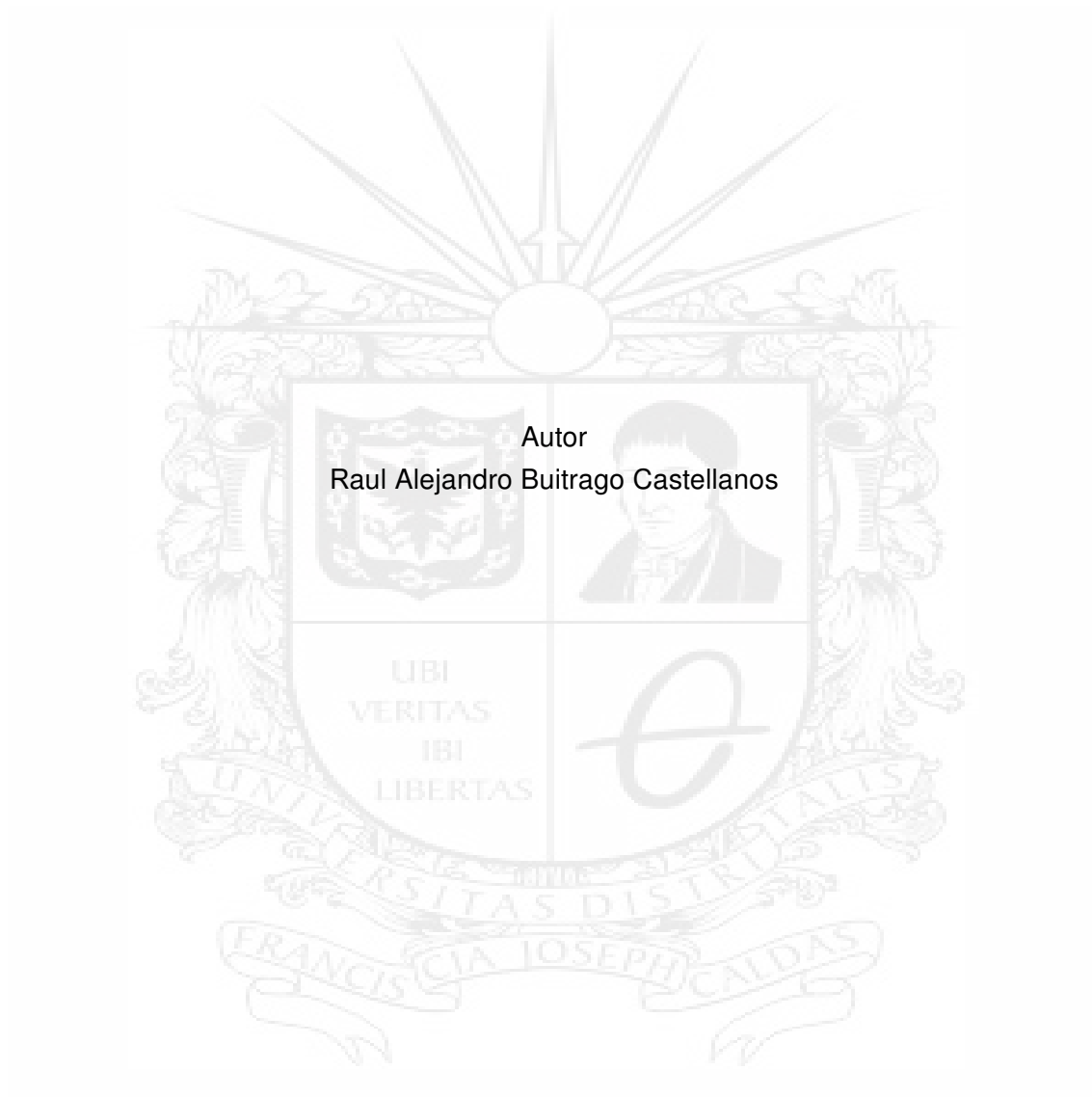


Aplicación móvil para el seguimiento y monitoreo remoto de cultivos



Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Énfasis en Ingeniería de Software
Bogotá, Colombia
Abril 2020

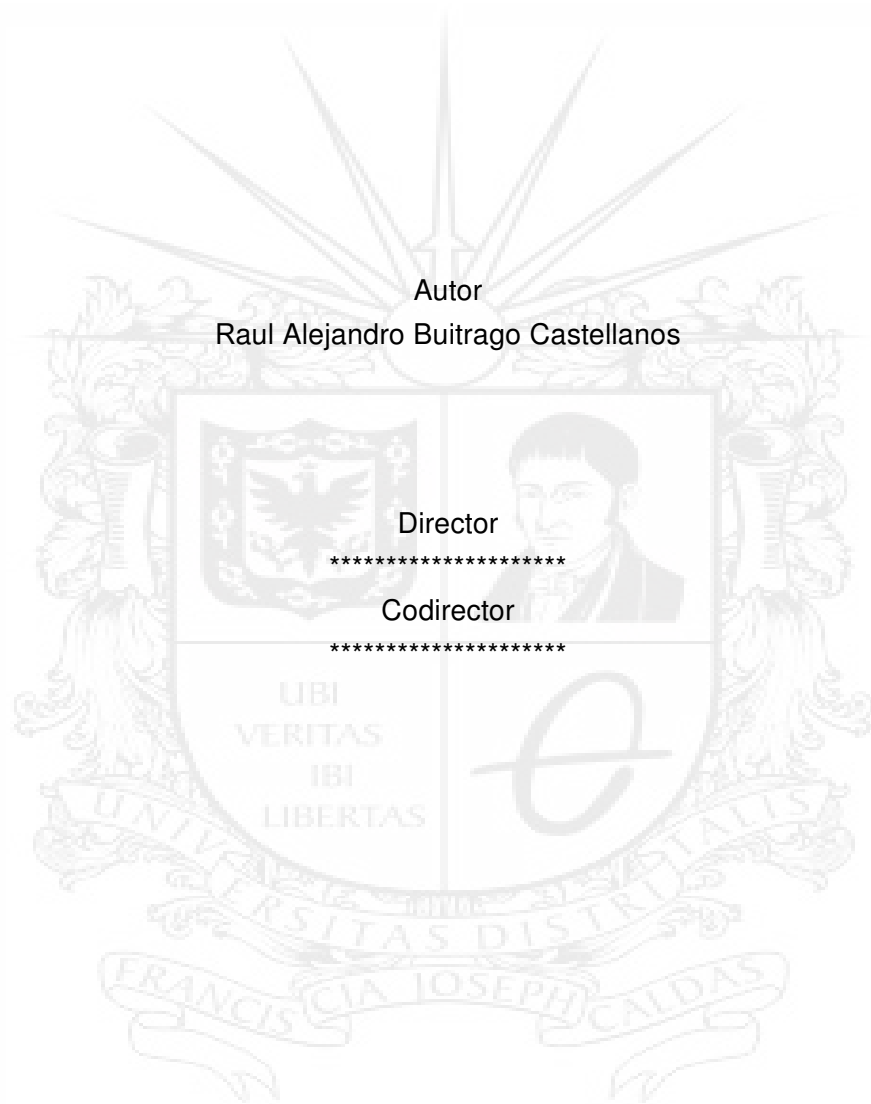
Aplicación móvil para el seguimiento y monitoreo remoto de cultivos

Autor

Raul Alejandro Buitrago Castellanos

Director

Codirector



Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Énfasis en Ingeniería de Software
Bogotá, Colombia
Abril 2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE	8
INTRODUCCIÓN	9
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2 FORMULACIÓN DE PREGUNTA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA	13
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 JUSTIFICACIÓN	15
3.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	15
3.2 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	15
3.3 JUSTIFICACIÓN PERSONAL	15
4 MARCO DE REFERENCIA	16
4.1 MARCO TEÓRICO	16
4.1.1 Internet de las cosas “ <i>Internet of Things (IoT)</i> ”	16
4.1.2 Hogares inteligentes “ <i>Smart Home</i> ”	16
4.1.3 Agricultura inteligente “ <i>Smart Agriculture</i> ”	17
4.1.4 Event Sourcing	17
4.1.5 Programación orientada a objetos	17
4.1.6 Programación Funcional Reactiva	17
4.1.7 Aplicaciones móviles multiplataforma	17
4.1.8 Aplicación web progresiva “ <i>Progressive Web Application (PWA)</i> ”	18
4.2 TRABAJOS RELACIONADOS	19
4.2.1 Proyecto de emprendimiento Lũa	19
4.2.2 IoT based Smart Agriculture	20
4.2.3 SensorKit Module	21
4.2.4 IOT Based Smart Agriculture Monitoring System	21
4.3 MARCO TEMPORAL	22

5	METODOLOGÍA	23
6	IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS	24
7	TIEMPOS Y RECURSOS	25
7.1	CRONOGRAMA	25
7.2	RECURSOS Y PRESUPUESTO	25
8	ALCANCE Y LIMITACIONES	26
8.1	ALCANCE	26
8.2	LIMITACIONES	26
	REFERENCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

1	Arquitectura de un ecosistema agrícola inteligente [1]	11
2	Algunas características físicas de los teléfonos inteligentes [2]	12
3	Diagrama interacción de los datos en aplicaciones <i>IoT</i> [3]	16
4	Diagrama de una aplicación móvil smart home [4]	16
5	<i>PWA</i> desde un punto de vista multiplataforma [5]	18
6	Capacidades vs alcance entre las aplicaciones <i>PWA</i> , nativas y web [6]	19
7	Vista del comportamiento de la iniciativa	19
8	Documentación del significado las expresiones del proyecto Lũa [7]	20
9	Modelo por nodos para el seguimiento y control de un cultivo [13]	20
10	Vista de detalle de la composición de los nodos	21

LISTA DE TABLAS

1	Cronograma	25
2	Recursos y presupuesto en valores de mil	25

RESUMEN

Este trabajo propone el diseño y la construcción de un prototipo software para el seguimiento remoto de cultivos; siendo este uno de los desafíos que diversos autores han planteado con referencia a la agricultura inteligente “*Smart Agriculture*” y la inclusión del internet de las cosas “*Internet of Things (IoT)*” en ella [1].

Teniendo en cuenta que inicialmente dicho producto de software estará dirigido a pequeños y medianos agricultores, se construirá teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilizar tecnologías portables y de fácil acceso,
- Ser una aplicación intuitiva y sencilla de utilizar,
- El montaje, instalación y uso no deben requerir una inversión fuerte a nivel de infraestructura, ni personal altamente especializado

La validación de este prototipo de software incluirá pruebas de usuario, propuestas de mejora, e ideas sobre posibles trabajos futuros que podrían contribuir al desarrollo de ecosistemas de agricultura inteligente.

PALABRAS CLAVE

Internet de las Cosas *“IoT”*, Agricultura inteligente *“Smart Agriculture”*, Arquitectura de software, Programación reactiva, Serverless, Event Sourcing, Aplicación híbrida, Aplicación web progresiva *“Progressive Web application (PWA)”*.

INTRODUCCIÓN

La agricultura ha tenido un papel fundamental en el desarrollo del hombre, la economía, y la sociedad. Según lo han registrado diversos autores a través de diferentes áreas del conocimiento.

Por ejemplo, Friedrich Engels resalta la evolución del ser humano desde su etapa primitiva ya que dicha evolución conlleva a cambios en los medios de producción; como es el caso de la agricultura y menciona que:

“El trabajo es la fuente de toda riqueza, afirman los especialistas en Economía política. *Lo es, en efecto, a la par que la naturaleza, proveedora de los materiales que él convierte en riqueza.* Pero el trabajo es muchísimo más que eso. Es la condición básica y fundamental de toda la vida humana.” [8]

Por ello es relevante no desconocer que el perfeccionamiento y evolución de la agricultura; no solo incide directamente en la economía y la calidad de vida, también contribuye al crecimiento de diferentes áreas tales como en la ciencia, industria, cultura entre otros. Un claro ejemplo de este fenómeno en un contexto histórico de gran importancia y trascendencia para la humanidad se puede constatar en la revolución industrial. [9]

Un siglo después a la reflexión de Engels, José María Figueres hace una comparación muy particular entre la agricultura, y la salud ya que *“no nos preocupamos por ella porque la gozamos”* [10] proponiendo la siguiente reflexión:

“Cuando comprendemos el desafío que significa duplicar la producción mundial de alimentos en los próximos 20 años y hacerlo sobre la misma base de recursos naturales que hoy disponemos, comprendemos un poco que podemos “perder la salud” si no invertimos lo suficiente en tecnología e infraestructura de producción.” [10]

En resumen de lo anterior, la evolución del ser humano ha sido acompañada por el uso de técnicas más sofisticadas y eficientes para afrontar los diversos desafíos en cuanto a la preservación y/o mejora en la calidad de vida.

Con la aparición de las nuevas tecnologías de información y comunicaciones, el internet de las cosas, el análisis y procesamiento de grandes volúmenes de datos; surgen diversos desafíos en diferentes áreas que están en permanente crecimiento y evolución, como es el caso de la agricultura donde nace el concepto de Agricultura Inteligente *“Smart Farming”*

o “*Smart Agriculture*” el cual busca acercar la industria, investigación y el desarrollo de soluciones tecnológicas con las necesidades de los profesionales en la industria agropecuaria. [11]

En resumen, la propuesta presentada en este documento esta enfocada en el diseño e implementación de una aplicación móvil para el seguimiento remoto de cultivos.

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La modernización tecnológica para la optimización de procesos agrícolas ha sido objeto de estudio en el transcurso de la historia, permitiendo el uso y adaptación de técnicas cada vez mas elaboradas. Tras la aparición del Internet de las Cosas *IoT* se han propuesto diseños de una arquitectura para un ecosistema agrícola como el que se encuentra en la figura 1, en el cual se evidencian algunas interacciones entre algunos componentes.

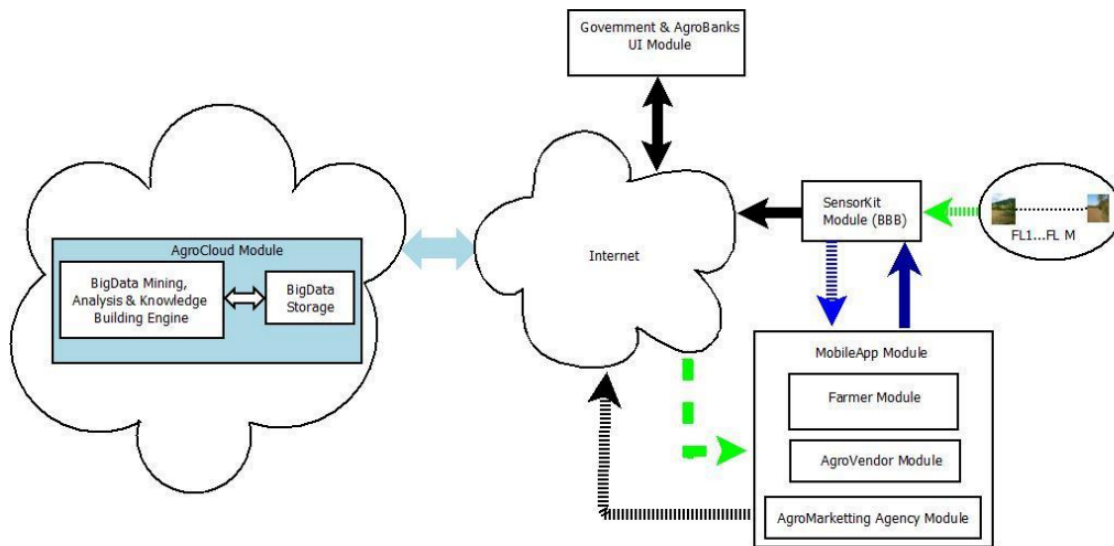


Figure 1: Arquitectura de un ecosistema agrícola inteligente [1]

Por otra parte hay trabajos que se centran en la captura de información en los cultivos, basándose en la adopción de los siguientes dispositivos:

- **Sensores** para el monitoreo y predicción de las condiciones ambientales, en los que se pueden destacar [12]:
 - **Basados en la ubicación** GPS para obtener datos de tipo espacial,
 - **Ópticos** para la realización de mediciones de luminosidad,
 - **Electro químicos**, para conocer el estado del suelo y el pH, entre otros
- **Sensores de red inalámbricos**, en múltiples nodos que contienen sensores cuya finalidad es cubrir un área específica [13].
- **Drones** para abarcar grandes extensiones de tierra de forma rápida, realizar tareas de fumigación, monitoreo, realización de mapas y captura de imágenes para su procesamiento [3].

Dichos dispositivos combinados con tecnologías como la raspberry proveen una interfaz de agrupamiento por nodos y un eventual acceso a internet, permitiendo hacer seguimiento y control eficiente de forma remota [13]; sin embargo existen otras tecnologías que al ser exploradas podrían aprovecharse para plantear alternativas más sencillas para realizar dicha labor.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al incorporar una variedad de características físicas como lo muestra la figura 2, los teléfonos inteligentes cambiaron su razón de ser para convertirse en dispositivos multipropósito [14] agregando nuevas funcionalidades, por ejemplo:



Figure 2: Algunas características físicas de los teléfonos inteligentes [2]

- Tomar fotos,
- Obtener la ubicación espacial,
- Enviar mensajes de texto,
- Jugar videojuegos,
- Ver vídeos,
- Conectarse a Internet, entre otros.

Todo lo anterior es posible debido al auge de las aplicaciones móviles las cuales ofrecen una gran cantidad de posibilidades y oportunidades de desarrollo; entre ellas la razón de ser del presente proyecto, ya que podría simplificar la captura de datos ambientales y contribuir a la creación de ecosistemas agrícolas como el presentado en la figura 1.

1.2 FORMULACIÓN DE PREGUNTA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA

¿Como contribuir al seguimiento y monitoreo remoto de cultivos a través de una aplicación móvil; aprovechando las ventajas y oportunidades que proporciona el paradigma del *Internet de las Cosas (IoT)*?

1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

PENDIENTE

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer, diseñar e implementar una aplicación móvil para la recolección de datos y monitoreo remoto de cultivos, utilizando el paradigma del Internet de las Cosas “IoT”.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el conjunto de tecnologías para desarrollar la aplicación,
- documentar el diseño de la solución y elaborar el prototipo de software,
- ejecutar y documentar las lecciones aprendidas a través de pruebas con usuarios finales,
- proponer mejoras a la aplicación y trabajos futuros.

3 JUSTIFICACIÓN

La modernización tecnológica y la búsqueda de formas mas eficientes para optimizar un proceso, en este caso agrícola; hace que las iniciativas como la presente tengan un impacto en múltiples contextos, por ejemplo:

3.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Esta es quizá la razón mas interesante de este proyecto, puesto que la agricultura es el pilar de la economía de varias naciones [13] y en caso que la ejecución de este proyecto tenga resultado muy positivo podría contribuir al mejoramiento de los procesos agrícolas y hacer aportes considerables a la economía.

3.2 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

A pesar que existen otros trabajos e iniciativas que son usadas para la recolección y monitoreo de la información ambiental asociada a cultivos, el uso de aplicaciones móviles en temas agrícolas no es una práctica muy explorada en la academia y la industria.

Teniendo en cuenta que este proyecto también busca utilizar dispositivos existentes en el mercado para la construcción de la solución, recortando la considerable brecha entre la academia y la industria.

3.3 JUSTIFICACIÓN PERSONAL

Identificar nuevas oportunidades de negocio y/o formas de mejorar procesos existentes mediante la combinación entre el Internet de las Cosas, el desarrollo de aplicaciones móviles y la programación reactiva.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Internet de las cosas “Internet of Things (IoT)”

Quizás la primera visión de un mundo conectado nace a partir de una analogía entre el mundo y un cerebro gigante; donde todas las cosas del mundo real están interactuando en armonía [15]. Posteriormente con el avance de la tecnología, y el uso masivo de dispositivos (cosas) conectados a Internet es pertinente afirmar que hay mas de ellos que el total de la población mundial [16] lo cual conlleva a nuevos desafíos y oportunidades. Por ejemplo la inclusión de dispositivos inteligentes (que no requieran supervisión humana) ejecutar ciertas actividades simples, conectarse con otros dispositivos y realizar tareas complejas [17] e inclusive para la construcción de ecosistemas colaborativos [16].

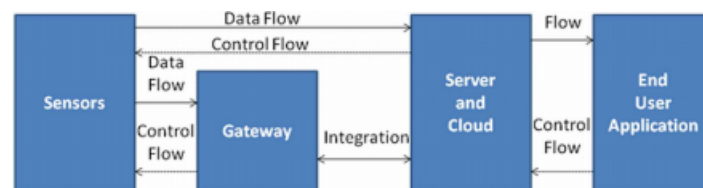


Figure 3: Diagrama interacción de los datos en aplicaciones IoT [3]

En el diagrama 3 se puede observar desde una forma intuitiva el flujo de los datos, hasta las interacciones con las capas de abstracción que comprenden una aplicación IoT básica.

4.1.2 Hogares inteligentes “Smart Home”

En un esfuerzo por tener un hogar más eficiente a través de la automatización de tareas básicas y/o repetitivas que permitan un mayor aprovechamiento del tiempo libre a los habitantes [4].

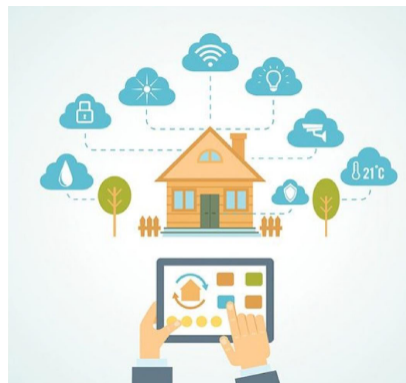


Figure 4: Diagrama de una aplicación móvil smart home [4]

Como lo muestra el diagrama 4 al conectar los dispositivos o sensores a internet, se podrían desarrollar componentes que permitan el control remoto del hogar por medio de aplicaciones móviles.

4.1.3 Agricultura inteligente “Smart Agriculture”

Es una tendencia en el desarrollo e implementación de tecnologías de la información y comunicaciones en el sector agrícola cuya finalidad es la modernización de los métodos tradicionales de agricultura, mediante el aprovechamiento de la automatización y las oportunidades que ofrece el *Internet de las Cosas* para optimizar el rendimiento de los cultivos [13], basándose en la inclusión de diversos dispositivos (sensores) que capturan la información ambiental para su respectivo análisis, procesamiento, y toma de decisiones [12].

4.1.4 Event Sourcing

Aunque hay autores que lo definen como una arquitectura y otros tan solo como un patrón; coinciden en que es una forma de desarrollar software orientada a eventos, la cual se centra en la ejecución de los eventos asociados a los cambios en el estado de una aplicación [18].

4.1.5 Programación orientada a objetos

Es un paradigma en el que la abstracción esta centrada en objetos, donde un objeto es la representación de algun elemento en la realidad o de la aplicación agrupando sus características, relaciones e interacciones con otros objetos [19].

4.1.6 Programación Funcional Reactiva

Teniendo en cuenta que la programación reactiva es una práctica que permite manipular secuencias de eventos y/o datos asíncronos [20]; y la programación funcional se basa el uso de funciones matemáticas soportándose en la declaración y uso de funciones determinísticas que no tienen efectos secundarios [19]. Por lo tanto la programación funcional reactiva permite hacerle tratamiento a secuencias de eventos y/o datos utilizando un punto de vista funcional [20].

4.1.7 Aplicaciones móviles multiplataforma

Al hablar de aplicaciones móviles multiplataforma se pueden identificar tres tendencias:

1. Soportada en tecnologías como Ionic o Phongap para crear aplicaciones móviles nativas a partir de la inyección de una aplicación web la cual se compone de Html5, Css y Javascript [21].
2. Basada en el uso frameworks como Xamarin, React Native, y Flutter para la escritura de aplicaciones multiplataforma, ya que compila a código nativo [22].
3. Utilizar aplicaciones web progresivas *PWA*.

4.1.8 Aplicación web progresiva “*Progressive Web Application (PWA)*”

Antes de abordar conceptos sobre *PWA* es necesario aclarar que **no es una PWA**; ya que según la literatura [23] una *PWA* no es:

- Un framework,
- una tecnología específica,
- un lenguaje de programación
- una aplicación nativa o híbrida.

Además una *PWA* agrupa conjunto de prácticas, técnicas y estrategias que le permiten a los desarrolladores web construir aplicaciones que brinden una experiencia de usuario similar a la que ofrecen las aplicaciones nativas [23].

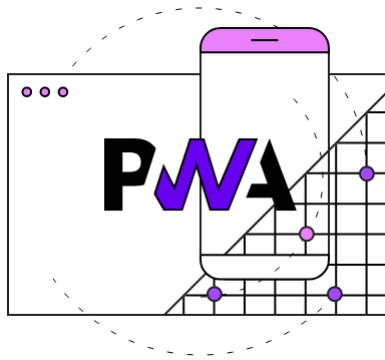


Figure 5: *PWA* desde un punto de vista multiplataforma [5]

. En una *PWA* a partir del mismo código fuente se pueden crear productos que interactúan desde una web, y desde una pseudo-aplicación muy similar a una aplicación nativa 5, para ello la documentación [24] sugiere que debe cumplir unas características particulares, entre ellas:

- Tener un diseño adaptativo a cualquier resolución de pantalla *responsive*,
- incluir service workers para la ejecución de tareas en segundo plano entre ellas las notificaciones push y la actualización [25],
- debe proveer información básica para su instalación como lo es la versión, el icono, y el nombre de la aplicación,
- y quizá la más importante y es no olvidar que así parezcan aplicaciones nativas, no dejan de ser una aplicación web cuyos límites son las funcionalidades que soportan los navegadores 6.

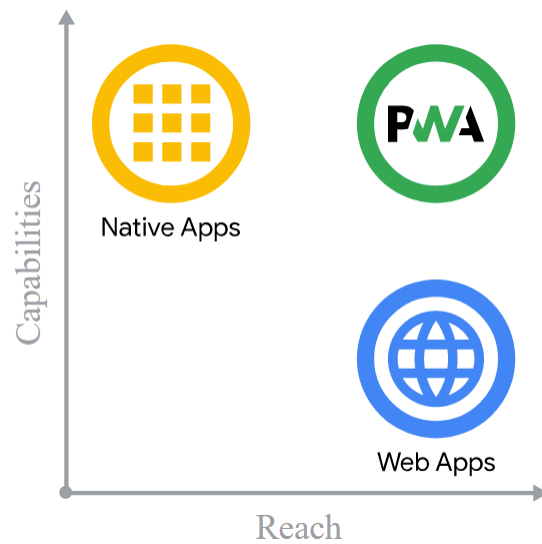


Figure 6: Capacidades vs alcance entre las aplicaciones PWA, nativas y web [6]

4.2 TRABAJOS RELACIONADOS

4.2.1 Proyecto de emprendimiento Lũa

Es una iniciativa de negocio basada en el cuidado de las plantas, en ella utilizan el Internet de las Cosas para humaniza la planta incluyendo una pantalla que puede mostrar diferentes expresiones emocionales a partir del procesamiento de la información obtenida a través de sensores que capturan la humedad, temperatura, movimiento y luminosidad [7].



Figure 7: Vista del comportamiento de la iniciativa [7]

La figura 7 contiene un vistazo de ese proyecto en operación, y permite inferir que:

- Para conocer el estado de la planta es necesario estar físicamente junto a ella,

- Dado que se basa en la presentación de expresiones que representan el estado de la planta, al ser tan intuitiva carece de precisión a pesar que este plenamente documentado 8.

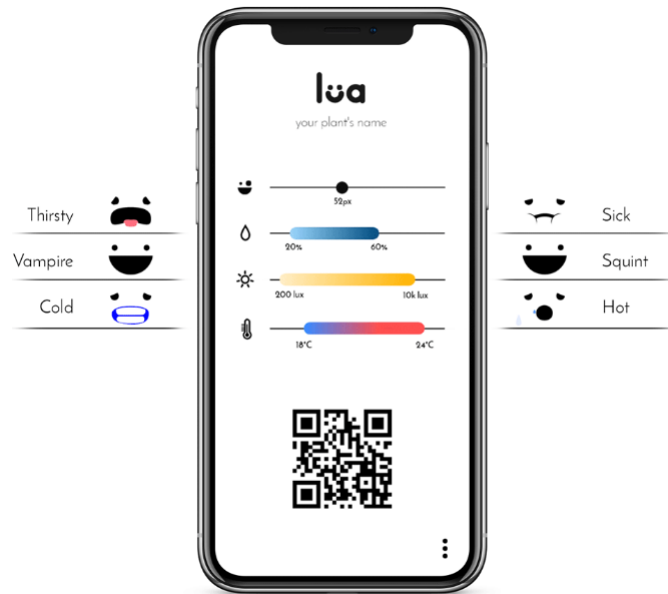


Figure 8: Documentación del significado las expresiones del proyecto Lúa [7]

4.2.2 IoT based Smart Agriculture

En esta iniciativa presenta un modelo por nodos para hacer seguimiento y control de las condiciones ambientales de un cultivo como se ve en la figura 9; encargadas de:

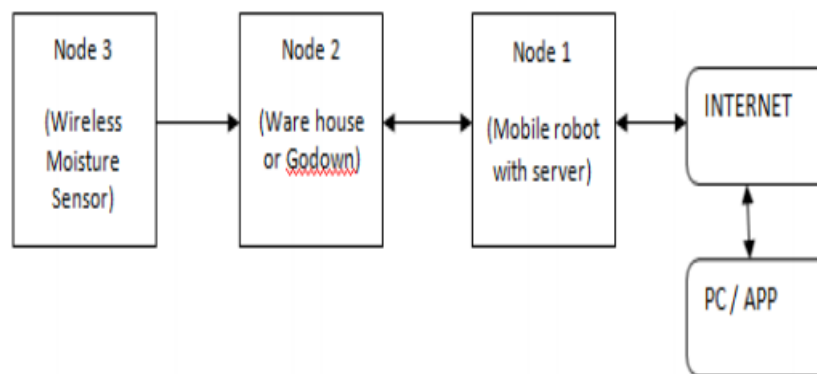


Figure 9: Modelo por nodos para el seguimiento y control de un cultivo [13]

- **Nodo de control de humedad**, encargado de recibir información ambiental en tiempo real y alterarla si se requiere, por ejemplo controlar la apertura y cierre de las válvulas de agua.

- **Nodo de sensores**, se encarga de recolectar la información que proveen los sensores de humedad y temperatura, y su envío al nodo de control de humedad.
- **Nodo del robot basado en coordenadas GPS** Es el encargado de la vigilancia del cultivo, puesto que esta equipado con una raspberry que esta conectada dispositivos como sirenas para repeler animales, sensores de movimiento y detección de obstáculos, además de una cámara que permite la vigilancia remota ya que este robot puede ser controlado a través de una conexión a Internet.

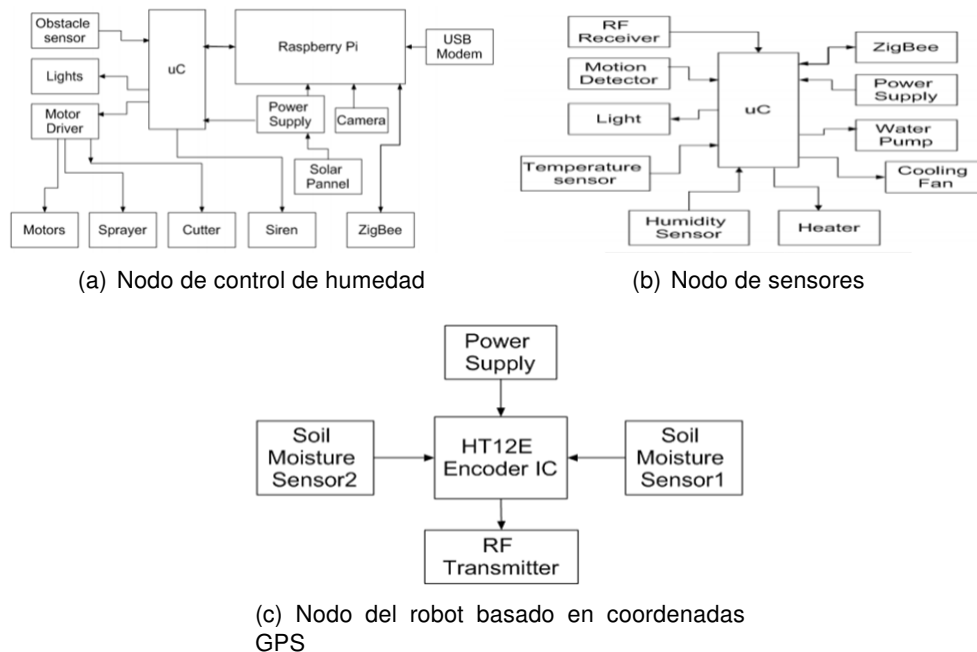


Figure 10: Vista de detalle de la composición de los nodos
[13]

La figura 10 contiene los diagramas correspondientes al diseño estructural de cada nodo en mención.

4.2.3 SensorKit Module

Hablar sobre una propuesta que implementaron en un artículo

4.2.4 IOT Based Smart Agriculture Monitoring System

Con respecto a este, como voy a mencionar directamente el trabajo realizado en un artículo, estoy pensando unirlo con los demás artículos y estructurarlos en una sola sección

4.3 MARCO TEMPORAL

El proyecto será desarrollado durante 6 meses a partir del mes de mayo hasta el mes de octubre del año 2020.

5 METODOLOGÍA

PENDIENTE

6 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS

DIMENSIÓN	ITEM COLCIENCIAS	ELEMENTO TANGIBLE
Generación de conocimiento	Producción Bibliográfica. Artículo.	Un (1) artículo de resultados del proyecto y lecciones aprendidas.
	Producción técnica y tecnológica.	Un (1) artículo que contenga el diseño de la solución.
Apropiación social del conocimiento.	Circulación de Conocimiento Especializado. Evento Científico.	Un (1) artículo de resultados del proyecto y lecciones aprendidas.

7 TIEMPOS Y RECURSOS

7.1 CRONOGRAMA

PENDIENTE

Etapa	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Etapa	Mes 1	Mes 2	Mes 3 adfadf adfadf asdfadfadf	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Etapa 1						
Etapa 2						
Etapa 3						
Etapa 4						

Tabla 1: Cronograma

7.2 RECURSOS Y PRESUPUESTO

PENDIENTE

ITEMS	Costo hora (COP)	Tiempo (Horas)	Total (COP)	Fuente financiación
Talento Humano				
Director	\$250	96	\$24.000	Universidad Distrital
Codirector	\$250	96	\$24.000	Universidad Distrital
Investigador	\$130	480	\$62.400	Estudiante
Equipo y materiales				
Libros y material bibliográfico			\$800	Universidad, Estudiante
Computador	\$0,5	500	\$250	Universidad, Estudiante
Software			0	
Otros Gastos				
Internet	0,8	350	\$280	Estudiante
Total			\$111.730	
Imprevistos (5%)			\$5587	
Costo Total			\$117.317	

Tabla 2: Recursos y presupuesto en valores de mil

8 ALCANCE Y LIMITACIONES

8.1 ALCANCE

Este proyecto pretende aportar una solución de software que se constituya como una fuente de datos confiable, importante y útil para la administración de cultivos en ambientes controlados. Por lo tanto es pertinente aclarar y resaltar que:

- En condiciones idóneas sería de gran valor tener todas las variables ambientales que interactúan directa e indirectamente sobre el objeto de estudio. Para este caso y teniendo en cuenta que tanto el rendimiento de la aplicación y los costos de infraestructura se podrían ver afectados considerablemente, se procesará únicamente la información que provea alguno de los dispositivos dedicados a esa labor y que estén disponibles en el mercado.
- No se hará ningún tipo de transformación, clasificación o tratamiento a los datos recolectados.

8.2 LIMITACIONES

Entre los diversos factores que pueden presentarse en el desarrollo y ejecución de una solución tecnológica; las siguientes son de gran relevancia y alto impacto para la ejecución de este proyecto, por lo tanto es necesario considerar:

- *La cobertura y velocidad del canal de comunicaciones*, dado que si falla o no funciona adecuadamente; el producto de software no tendrá el resultado y/o el impacto esperado.
- *La capacidad de almacenamiento y procesamiento los dispositivos es limitada*, por ello es pertinente aclarar que la recolección de datos se realizará de forma reactiva por lo tanto no será realizada en tiempo real (es decir cuando se detecte algún cambio por parte de los sensores).

REFERENCIAS

- [1] H. Channe, S. Kothari, and D. Kadam, "Multidisciplinary model for smart agriculture using internet-of-things (iot), sensors, cloud-computing, mobile-computing and big-data analysis," *Hemlata Channe et al, Int.J.Computer Technology and Applications*. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/e914/d431520f4cb60b9d80b123f7d43782c1aba8.pdf>
- [2] F. H. P. Fitzek and F. Reichert, *Mobile Phone Programming: and its Application to Wireless Networking*. Springer, 2007. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=jgEVcfOdQilC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [3] R. C. Poonia, X.-Z. Gao, L. Raja, S. Sharma, and S. Vyas, *Smart Farming Technologies for Sustainable Agricultural Development*. IGI Global, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=nG5IDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [4] M. Miller, *My Smart Home for Seniors*. AARP Real Possibilities, 2017. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=zqMoDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [5] "Progressive web apps," 2020. [Online]. Available: <https://web.dev/progressive-web-apps/>
- [6] S. Richard and P. LePage, "What are progressive web apps?" 2020. [Online]. Available: <https://web.dev/what-are-pwas/>
- [7] "Lua," 2019. [Online]. Available: <https://mu-design.lu/lua#lua-intro>
- [8] F. Engels, "El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre."
- [9] K. Educación, "La revolución industrial en inglaterra, fin del siglo xviii y principios del siglo xix," in *Historia Universal Siglo XVIII y XIX*, 2017.
- [10] J. M. Figueres, "Reinventando la agricultura en américa latina," *El papel de la tecnología en la reinención de la agricultura en América Latina*. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=5cEqAAAAYAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [11] A. Calatayud and R. Katz, *Cadena de Suministro 4.0, Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*. BID, Banco Interamericano de Desarrollo, 2009.
- [12] N. Suma, S. Rhea Samson, S. Saranya, G. Shanmugapriya, and R. Subhashri, "Iot based smart agriculture monitoring system," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/278f/384d0db82009073cde01d3588ac77e45986a.pdf>
- [13] N. Gondchawar and P. D. R. S. Kawitkar, "Iot based smart agriculture," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*. [Online]. Available: [http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-major-projects/ECE/BTech%20%20Major%20ECE%](http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-major-projects/ECE/BTech%20%20Major%20ECE%20)

20EMBEDDED%202016-17/Btech%20ECE%20Embedded%20Major%20BP%
202016-17/3.%20Automated%20Irrigation%20System%20In%20Agriculture.pdf

- [14] *From Cell Phones to VOIP*. Speedy Publishing, 2017. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=-g9CDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [15] N. Tesla, *Colliers Magazine*, 1926.
- [16] M. Kranz, *Internet of Things. Construye nuevos modelos de negocio*. Ediciones de la U, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=tqE0DwAAQBAJ&pg=PT73&dq=mas+dispositivos+conectados+a+internet+que+personas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjN6emD8-DoAhWOg-AKHUJbC-EQ6AEISjAE#v=onepage&q=mas%20dispositivos%20conectados%20a%20internet%20que%20personas&f=false>
- [17] G. Fortino and P. Trunfio, *Internet of Things Based on Smart Objects. Technology, Middleware and Applications*. Springer, 2019. [Online]. Available: https://books.google.com.co/books?id=G1pFAwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=internet+of+things&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjzWMWzvd_oAhUEZN8KHZDjBdMQ6AEINDAB#v=onepage&q=internet%20of%20things&f=false
- [18] M. Fowler, "Event sourcing," 2005. [Online]. Available: <https://martinfowler.com/eaDev/EventSourcing.html>
- [19] M. McBride, *Functional Programming in Python*. Axlesoft Ltd, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=PPXADwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [20] N. Singh, *Reactive Programming with Swift 4: Build asynchronous reactive applications with easy-to-maintain and clean code using RxSwift and Xcode 9*. Packt, 2018. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=ZOIODwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [21] E. Blasco Blanquer, *Desarrollo de Aplicaciones IOS con SWIFT*. Ra-Ma, 2016. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=Zo6fDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [22] R. Payne, *Beginning App Development with Flutter: Create Cross-Platform Mobile Apps*. Apress, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=Zo6fDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [23] D. Sheppard, *Beginning Progressive Web App Development: Creating a Native App Experience on the Web*. Apress, 2007. [Online]. Available: https://books.google.com.co/books?id=9_RADwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false
- [24] A. Russell, "Progressive web apps: Escaping tabs without losing our soul," 2015. [Online]. Available: <https://infrequently.org/2015/06/progressive-apps-escaping-tabs-without-losing-our-soul/>
- [25] M. Gaunt, "Introducción a los service workers," 2019. [Online]. Available: <https://developers.google.com/web/fundamentals/primers/service-workers?hl=es>