Sistemas de apoyo a agricultura de precisión para el control de suelos como apoyo a cultivos basado en IoT.

# ORGANIZACIÓN USUARIA:

Este proyecto de aplicación se enfoca en el desarrollo rural apostándole a la agronomía (granjas inteligentes) y sus productos como el maíz, (el cual puede ser una opción dentro de muchos otros cultivos ) producto difícil de producir cuando existen plagas o condiciones climáticas o de suelos diversas, a las que se expone. Potenciales usuarios de este proyecto serán agricultores, Ingenieros agrónomos, entidades de desarrollo rural o investigaciones para su implementación a nivel urbano como ciudades inteligentes, y bancos con iniciativas rurales y entidades privadas que le apuesten al desarrollo tecnológico rural o urbano mediante la investigación de técnicas de control y comunicación como enjambres de nodos y/o nodos de detección de variables con el fin de lograr aplicaciones de estas nuevas tecnologías.

# GLOSARIO

**Agricultura de precisión (AP)** – Es el uso y la aplicación de tecnologías teniendo en cuenta los diferentes parámetros como la diversidad del suelo, el entorno ambiental y las necesidades del cultivo para la optimización de la aplicación de insumos (fertilizante, semillas, riego entre otros), por medio de la utilización y aplicación de las nuevas tecnologías para obtener una producción rentable, de calidad y respetuosa con el medio ambiente. (Pérez de Ciriza Gainza, J.J., 2001.). Para ello se utilizan experiencias de muchas disciplinas y se integran las últimas herramientas y técnicas del mundo TIC (tecnologías de la información y la comunicación) para facilitar un mejor entendimiento del terreno. (BORDA, 2012).

Cloud Computing: Paradigma que permite ofrecer servicios computacionales a través de internet. (America, s.f.)

**DV**: Dosis Variable, técnica usada en Estados Unidos, que consiste en aplicar dosis distintas de insumos en un cultivo. (Bongiovanni, 2001)

**Evapotranspiración:** es un importante elemento del balance hídrico por cuanto determina las pérdidas de agua desde una superficie de suelo en condiciones definidas. (Hidromet, 2018)

**LoRa:** Protocolo de comunicaciones comprometido a permitir el despliegue a gran escala de redes de área amplia de baja potencia (LPWAN) IoT a través del desarrollo y la promoción del estándar abierto LoRaWAN. (ALLIANCE, 2018)

**PROCISUR:** El Programa Cooperativo y proveedor para el Desarrollo Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR, s.f.)

**Sensor:** *“Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente”.* (RAE, 2018)*.*

# ÁREA

Desarrollo de Software, electrónica, control, telecomunicaciones.

# MODALIDAD

Aplicación.

# TÍTULO

Sistemas de apoyo a agricultura de precisión para el control de suelos como apoyo a cultivos basado en IoT.

# TEMA

La motivación en el trabajo de investigación está basada en la necesidad de generar información nueva y relevante, acerca de estudios o indagaciones con respecto a la agricultura de precisión enfocada al control de suelos como principio de granjas inteligentes como base para la obtención de un producto de calidad con menos desperdicios de recursos hídricos, tomando como producto a obtener en este caso de ejemplo, el maíz. La agricultura de precisión es una técnica de agricultura que se enfoca en mejorar y optimizar el desarrollo agro y que se encuentra en muy pocos países

Estudios recientes demuestran que cada vez la demanda de alimentos nutritivos y de buena calidad a nivel agrario es cada vez más alta, y en ocasiones, enfermedades o malas prácticas agronómicas no permiten al agrónomo en sitio, satisfacer este tipo de demanda. (Bongiovanni, 2001)

Esta situación ha hecho que se desarrolle la agricultura de precisión, como herramienta para granjas inteligentes, la cual entrega una variedad de herramientas como redes de sensores que, en tiempo real, permiten monitorear el estado de sectores específicos con cultivos, calibrados acorde al tipo de suelo, cultivo y humedad relativa, entre otras variables físicas que pueden llegar a afectar la calidad del fruto o cultivo a obtener y entrelazarse en una red de nodos o enjambres de nodos.

En este proyecto se pretende realizar el análisis de parámetros de calidad de un cultivo de maíz, en una parcela con un área de 100 m2; con un suelo arcilloso limoso, al cual se pretende aplicar el sistema de red de sensores basado en tecnología LoRa, donde se hace uso de una red de riego y se tendrán en cuenta variables físicas, a las cuales se les realizará un análisis cuantitativo de los datos obtenidos desde los sensores y actuadores, además de implementar un sistema de comunicaciones funcional bajo la premisa de abordar grandes áreas de cobertura con muy baja potencia, denominado protocolo LoRaWAN.

El esquema de calidad para el seguimiento al cultivo se hace con el fin de que los agrónomos y/o agricultores en sitio y fuera de sitio, puedan monitorear y tomar una decisión más acertada, con base en la precisión del sistema, de cuando se deben regar las parcelas, realizar un proceso de abono, determinación de pH del suelo hasta saber cuándo es el intervalo con el mejor momento para cosechar su producto, en función del control de suelos del sitio, y contar con información del cultivo para su respectiva trazabilidad.

Teniendo en cuenta las necesidades de la región y con la idea de facilitar los procesos de siembra, riego y recolección de un producto sembrado en un área o parcela específica desarrollando granjas inteligentes, lo cual es un sistema de ayuda agropecuaria enfocada al Internet de las Cosas IoT, de bajo costo y sencilla operación para la creación de una red o enjambre de nodos que puedan optimizar la mayoría de las variables dentro del área de la agronomía.

El sistema se compone de una red de sensores implementados mediante el uso del protocolo LoRaWAN, de gran utilidad por su cobertura y uso de espectro en bandas ISM para implementar sistemas IoT. Este sistema está creado para ser implementado en zonas con topografía de difícil acceso para el uso de tractores o carretas al momento de cultivar o sembrar. El sistema de drenado será por desagüe por gravedad donde se hará uso de actuadores que serán controlados por electroválvulas, las cuales están asociadas al módulo encargado de riegos, con un nivel de referencia establecido por un sensor de temperatura, de pH y de humedad relativa del suelo, (o variables que sean necesarias medir) acorde a los parámetros establecidos por el modelo matemático de Penman-Monteith (-FAO, 2017); Se incluirá en el sistema la capacidad de conexión de la red de sensores al usuario final mediante una aplicación móvil conectada a la nube (*cloud computing*) caracterizándose cada nodo cómo un robot perteneciente al enjambre total de control y comunicación . Se tiene en cuenta una curva de productividad, la cual indica, con base en el modelo matemático cuándo es el intervalo de tiempo para la siembra y la posterior cosecha antes de que la tierra pierda propiedades y antes de que el producto pierda calidad o la madurez adecuada, por una tardía o temprana recolección. A continuación, se enlistan las variables que serán medidas:

* pH.
* Humedad Relativa del suelo.
* Temperatura.
* Presión barométrica, en caso de ser zonas con bastantes precipitaciones.
* Calidad de las hojas en el cultivo (si aplica).

Todas estas variables las obtiene el sistema con base en su arquitectura tecnológica, pero también se cuenta con una base de datos cuyo argumento está basado en la experiencia propia del agricultor, que conoce el campo y tiene técnicas empíricas las cuales, no se pueden predecir con mediciones a través de redes de sensores ni procesadores, ni tarjetas de adquisición de datos. Por lo anterior, este sistema se convierte en una herramienta que ayuda y sugiere al agricultor, cuando es momento de cosechar y cultivar.

**7. Implementación.**

El sistema se construirá interconectando los dispositivos y arreglos de dispositivos nombrados en el apartado inmediatamente anterior a este, en una parcela de 100 m2, donde se partirá del modelo de Penman-Monteith como punto de partida en la calibración de sensores y posteriormente actuadores, tomando las medidas del suelo en diferentes puntos del área para hacer una correlación de factores característicos del suelo y obtener un coeficiente de evapotranspiración ETP, coeficiente fundamental en el crecimiento del cultivo de maíz. Una vez se obtengan los valores del ETP del suelo se empieza a realizar el sistema de drenado de agua por gravedad, el cual hará el a su vez de canal para la optimización de riego. Posteriormente se hace el montaje de los actuadores de riego, los cuales actúan en función de los parámetros caracterizados en los sensores de lectura, es decir son controlados por los valores umbrales que se configuran en el algoritmo/código de programación basado en Arduino y subido al microcontrolador, el cual se conecta a una placa PCB previamente diseñada. Una vez configurados e implementados los módulos de lectura y control (que son la red de sensores y actuadores interconectados y funcionando en malla mediante dispositivos XBee configurados como dispositivos finales, coordinador y /o router) se enlazan con dispositivos de comunicación basados en el protocolo LoRa, es decir se implementa un Gateway LoRa para llevar la comunicación a un lugar remoto previamente establecido; el cual envía la información mediante la banda libre ISM con potencias muy pequeñas y se suben todos los datos adquiridos a un servidor configurado en la nube el cual es accesible mediante una aplicación bien sea web o móvil.

El esquema de recolección del producto se realiza en la escala del modelo sugerido por la FAO (FAO, FAO, 2018) donde la humedad varía entre un 37% – 38 % ,con un KC de 1.05, de esta forma mediante la comunicación establecida se envía una sugerencia mediante un mensaje desde la parcela de que la época de maduración ha empezado y es dedición del usuario final tomar la decisión, para cuando crea oportuno empezar la recolección.



## 8. Características del cultivo ejemplo, MAIZ:

* Zona radicular aproximada de 0.5 m
* Sistema de drenaje por gravedad
* Sistema de aspersores controlados de manera remota, automática o manual, mediante plataforma LoRa y LoRa WAN enfocado a IoT para una red de sensores.
* Se crea o diseña una distribución del agua del riego, como numero de aspersores y su capacidad (L/s).