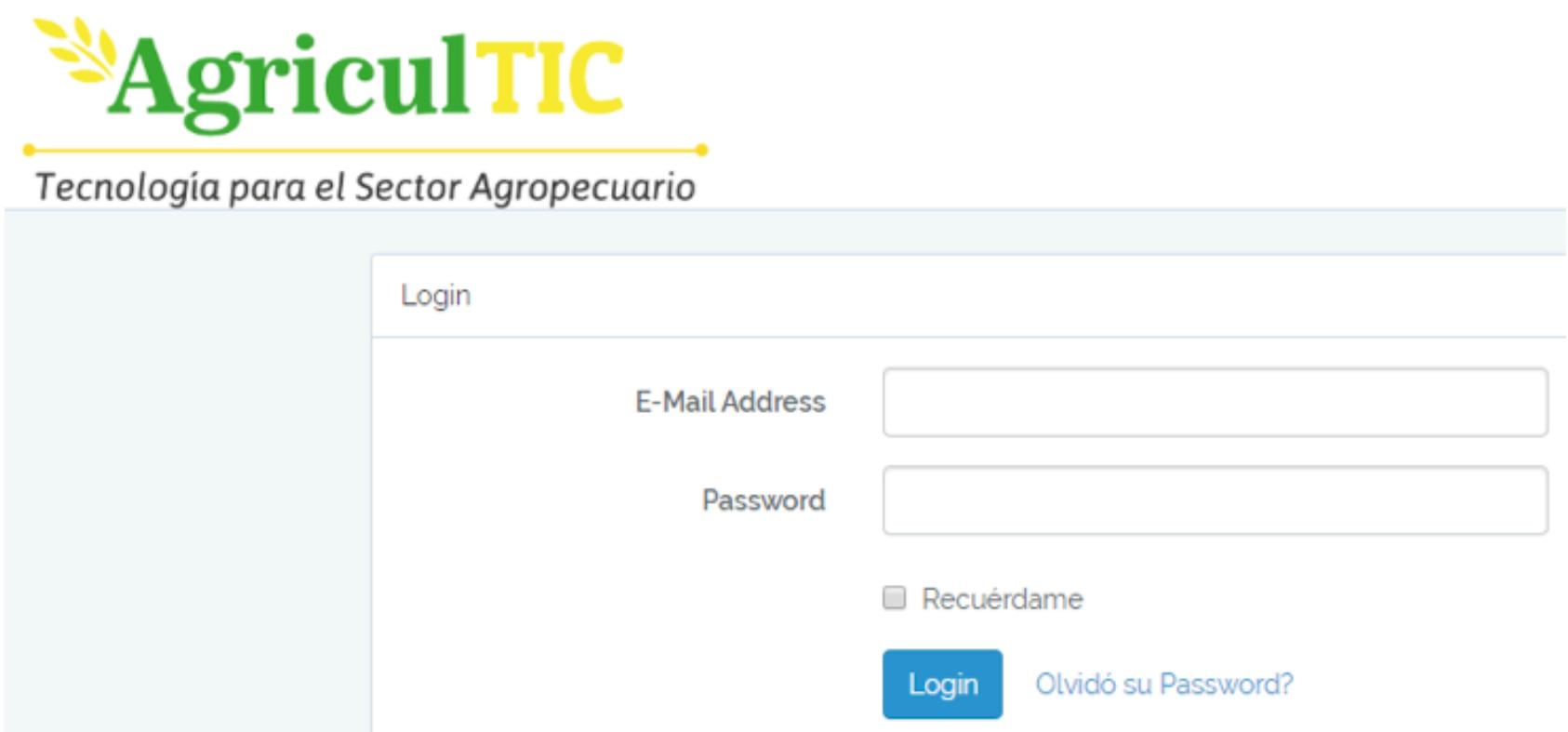
Frameworks de apoyo. Laravel es un framework para el desarrollo de aplicaciones web con PHP (Bean, 2015), que permite un proceso de codificación más claro y organiza los componentes de la aplicación separando la vista o interfaz gráfica de usuario (GUI) con la lógica del negocio, convierte los componentes del modelo relacional en objetos del sistema o viceversa.

Sistema de versionamiento. La implementación de Scrum como metodología de desarrollo implica que la funcionalidad del sistema se crea en forma incremental, por lo cual se tienen diferentes iteraciones o versiones del software, cada una de ellas es funcional y amplía los requisitos del sistema. Para la administración de las iteraciones, que en Scrum se denominan Sprints, se ha usado el sistema de versionamiento Git, apoyado con el repositorio en línea Bitbucket.

3.4. Descripción de la aplicación.

Sistema de login. Permite que el usuario realice el proceso de autenticación en el sistema, y dependiendo del perfil se obtiene la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) que permite una funcionalidad con base en el perfil del usuario. La Figura 4 presenta la página inicial de la aplicación que permite el proceso de autenticación de los usuarios registrados en el sistema.

Figura 4
Pantalla de Inicio



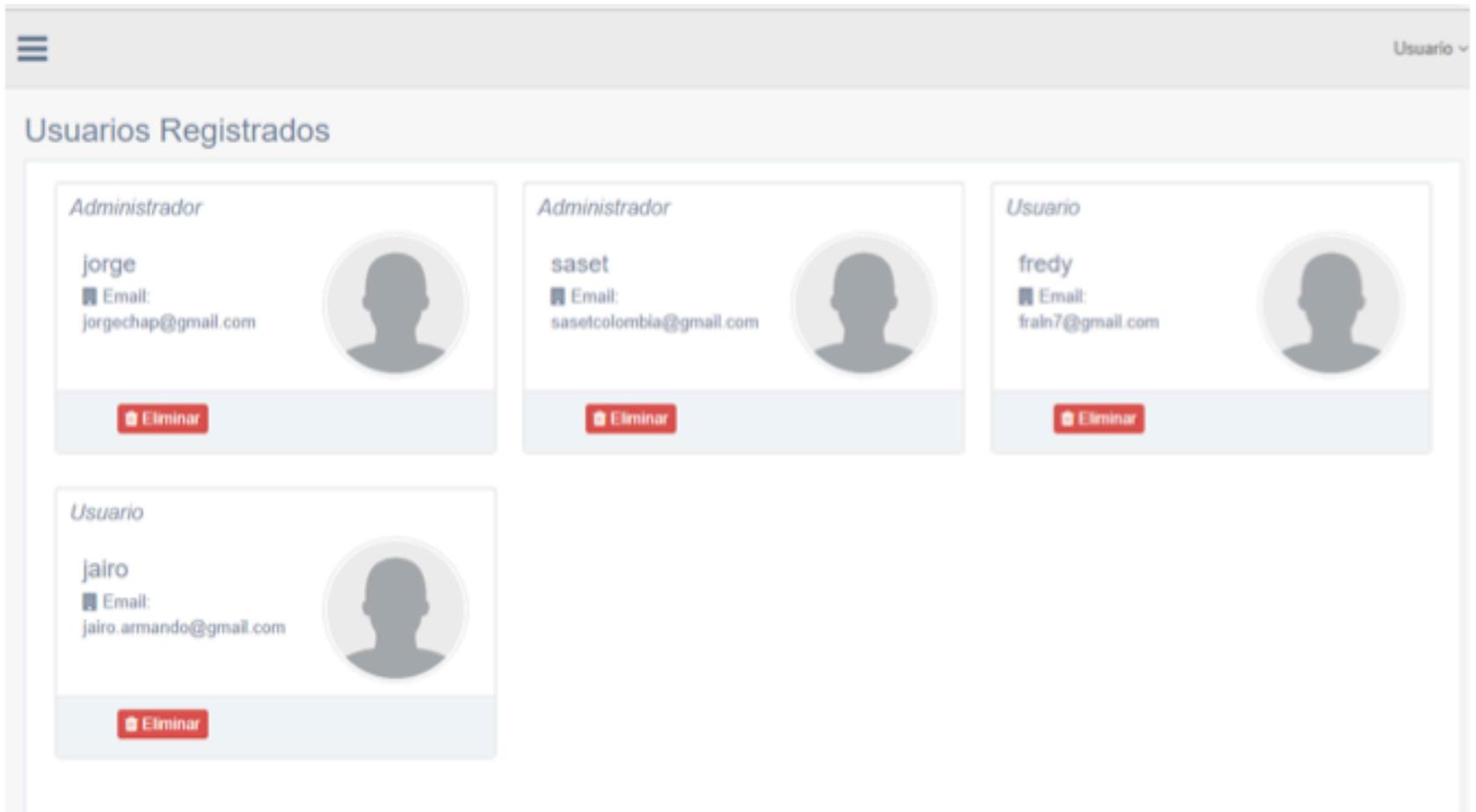
The image shows the login interface for 'AgriculTIC'. At the top left, there is a logo with a green leaf and the text 'AgriculTIC' in green and yellow. Below the logo is the tagline 'Tecnología para el Sector Agropecuario'. The main content area is a light blue box with a white border. Inside, the word 'Login' is written in a small font at the top left. Below it, there are two input fields: 'E-Mail Address' and 'Password'. To the right of the 'Password' field is a checkbox labeled 'Recuérdame'. At the bottom right of the form, there is a blue button labeled 'Login' and a link labeled 'Olvidó su Password?'.

Funcionalidad del administrador. Este perfil le permite a un usuario la siguiente funcionalidad:

Crear nuevos usuarios. A un nuevo usuario se le puede asignar perfil de administrador o de usuario normal del sistema. Ver figura 5

Gestionar dispositivos. Adiciona, modifica, elimina dispositivos y los asocia a un usuario normal del sistema, además para cada dispositivo se gestionan sus respectivos relés y sensores.

Figura 5
Vista de usuarios
del sistema



Fuente: Autores de la propuesta

Funcionalidad de usuario del sistema. un usuario del sistema puede tener uno o más dispositivos asociados.

Programación de Relés. Cada relé que se encuentra físicamente en un dispositivo se puede programar o agendar para que prenda o apague durante un determinado rango de tiempo y con una determinada frecuencia de veces

Asociación de Números. Permite asociar números de dispositivos móviles del usuario a donde el dispositivo envíe alertas en el momento en que un valor de un sensor esté fuera de rango, las alertas se envían a través de mensajes de texto (SMS) cuando el valor del sensor se encuentra diferente al valor predeterminado

Estado de los sensores. Permite que el usuario a través de un componente gráfico monitoree el estado de los sensores en tiempo real, ver Figura 6. El dispositivo envía el estado de los sensores cada 10 segundos al sistema a través de una URL.

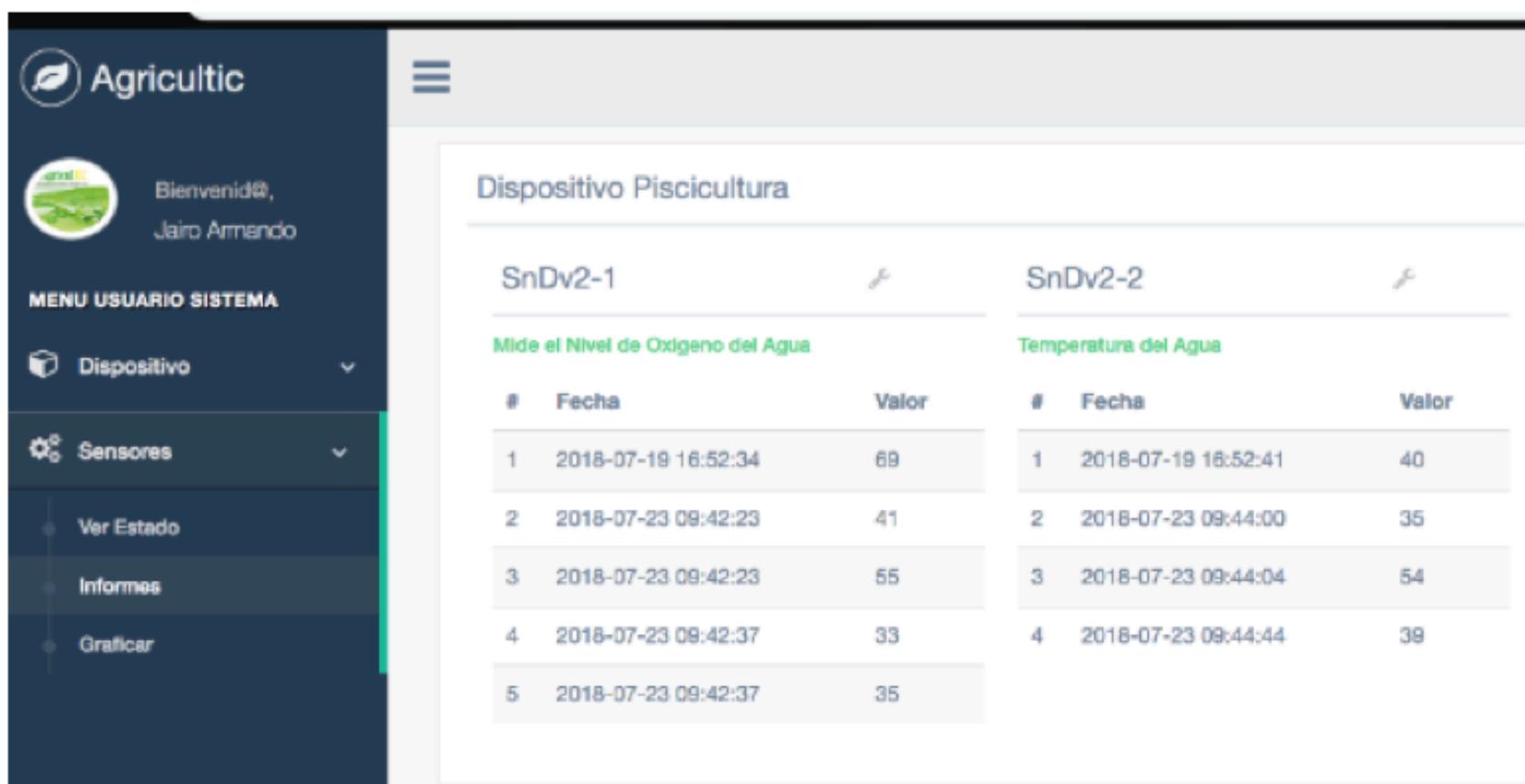
Figura 6
Vista de estado
de sensores



Fuente: Autores de la propuesta

Ver informes. Esta funcionalidad permite al usuario obtener un reporte de la actividad de los sensores con base en los envíos que realiza el dispositivo al sistema. El informe visualiza los valores que ha recibido el sistema para cada uno de los sensores de cada dispositivo asociado al usuario. Además, los datos se pueden exportar a una hoja de cálculo para que el usuario pueda observarlos y analizarlos. La Figura 7 permite observar la vista de informes.

Figura 7
Vista de informe de los sensores

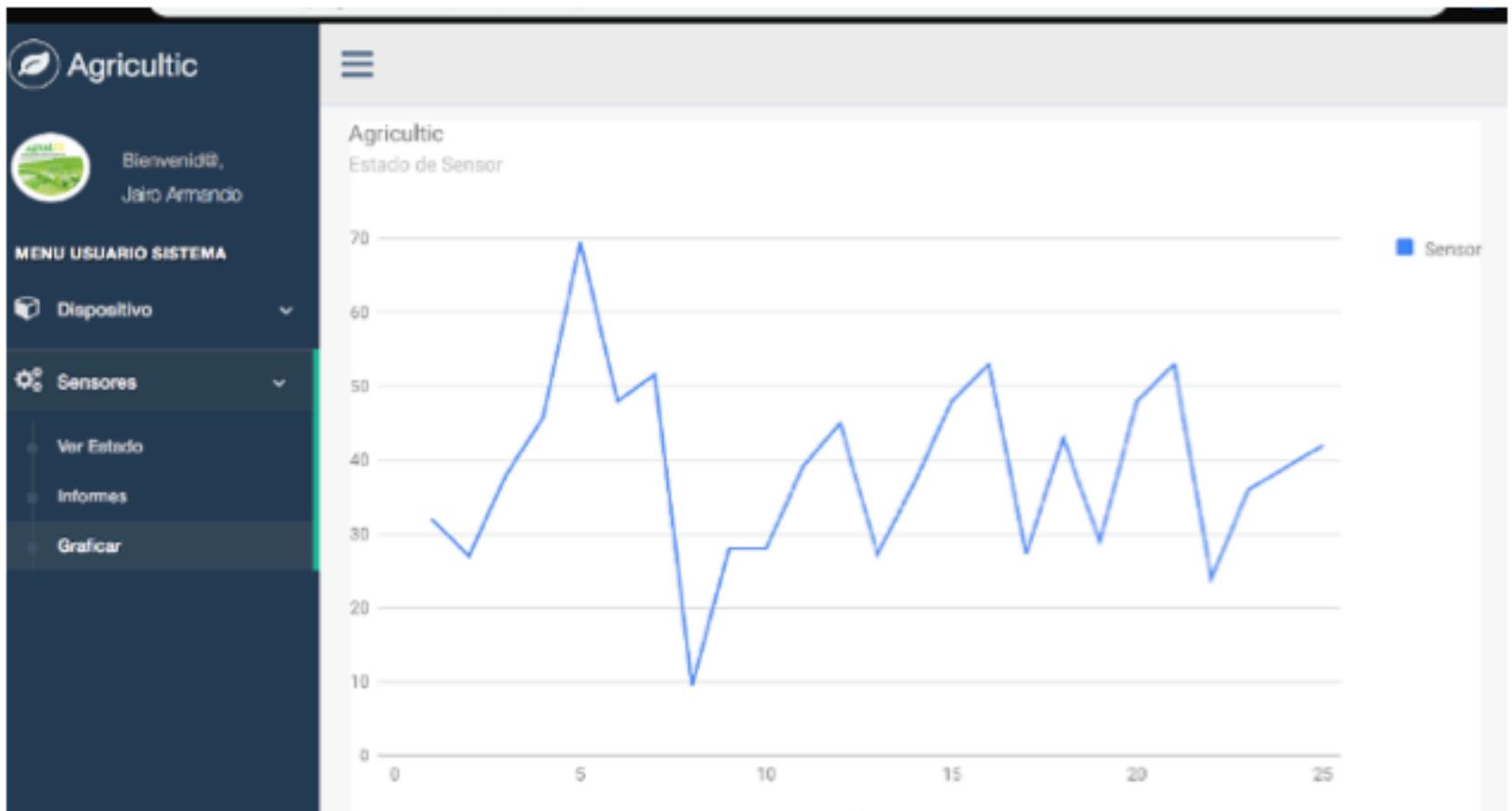


Fuente: Autores de la propuesta

Graficación. A través de esta funcionalidad, se observa el comportamiento de los sensores en un gráfico. El usuario puede seleccionar un sensor determinado y

seleccionar el rango de tiempo.

Figura 8
Vista de graficación
de un sensor

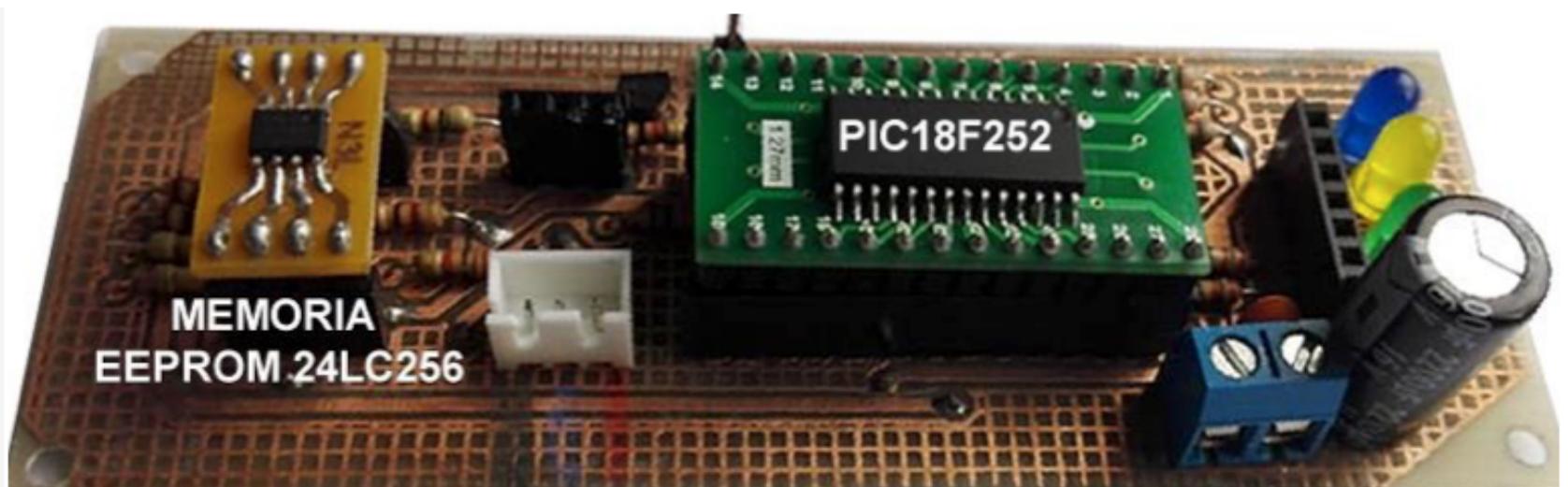


Fuente: Autores de la propuesta

3.5. Descripción del proceso de Comunicación con el Hardware

Se implementó un módulo de comunicación basado en el microcontrolador PIC18252 sobre el cual se habilitaron dos canales RS232, pudiendo así mantener una comunicación full dúplex con el hardware de sensores y con el modem SIM800L. Este último sirve de enlace con la red GSM y así poder enviar y recibir datos de la plataforma AgricultIC.

Figura 9
Circuito desarrollado
con el PIC18F252



Fuente: Autores de la propuesta

Como herramienta de desarrollo se utilizó MPLAB X IDE v4.20 de Microchip. El código fuente desarrollado permite la gestión total de los dos módulos mencionados y en cada uno de ellos se implementaron diversas funcionalidades, las cuales se describen a continuación:

3.5.1. Gestión del Modem SIM800L.

Se realiza mediante la implementación de comandos AT, a través del puerto serial RS232, de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante de este modem.

3.5.2. Gestión del Hardware de Sensores

Se encarga de realizar las configuraciones del módulo de sensores de acuerdo a los parámetros establecidos por el usuario: recibir y procesar la trama de configuración desde el servidor web, almacenamiento de los datos registrados por los usuarios, como, ID asignado al dispositivo, configurar número de celular para envío de alarmas, configuración de horarios de activación/desactivación de actuadores, configuración de usuarios y claves de acceso al servidor web, configuración valores máximos y mínimos de sensores, acciones sobre los relés (programar fecha y hora de activación).

Los datos de configuración se almacenan localmente mediante el uso de una memoria externa EEPROM 24LC256, la cual permite el almacenamiento de hasta 256 Kilobytes.

Funciones generales del microcontrolador

A continuación, en la Tabla 1, se describen las operaciones que el microcontrolador realiza periódicamente, después que el modulo ha sido energizado:

Tabla 1
Operaciones realizadas
por el Microcontrolador

RUTINA	DESCRIPCION
Configurar modem	Envía los comandos AT de inicialización al modem para conectarse a la red GPRS e iniciar el servicio http
Recibir Datos de Sensores	Se realiza la lectura del puerto serial al cual está conectado el módulo de sensores y recibe la trama de datos enviada por este último. El módulo reporta una nueva trama de datos cada segundo
Verificar nuevos SMS	Se verifican nuevos mensajes recibidos, se lee el contenido de dicho SMS, se verifica el usuario y password asociado al módulo y se realizan las acciones de configuración correspondientes.
Verificar tiempo de Envío a web service	Se lee la trama de datos enviada por el módulo de sensores, se configura el modem para acceder a la URL que recibe los datos y estos se envían al servidor de acuerdo al tiempo programado.
Verificar tiempo de lectura de configuración desde web service	Se configurará el modem para acceder a la URL, se descargan los datos de configuración y se realizan las respectivas actualizaciones internas de acuerdo al tiempo programado,

3.6. Proceso de Validación

Para realizar el proceso de validación en campo, se realizó la propagación de un cultivo de Orellana en un cuarto cerrado en las instalaciones de Unitrópico en la ciudad de Yopal, como se muestra en la Figura 10.

Figura 10
Pruebas de funcionamiento del
software en cultivo de Orellana



Fuente: Autores de la propuesta

El cultivo tiene una duración de cuatro meses, tiempo en el que se instrumentó con los sensores que se describen en la tabla 1; y como actuador se utilizó una bomba eléctrica de ½ HP, la cual suministro el agua al sistema de riego por nebulización.

Tabla 2
Referencias de sensores utilizados
para la validación del MTR

Temperatura	Humedad del aire	Humedad del suelo	pH
Ref. 18B20 de la empresa Maxim Integrated	Ref. HS1101 de la empresa Humirel	Ref. CN1501 de la empresa ZHIPU	Ref. MSP430 Sensor analógico

Fuente: Elaboración con base a sensores utilizados

3.7. Análisis de resultados

Respecto a la aplicación web, funcionó correctamente y se logró comunicar eficiente con el hardware desarrollado; permitiendo observar en tiempo real los datos obtenidos por los sensores, a través de una interfaz gráfica de usuario, amigable y entendible; gracias al diseño responsive que se adapta a diferentes dispositivos electrónicos.

El trabajo en campo y la validación en el cultivo, permitió ajustar el software constantemente gracias a la flexibilidad de la metodología de desarrollo. Por otra parte, esta validación minimizó al máximo la posibilidad de fallos, debido a las diferentes pruebas; esto es muy importante porque garantiza una confiabilidad en el dispositivo, pensando en una patente y comercialización exitosa.

Igualmente, se realizó un análisis integral de los resultados obtenidos del funcionamiento del hardware, del software y de los sensores validados. En esta etapa se comprobó el cumplimiento exitoso del objetivo planteado para este proyecto.

3.8. Otras posibles Aplicaciones

Aunque el Software AgriculTIC, fue desarrollado para el sector agropecuario; este sistema puede operar con muchos otros sensores siempre y cuando soporten señales eléctricas de voltaje, corriente o pulsos electromagnéticos. Por otra parte el protocolo de comunicación es abierto, abriendo la oportunidad para que otros desarrolladores puedan adaptar el modulo a diversas aplicaciones dentro de las que se pueden mencionar: Sistema de monitoreo automático, Sistemas de alarma de seguridad, Estaciones de bombeo, Control remoto de estaciones meteorológicas y registro de datos, Control de válvulas eléctricas, Ahorro de energía, Sistema de control de luces de edificios y calles, Control y monitoreo de tanques de almacenamiento de líquidos y Sistemas de control de acceso entre otros.

4. Conclusiones

El *Internet of Things* – (IoT), es un concepto que hace posible que dispositivos cotidianos o de índole industrial se conecten a la red, permitiendo la gestión remota de estos y el monitoreo permanentemente del estado de funcionamiento, así como también indicando condiciones críticas o de alarma para ser atendidas de forma prioritaria. A partir de este concepto, es posible construir el software de tal forma, que se adapte a las necesidades y circunstancias particulares de la producción agrícola del país, permitiendo aplicar a esta industria, la diversidad de adelantos tecnológicos contemporáneos en el campo de las comunicaciones y la informática.

Este trabajo puede extenderse fácilmente a muchos otros campos de acción del sector agroindustrial, ejemplo, como sensor inalámbrico remoto red a través de la integración con redes RF, RFID, control automático industrial, controles de riego, domótica, seguridad, semaforización, entre otros.

El Software desarrollado, permite que el usuario pueda realizar las respectivas configuraciones o lecturas de estado general, mediante el envío de mensajes de texto (SMS), incluyendo al comienzo del mensaje el ID asignado al dispositivo y la clave de usuario. Como respuesta el modulo devolverá un SMS con la información solicitada (por ejemplo, estado de sensores y/o actuadores) o la confirmación de la acción.

El uso de frameworks en el proceso de desarrollo de sistemas de información, permite agilizar actividades como la generación de las vistas del sistema y la interacción con el modelo relacional de la base de datos.

La implementación del software complementa el módulo del hardware, permitiendo la realización de procesos de análisis de los datos y la visualización de la información en formatos legibles y entendibles por los usuarios del sistema.

El sistema desarrollado permite el envío de alertas tempranas de acuerdo a la variación de los rangos configurados para temperatura, humedad relativa y humedad del suelo; mediante SMS, llamadas de voz o correo electrónico. Esto con el fin que el agricultor pueda generar acciones de monitoreo, mitigación de riesgos, toma de decisiones, etc.

AgricultIC permite el establecimiento de bases para el diseño de nuevas plataformas de monitoreo agrícola a través de internet, para generación de informes, análisis de datos, validación de resultados, etc. y es fácilmente adaptable a otro tipo de cultivos en cualquier zona del país donde se desee implementar la tecnología como base de mejoramiento de procesos agrícolas.

La integración de módems GSM permite que el modulo hardware pueda intercambiar de datos con la plataforma web AgricultIC. Este proceso se realiza a través del uso de los comandos AT y peticiones HTTP GET.

Referencias bibliográficas

- Abrahamsson, P. (2007). Agile Software Development of Mobile Information Systems. *Advanced Information Systems Engineering*, 4495, 1–4. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72988-4_1
- Álvaro Hernán Alarcón, Geyni Arias, Cristian Javier Díaz, J. D. S. (2018). Sistema de control automático de variables climáticas para optimizar el rendimiento de cultivos bajo cubiertas. *Ingeniería Solidaria*, 14(24), 12–25.
- Amaya Balaguera, Y. D. (2016). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. *Revista de Tecnología*. <https://doi.org/10.18270/rt.v12i2.1291>
- Avello Fernández. (2018). Remote supervision and control based on wireless technology to operation of central pivot irrigation machine. *Sistemas y Telemática*, 16(44), 63–74. <https://doi.org/10.18046/syt.v16i44.2788>
- Bean, M. (2015). *Laravel 5 essentials. Explore los fundamentos de Laravel, uno de los frameworks PHP más expresivos y robustos disponibles* (Packt Publ). Recuperado de

https://subscription.packtpub.com/book/web_development/9781785283017

Beck, K. (1999). Embracing change with extreme programming. *IEEE Ingeniería de Software*, 32(10), 70–77. <https://doi.org/10.1109 / 2.796139>

Bhattacharya, A. (2019). *Global Climate Change and Its Impact on Agriculture*. (I. Indian Institute of Pulses Research, Kanpur, Uttar Pradesh, Ed.), *Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants*. Uttar Pradesh, India: Academic Press is an imprint of Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816209-5.00001-5>

Chlingaryan, A., Sukkarieh, S., & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 61–69. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2018.05.012>

Kaleel, S., & Harishankar, S. (2013). Applying Agile Methodology in Mobile Software Engineering: Android Application Development and its Challenges Applying Agile Methodology in Mobile Software Engineering: Android Application Development and its Challenges. *Digital Commons @ Ryerson. Computer Science Technical Reports*.

Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157(December 2018), 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>

Mamani, M., Villalobos, M., & Herrera, R. (2017). Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 599–618. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052017000400599>

Neset, T. S., Wiréhn, L., Opach, T., Glaas, E., & Linnér, B. O. (2018). Evaluation of indicators for agricultural vulnerability to climate change: The case of Swedish agriculture. *Ecological Indicators*, (May), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.042>

Parada, J., & Carrillo, J. (2016). Automatización de sistemas de riego: estrategias de control a través de dispositivos móviles. *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*, 0(1), 138–160. Recuperado de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnt/article/view/513/557>

Puentes Rivero, J., & Baquero Cardozo, B. A. (2017). Dispositivo para monitorear en tiempo real vía web variables como temperatura humedad y concentración de CO2 que puedan afectar la calidad de la mercancía durante su transporte. *Revista chilena de ingeniería*, 10(45), 9–17.

Salam, A., & Vuran, M. C. (2016). Impacts of soil type and moisture on the capacity of multi-carrier modulation in internet of underground things. *2016 25th International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN 2016*. <https://doi.org/10.1109/ICCCN.2016.7568532>

Salazar, O. A., Medina Aguirre, F. A., & Chaves Osorio, J. A. (2011). HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO RÁPIDO DE APLICACIONES WEB. *Scientia Et Technica*.

Schwaber, K., & Beedle, M. (2001). *Agile Software Development with Scrum* (1st ed.). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR.

Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de Software* (9a ed.). México: Pearson Educacion.

Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*, 164, 31–48. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>

Vlaanderen, K., Jansen, S., Brinkkemper, S., & Jaspers, E. (2011). The agile requirements refinery: Applying SCRUM principles to software product management. *Information and Software Technology*, 53(1), 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.08.004>

Vuran, M. C., Salam, A., Wong, R., & Irmak, S. (2018). Internet of underground things in precision agriculture: Architecture and technology aspects. *Ad Hoc Networks*, 81, 160–173. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.07.017>

1. Ingeniero Electrónico, Especialista en Redes de Alta Velocidad, Magister en Tecnología Informática. Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano, Unitrópico. Docente investigador.

jorgechaparro@unitropico.edu.co

2. Ingeniero de Sistemas, Especialización en construcción de software para redes, Magister en Tecnología Informática. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. UPTC. Grupo de Investigación GALASH

jairo.riano@uptc.edu.co

3. Ingeniero Electrónico. Especialista en desarrollo software para dispositivos móviles. Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación en TIC, NetworkTIC. Dirección de proyectos. gerencia@networktic.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 40 (Nº 37) Año 2019

[\[Índice\]](#)

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