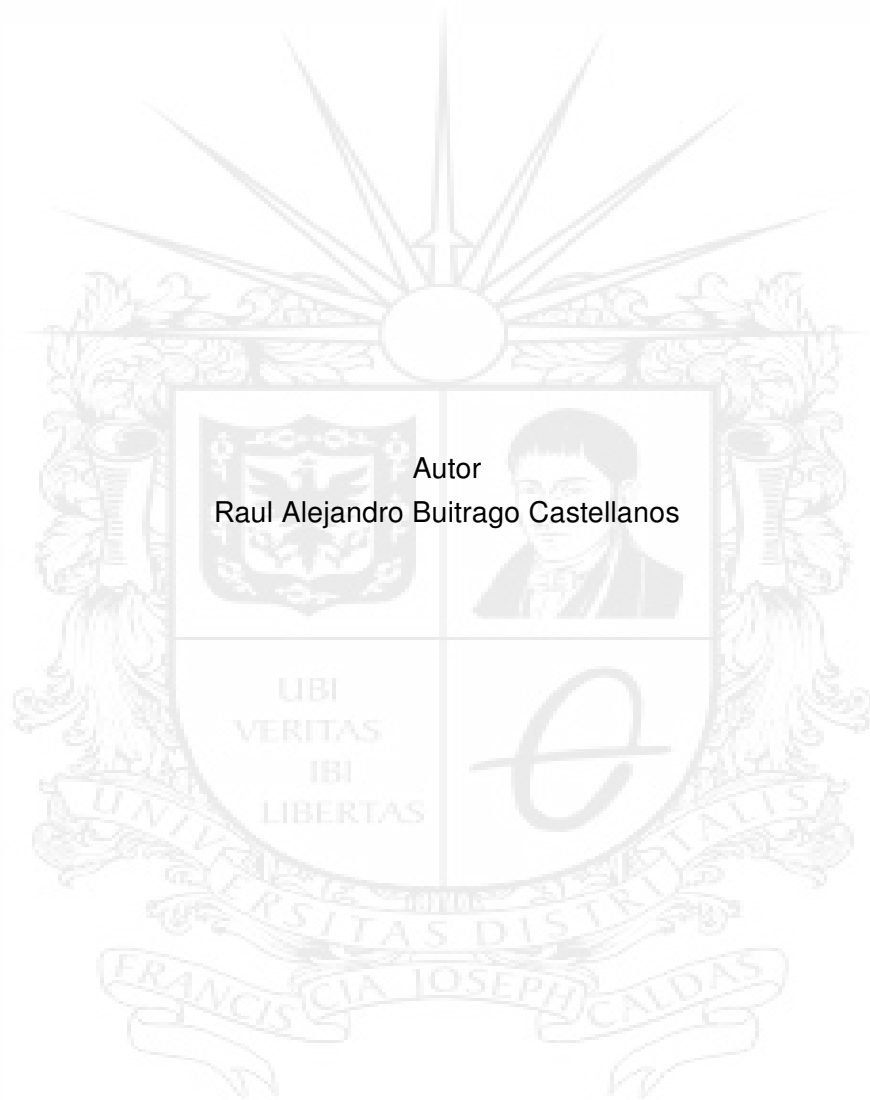


Aplicación móvil para el seguimiento remoto de las condiciones ambientales asociadas a
los cultivos agrícolas

Autor

Raul Alejandro Buitrago Castellanos



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 remoto de las condiciones ambientales asociadas a
los cultivos agrícolas

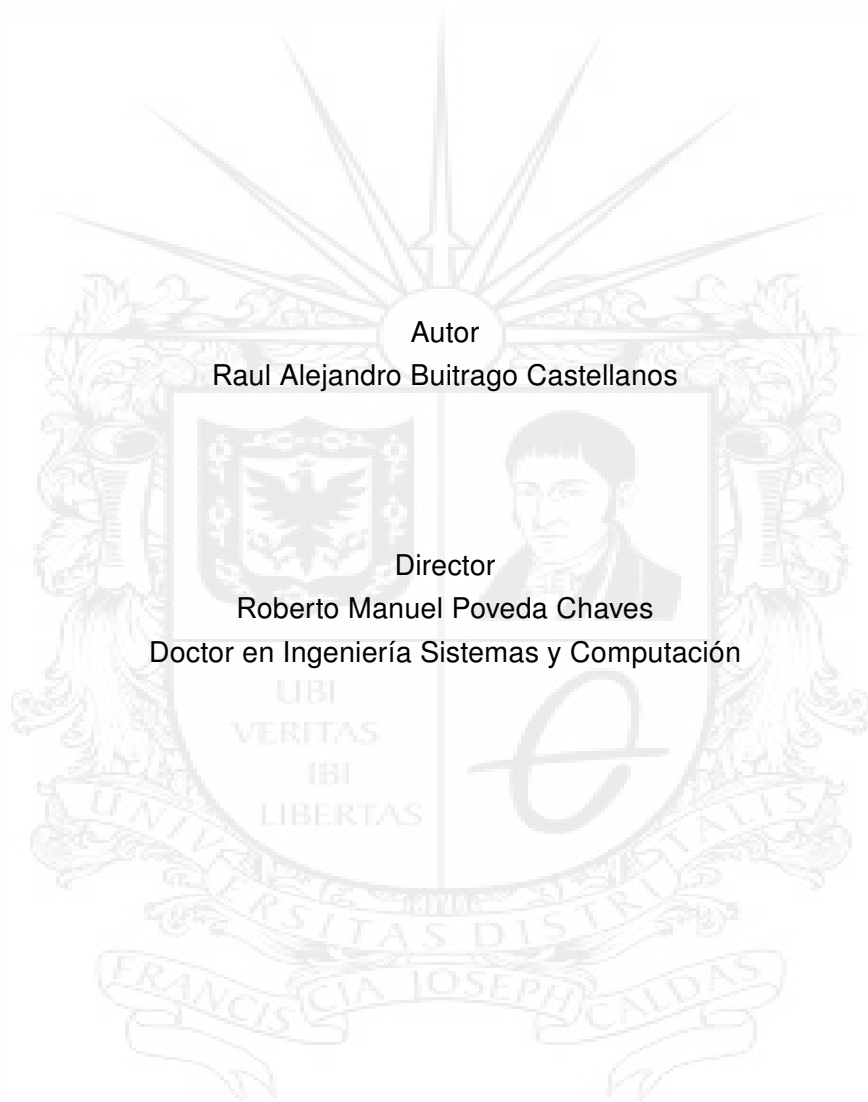
Autor

Raul Alejandro Buitrago Castellanos

Director

Roberto Manuel Poveda Chaves

Doctor en Ingeniería Sistemas y Computación



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	9
INTRODUCCIÓN	10
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
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
4.1.9 Raspberry Pi	19
4.2 ANTECEDENTES	19
4.2.1 Proyectos académicos	19
4.2.2 Proyectos comerciales	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	26
8	ALCANCE Y LIMITACIONES	27
8.1	ALCANCE	27
8.2	LIMITACIONES	27
	REFERENCIAS	28

LISTA DE FIGURAS

1	Arquitectura de un ecosistema agrícola inteligente [1]	11
2	Formas de comunicación de un teléfono inteligente [2]	12
3	Algunas características físicas de los teléfonos inteligentes [2]	12
4	Diagrama interacción de los datos en aplicaciones <i>IoT</i> [3]	16
5	Diagrama de una aplicación móvil smart home [4]	16
6	<i>PWA</i> desde un punto de vista multiplataforma [5]	18
7	Capacidades vs alcance entre las aplicaciones <i>PWA</i> , nativas y web [6]	19
8	Diseño del modelo de seguimiento basado en los nodos [7].	19
9	Diseño detallado del modulo para la recolección de datos ambientales [1]	20
10	Vista de la aplicación propuesta en [8]	20
11	Documentación del significado las expresiones del proyecto Lũa [9].	21
12	Ejemplos de expresiones que muestra Lũa [9].	21
13	Uso del dispositivo Xiaomy mi Plant [10].	22
14	Cronograma del actividades del proyecto de investigación	25

LISTA DE TABLAS

1	Metodología del proyecto de investigación	23
2	Impacto y resultados esperados del proyecto de investigación	24
3	Recursos y presupuesto del proyecto de investigación	26

RESUMEN

Este trabajo propone el diseño y la construcción del prototipo de una aplicación móvil para el seguimiento remoto de las condiciones ambientales asociadas a los cultivos agrícolas. El diseño del prototipo se basará en la combinación de las tendencias en el desarrollo de aplicaciones móviles, el Internet de las Cosas *Internet of Things IoT* y la computación en la nube *Cloud Computing* y la aplicación se validará por medio de la retroalimentación de usuarios finales.

El seguimiento de las condiciones ambientales asociadas a los cultivos agrícolas ha sido objeto de diversos trabajos académicos en los que se destacan los basados en la adopción de:

- El uso de **sensores** *Basados en la ubicación GPS* para obtener datos de tipo espacial, *ópticos* para realizar mediciones de luminosidad, *electroquímicos* para conocer el pH del suelo, y los *termicos* [8].
- El uso de **nodos** que contienen sensores **conectados a dispositivos** que permiten alterar las condiciones ambientales (como lo sería un sistema de riego) [7].
- **Drones** para abarcar grandes extensiones de tierra de forma rápida, realizar tareas de fumigación, monitoreo, realización de mapas y captura de imágenes [3].

En un enfoque comercial, también se registran varias iniciativas de emprendimiento en las que introducen aplicaciones móviles como lo son:

- **Lüa** se basa en reglas de inferencia procesa la información ambiental de una planta usando un conjunto de sensores ubicados en el recipiente contenedor (maceta) para representar amigablemente el estado de la misma. Por ejemplo si el sensor detecta que a la planta le falta agua, muestra expresión asociada es exhausta o sedienta [9].
- **Xiaomi My Plant** consiste en la integración de un dispositivo portable que contiene diferentes sensores, junto con una conexión **Bluetooth** para transmitir la información ambiental a un **teléfono inteligente** que se encuentre al alcance a través de una aplicación móvil [10].

De los trabajos consultados se puede concluir que aunque presentan puntos de vista, ideas, tecnologías e implementaciones que hacen aportes significativos, pero se evidencian ciertas limitaciones como lo son:

1. Reaccionan ante reglas de inferencia previamente definidas por ejemplo si el sensor detecta que a la planta le falta agua, entonces abrir el sistema de riego o mostrar una expresión que lo indica.
2. No tienen memoria por lo tanto se utiliza únicamente la información que detecta el sensor en un instante de tiempo.
3. Para conocer la información detectada por los sensores requiere la presencia física del observador, o en el mejor caso.

Finalmente al identificar las limitaciones de proyectos anteriores se pueden introducir las aplicaciones móviles como alternativa o complemento para las tareas de recolección y seguimiento de la información ambiental asociada a cultivos agrícolas.

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)*”, Drones, Raspberry, Bluetooth, Scrum.

INTRODUCCIÓN

La agricultura ha tenido un papel fundamental en el desarrollo del hombre, la economía, y la sociedad. 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.” [11]

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. [12]

Un siglo después a la reflexión de Engels, José María Figueres menciona que “*no nos preocupamos por ella porque la gozamos*” [13] al hacer una comparación muy particular entre la agricultura, y la salud ya que propone 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.” [13]

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. Por lo tanto el concepto de Agricultura Inteligente “*Smart Farming*” o “*Smart Agriculture*” derivado de la explotación de las tecnologías de la información y comunicaciones, el Internet de las Cosas, el análisis y procesamiento de grandes volúmenes de datos como lo sugieren los trabajos [3] [7] [8] enfocados al desarrollo de soluciones de ingeniería para abordar las necesidades de la industria agropecuaria.

En conclusión, la propuesta presentada en este documento esta enfocada en el diseño y construcción del prototipo de una aplicación móvil para el seguimiento remoto de las condiciones climáticas asociadas a los cultivos agrícolas.

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La modernización tecnológica para la optimización de procesos de agricultura ha sido objeto de estudio en el transcurso de la historia, permitiendo el uso y adaptación de técnicas cada vez mas elaboradas [14][7]. Trabajos recientes a través de la apropiación del Internet de las Cosas *IoT*, la computación en la nube *Cloud Computing*, la manipulación y análisis de grandes volúmenes de información, y el desarrollo de aplicaciones han llegado a proponer 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.

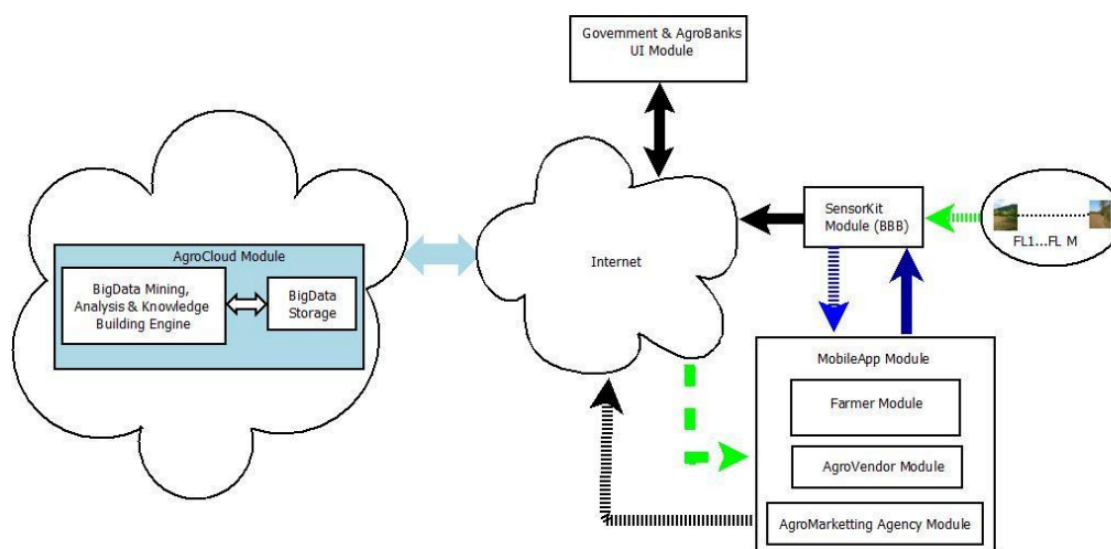


Figura 1: Arquitectura de un ecosistema agrícola inteligente [1]

Adicionalmente la evolución de las tecnologías, las aplicaciones móviles, los dispositivos, y los sistemas de comunicación lograron establecer canales multidireccionales para el tratamiento de la información, permitiendo que un mensaje recibido por un receptor pueda ser respondido al emisor, e interactuar con otros receptores [15] como lo muestra la figura 2. En este sentido, es factible la construcción de una aplicación móvil que interactue con sensores dedicados a la recolección, presentación e inclusive análisis de información ambiental asociada a cultivos agrícolas.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta el uso masivo de aplicaciones móviles y el uso de teléfonos inteligentes que poseen una variedad de características físicas como lo muestra la figura 3, los teléfonos inteligentes cambiaron su razón de ser para convertirse en dispositivos multipropósito [16] agregando nuevas funcionalidades, por ejemplo:

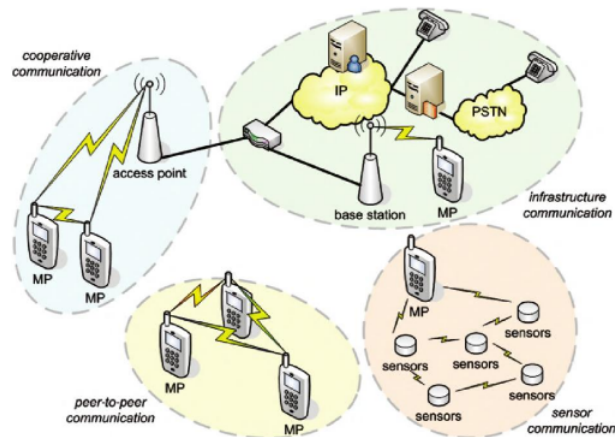


Figura 2: Formas de comunicación de un teléfono inteligente [2]



Figura 3: Algunas características físicas de los teléfonos inteligentes [2]

- Tomar fotos,
- Obtener la ubicación espacial,
- Enviar mensajes de texto,
- Jugar videojuegos,
- Ver vídeos,
- Compartir datos por el uso del **Bluetooth**,
- Conectarse a Internet, entre otros.

En este sentido, el uso de una aplicación móvil se convierte en una alternativa portable, de fácil acceso y uso para simplificar la recolección, presentación e incluso análisis de información ambiental asociada a cultivos agrícolas haciendo una contribución a la creación de ecosistemas agrícolas como el mencionado en la figura 1.

1.2 FORMULACIÓN DE PREGUNTA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA

¿Como construir el prototipo de una aplicación móvil para el seguimiento remoto de las condiciones ambientales asociadas a los cultivos agrícolas?

1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Qué conjunto de tecnologías y dispositivos se requieren para desarrollar la aplicación?
2. ¿Cuál es el diseño de la solución de software?
3. ¿Cómo elaborar el prototipo de la aplicación móvil?
4. ¿Cómo se validará el prototipo?
5. ¿Que e ideas sobre posibles trabajos futuros podrían contribuir al desarrollo de ecosistemas de agricultura inteligente por medio del uso de aplicaciones móviles?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar el prototipo de una aplicación móvil para el seguimiento remoto de las condiciones ambientales asociadas a los cultivos agrícolas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación.
- Documentar el diseño de la solución.
- Construir el prototipo funcional de la aplicación móvil.
- Validar la funcionalidad del prototipo con usuarios finales.
- Registrar las lecciones aprendidas, trabajos futuros y mejoras a la aplicación.

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 [7] 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 alternativas para la mejora procesos existentes mediante la combinación entre el Internet de las Cosas, el desarrollo de aplicaciones móviles, la computación en la nube 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 [17]. 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 [18] 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 [14] e inclusive para la construcción de ecosistemas colaborativos [18].

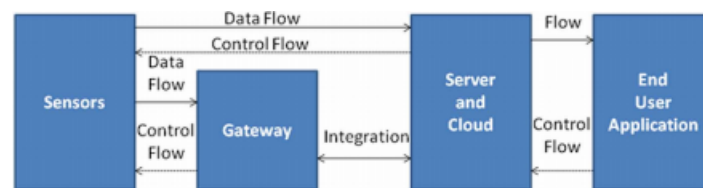


Figura 4: Diagrama interacción de los datos en aplicaciones IoT [3]

En el diagrama 4 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].



Figura 5: Diagrama de una aplicación móvil smart home [4]

Como lo muestra el diagrama 5 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 [7], basándose en la inclusión de diversos dispositivos (sensores) que capturan la información ambiental para su respectivo análisis, procesamiento, y toma de decisiones [8].

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 [19].

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 [20].

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 [21]; 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 [20]. Por lo tanto la programación funcional reactiva permite hacerle tratamiento a secuencias de eventos y/o datos utilizando un punto de vista funcional [21].

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 [22].
2. Basada en el uso frameworks como Xamarin, React Native, y Flutter para la escritura de aplicaciones multiplataforma, ya que compila a código nativo [23].
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 [24] 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 [24].

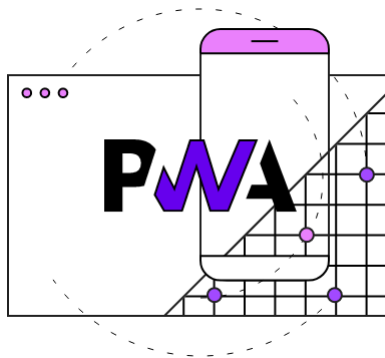


Figura 6: *PWA* desde un punto de vista multiplataforma [5]

. 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 6, para ello la documentación [25] 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 [26],
- 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 7.

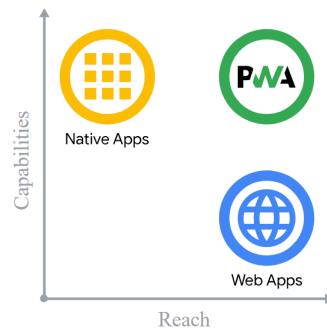


Figura 7: Capacidades vs alcance entre las aplicaciones PWA, nativas y web [6]

4.1.9 Raspberry Pi

En esencia un Raspberry Pi es un dispositivo que podría decirse es un ordenador de placa reducida (mini computador) de muy bajo costo al cual se le pueden dar diferentes usos y soporta múltiples lenguajes de programación como lo son Python, C, Ruby, Java y Pearl entre otros. Además cuenta con una serie de conectores que ofrecen compatibilidad con varios dispositivos, lo cual es muy popular entre la comunidad de desarrolladores de microcontroladores ya que ofrece una alta capacidad de procesamiento y su integración con otros dispositivos electrónicos es muy sencilla [27].

4.2 ANTECEDENTES

4.2.1 Proyectos académicos

1. **IoT based Smart Agriculture**, En este proyecto se presenta un modelo para hacer seguimiento y control de las condiciones ambientales de un cultivo utilizando nodos como se puede ver en la figura 8 encargados de:

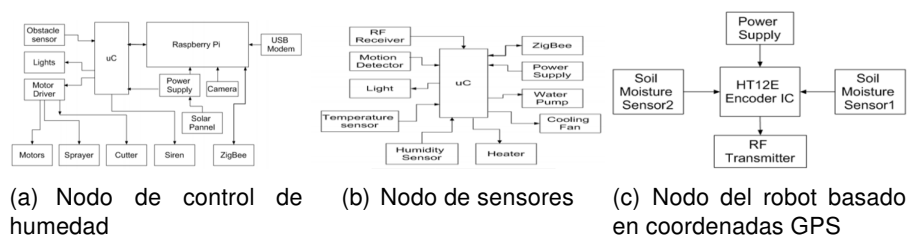


Figura 8: Diseño del modelo de seguimiento basado en los nodos [7].

- **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 Pi* 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.
2. **Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing and Big-Data Analysis**, En este proyecto se presenta el diseño de la arquitectura para un ecosistema agrícola como se muestra en la figura 1 y el uso de múltiples sensores conectados a un dispositivo **BeagleBone Black** (similar a una Raspberry Pi) encargado de consolidar y transmitir la información obtenida por los sensores a un repositorio de datos dedicado a analizar y procesar los datos para la toma de decisiones como lo muestra la figura 9.

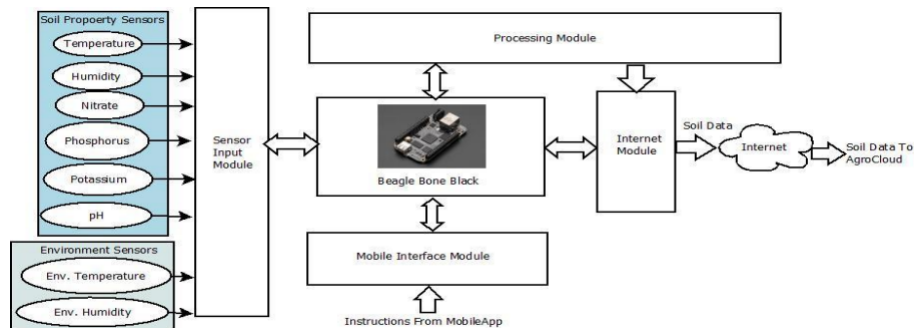


Figura 9: Diseño detallado del modulo para la recolección de datos ambientales [1]

3. **IOT Based Smart Agriculture Monitoring System**, En este proyecto se documenta el diseño de un micro-controlador encargado de recibir la señal de diferentes sensores por medio de la interfaz *RS-232* para enviar alertas al agricultor por medio de una aplicación móvil como se puede ver en la figura 10.

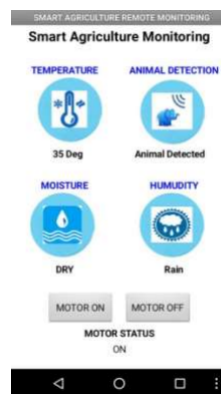


Figura 10: Vista de la aplicación propuesta en [8]

4.2.2 Proyectos comerciales

1. **Lüa**, Es una iniciativa de negocio basada en el cuidado de las plantas, en ella utilizan el Internet de las Cosas para humanizar la planta a partir de expresiones faciales predefinidas como se puede ver en 11 y se encuentran asociadas a la información obtenida a través de sensores que capturan la humedad, temperatura, movimiento y luminosidad [9].

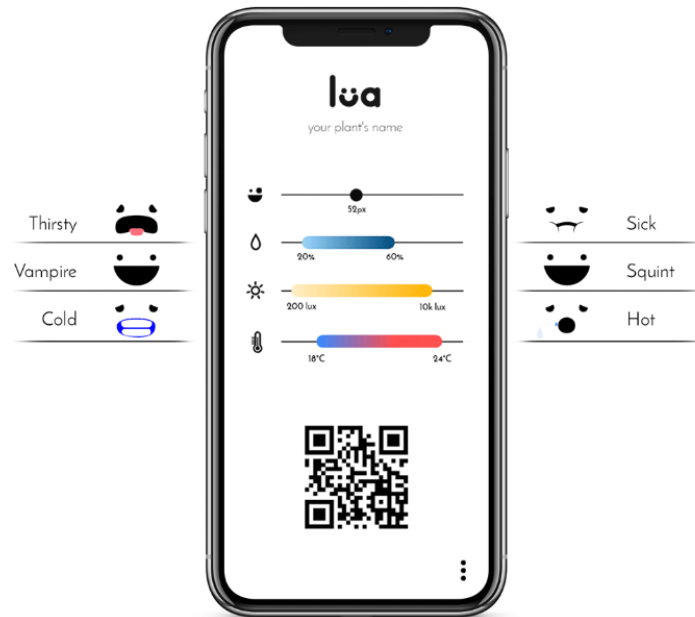


Figura 11: Documentación del significado las expresiones del proyecto Lüa [9].



Figura 12: Ejemplos de expresiones que muestra Lüa [9].

2. **Xiaomi Mi Plant**, Es una iniciativa de negocio basada en la creación de un único dispositivo portable de fácil acceso y uso como se puede ver en 13, el cual contiene múltiples sensores incorporados y transmite la información ambiental a un teléfono

inteligente por medio de una aplicación móvil utilizando el protocolo de comunicaciones **Bluetooth**.

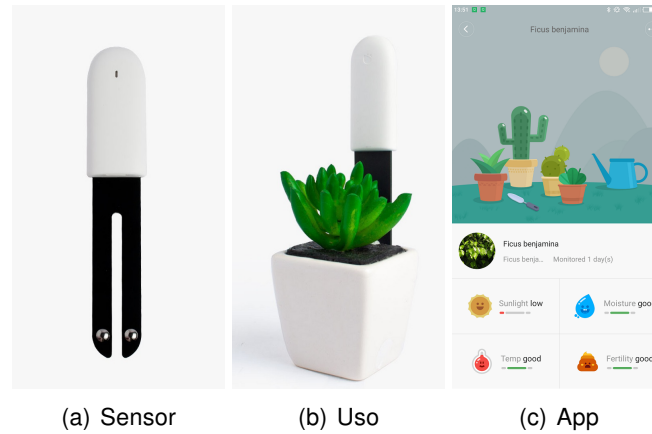


Figura 13: Uso del dispositivo Xiaomi mi Plant [10].

En ambos proyectos se puede evidenciar que se requiere la presencia física del agricultor o el interesado en los datos ambientales, ya que el alcance de *Lúa* está limitado al rango visual de la expresión, y el de *Xiaomi mi Plant* está limitado al alcance de la conexión bluetooth.

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

Fase	Método	Objetivo Específico	Actividades	Resultado
Contexto	Análisis de literatura	Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación	Revisión de los sensores disponibles en el mercado	Identificar las variables ambientales sobre las cuales se realizara la recolección de datos
Análisis	Análisis de literatura	Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación	Prueba de concepto	Determinar la infraestructura que respaldara el funcionamiento de la aplicación
Análisis	Análisis de literatura	Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación	Realización de pruebas de concepto	Determinar con qué tecnología se implementara el prototipo de la aplicación móvil
Análisis	Documentación lluvia de ideas (brainstorming)		Registrar todas las funcionalidades que podría tener la aplicación	Definir y priorizar las funcionalidades que constituyen el prototipo
Diseño	Documentación	Documentar el diseño de la solución	Definición de las componentes que constituyen la solución	Construir el diagrama de arquitectura de la solución
Implementación	Desarrollo	Construir el prototipo funcional de la aplicación móvil	Usar la metodología de desarrollo de software <i>Scrum</i> , realizando un proceso incremental por iteraciones	El prototipo con la implementación de funcionalidades definidas
Pruebas	Documentación	Validar la funcionalidad del prototipo con usuarios finales	Registrar las observaciones realizadas por los usuarios finales a través de una encuesta	Consolidar los resultados de las evaluaciones de los usuarios
Retroalimentación	Documentación	Registrar las lecciones aprendidas, trabajos futuros y mejoras a la aplicación	Documentar el resultado del proyecto de investigación	Registrar las lecciones aprendidas, trabajos futuros y mejoras a la aplicación

Tabla 1: Metodología del proyecto de investigación

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.

Tabla 2: Impacto y resultados esperados del proyecto de investigación

7 TIEMPOS Y RECURSOS

Las siguientes estimaciones de tiempos y costos están sujetas a ajustes puesto que corresponden a una estimación de alto nivel por lo tanto no se contemplan los imprevistos.

7.1 CRONOGRAMA

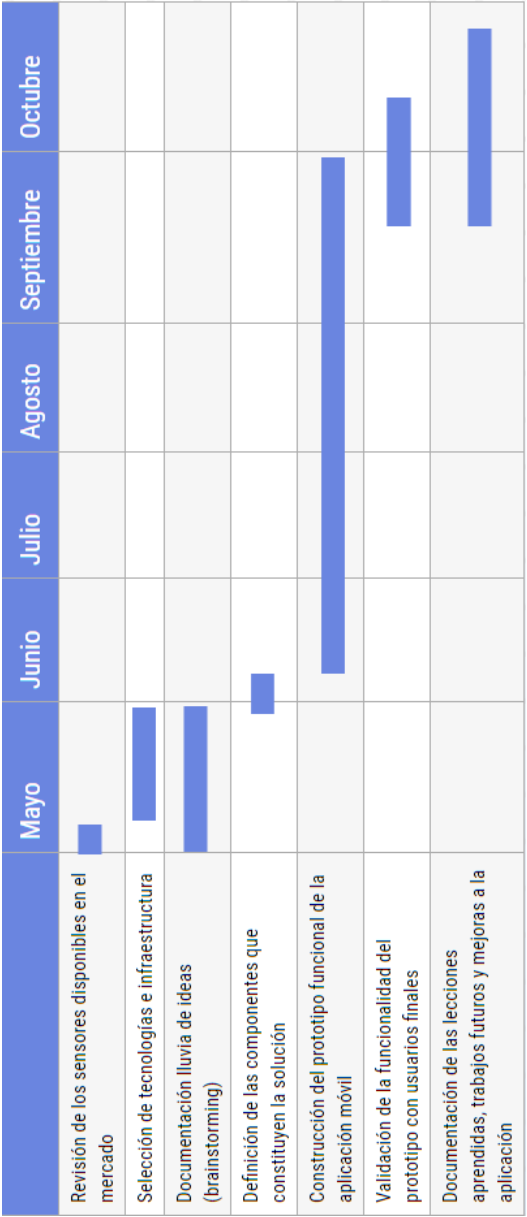


Figura 14: Cronograma del actividades del proyecto de investigación

7.2 RECURSOS Y PRESUPUESTO

Concepto	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Costo total concepto
Tutor	Horas	100	150000	15000000
Tesista	Horas	400	80000	32000000
Publicación	Publicación	1	2500000	2500000
Ponencia	Inscripción a evento / Vi-aje Ponencia	1	14000000	14200000
Equipo	Computador	1	2500000	2500000
Equipo	Teléfono in- teligente	1	1500000	1500000
Equipo	Sensores	5	45000	225000
Equipo	Tableta	1	450000	450000
Software	Contratación de provee- dores	1	3000000	3000000
Papelería	Impresión de documentos	10	50000	500000
Otros	Otros gastos			300000
			Costo total	72075000

Tabla 3: Recursos y presupuesto del proyecto de investigación en pesos colombianos COP

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 recolectará 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 análisis, clasificación o tratamiento a los datos recolectados ya que el prototipo se limita a la presentación de la información solo se realizarán las transformaciones respectivas para cumplir con ese fin.

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 no se guardarán registros en la memoria del dispositivo y la aplicación será compatible con los teléfonos que se determinen en la fase de diseño e implementación.

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] N. Gondchawar and 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%20EMBEDDED%202016-17/Btech%20ECE%20Embedded%20Major%20BP%202016-17/3.%20Automated%20Irrigation%20System%20In%20Agriculture.pdf>
- [8] 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>
- [9] "Lua," 2019. [Online]. Available: <https://mu-design.lu/lua#lua-intro>
- [10] "Xiaomi mi plant flowers." [Online]. Available: <https://xiaomiencasa.com/gadgets/domotica/xiaomi-mi-plant-flowers.html>
- [11] F. Engels, "El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre."
- [12] K. Educación, "La revolución industrial en inglaterra, fin del siglo xviii y principios del siglo xix," in *Historia Universal Siglo XVIII y XIX*, 2017.

- [13] J. M. Figueres, "Reinventando la agricultura en américa latina," *El papel de la tecnología en la reinvención de la agricultura en América Latina*. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=5cEqAAAAYAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [14] 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
- [15] J. Villar Rodríguez, *Gestión y planificación de redes sociales profesionales: Todo lo que debes saber para gestionar correctamente redes sociales corporativas*. Deusto, 2016.
- [16] *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>
- [17] N. Tesla, *Colliers Magazine*, 1926.
- [18] 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>
- [19] M. Fowler, "Event sourcing," 2005. [Online]. Available: <https://martinfowler.com/eaDev/EventSourcing.html>
- [20] 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>
- [21] 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>
- [22] 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>
- [23] 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>
- [24] 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

- [25] 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/>
- [26] M. Gaunt, “Introducción a los service workers,” 2019. [Online]. Available: <https://developers.google.com/web/fundamentals/primers/service-workers?hl=es>
- [27] E. López Aldea, *Raspberry Pi Fundamentos y Aplicaciones*. Ra-Ma, 2017.