



TREBALL FINAL DE MÀSTER



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Mauren Slendy Cárdenas Fontecha

Titulació: Màster en Disseny d'Experiència d'Usuari

Títol de Treball Final de Màster: Desarrollo de un prototipo funcional accesible, asociado a una tecnología tipo Smart Farming, en capa de usuario, aplicada a analfabetas digitales en una región de Colombia

Director/a: Afra Pascual Almenara

Codirector/a: Anyela Patricia Villamizar

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2024

Desarrollo de un prototipo funcional accesible, asociado a una tecnología tipo *Smart Farming*, en capa de usuario, aplicada a analfabetas digitales en una región de Colombia

Mauren Slendy Cárdenas Fontecha

Director (a):

Afra Pascual Almenara

Codirector (a):

Anyela Patricia Villamizar

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Maestría en Diseño de Experiencia de Usuario

Bogotá, Colombia

2024

Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Agradecimientos

A mi esposo, amigo y compañero *Leonardo Hernán Talero Sarmiento*, por confiar en mí, apoyarme, guiarme cada día y ayudarme a ser mejor persona, a mis hijos, German Ariel y Terry Leonardo, mi motor para no desfallecer, a mi familia, mi soporte, por ayudarme cuando más los necesito.

Gracias a mis amigos Juan David Márquez y a Juan Felipe Heredia por la ayuda y acompañamiento brindado a mí y mi familia durante este proceso.

Gracias a la profesora Afra Pascual mi mentora, mi maestra, mi ejemplo a seguir en los temas específicos de la experiencia de usuario, me ha enseñado muchas cosas que han sido de gran importancia para cambiar la manera como percibía el mundo.

Gracias a todas las personas que con su colaboración hicieron posible la culminación de este trabajo.

El esfuerzo de estos meses ha sido maratónico y retador, de la misma forma que satisfactorio y enriquecedor; los conocimientos adquiridos, nuevos compañeros y aprendizaje serán la recompensa de este arduo trabajo durante la maestría.

Cada uno de los tutores ha dejado en mí, grandes avances, al igual que el entusiasmo para seguir capacitándome en estos temas y de esta forma ser una excelente profesional y ahora magister.

Muchas gracias a la vida y a todas las bonitas personas que ha puesto en mi camino.

Resumen

El presente proyecto se centra en el análisis y modificación de una tecnología *Smart Farming* en fase de usuario, en una región de Colombia partiendo de las implicaciones que esto tendría con respecto a los agricultores, quienes son sus principales usuarios los cuales presentan algún tipo de discapacidad intelectual, principalmente el analfabetismo digital o analfabetismo funcional. Según cifras presentadas por el ministerio de educación de Colombia el mayor número de analfabetas, hombres y mujeres, del país se encuentra en las regiones rurales y en edades superiores a los 60 años, lo cual permite incluir en esta caracterización a los agricultores, en su mayoría hombres, quienes poseen vocación agrícola y formación empírica principalmente asociada a prácticas de agricultura, es a este tipo de usuario a quien le costará en gran medida adaptarse a las nuevas tecnologías que buscan sistematizar el campo, a menos que estas se adapten primero a sus necesidades especiales con respecto a sus conocimientos digitales. La implementación de tecnologías *Smart Farming* en Colombia, ha tomado lugar principalmente en grandes superficies de tierra, adoptadas bajo la supervisión de grandes agricultores, sin embargo, partiendo del actual Plan Nacional de Desarrollo y sus programas de tecnificación y automatización de la infraestructura agrícola en diferentes niveles, contempla la inclusión de pequeños y medianos agricultores. En este sentido y teniendo en cuenta el reto de la adopción de tecnología por parte de la población con analfabetismo digital en el campo, surge la importancia de que las mencionadas tecnologías sean accesibles para todas las personas que hagan parte de la mano de obra agrícola de Colombia.

Palabras claves: Agricultura inteligente, analfabetismo digital, agricultura, discapacidad, intelectual, prototipado y accesibilidad.

Abstract

This project focuses on the analysis and modification of one Smart Farming technology in the user phase, in a region of Colombia based on the implications that this would have with respect to farmers, who are its main users who present some type of disability. intellectual, mainly digital illiteracy or functional illiteracy. According to figures presented by the Ministry of Education of Colombia, the largest number of illiterate men and women in the country is found in rural regions and in ages over 60, which allows farmers to be included in this characterization, in their Mostly men, who have an agricultural vocation and empirical training mainly associated with agricultural practices, it is this type of user who will find it very difficult to adapt to the new technologies that seek to systematize the field, unless they are first adapted to their needs. special needs regarding their digital knowledge. The implementation of Smart Farming technologies in Colombia has taken place mainly in large areas of land, adopted under the supervision of large farmers, however, based on the current National Development Plan and its programs for the modernization and automation of agricultural infrastructure in different levels, contemplates the inclusion of small and medium farmers. In this sense, and taking into account the challenge of the adoption of technology by the population with digital illiteracy in the field, the importance arises that the mentioned technologies are accessible to all the people who are part of the agricultural workforce of Colombia.

Keywords: Smart farming, digital illiteracy, agriculture, intellectual disability, prototyping and accessibility.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Planteamiento del Problema	13
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Alcance	17
Marco Referencial.....	18
Marco Conceptual.....	18
Marco contextual	21
Diseño Metodológico.....	24
Caracterización de Criterios de Evaluación de Accesibilidad	27
Requisito: Adaptable.....	28
Requisito: Distinguible	29
Requisito: Tiempo Suficiente	32
Navegable	33
Requisito: Legible.....	35
Requisito: Predecible	37
Requisito: Asistencia de Entrada	38
Búsqueda de Herramientas	41
Lista de herramientas	41
Descripción de la herramienta seleccionada	44

Evaluación de Accesibilidad en Aplicación Móvil Para Riego De Cultivos.....	46
Análisis de cumplimiento de requisitos (Home).....	47
Adaptable	48
Distinguible.....	48
Tiempo suficiente.....	49
Navegable	49
Legible	49
Predecible.....	50
Asistencia de entrada	50
Análisis de cumplimiento de la pantalla Nodos sensor	50
Adaptable	51
Distinguible.....	51
Tiempo suficiente.....	52
Navegable	52
Legible	53
Predecible.....	53
Asistencia de entrada	53
Análisis de cumplimiento de requisitos (nodo sensor 1)	53
Adaptable	54
Distinguible.....	55
Tiempo suficiente.....	55
Navegable	55
Legible	56
Predecible.....	56

	8
Asistencia de entrada	56
Análisis de cumplimiento de requisitos (Variables atmosféricas).....	56
Adaptable	57
Distinguible.....	57
Tiempo suficiente.....	58
Navegable	58
Legible	58
Predecible.....	59
Asistencia de entrada	59
Análisis General.....	59
Prototipo.....	61
Conclusiones y Recomendaciones	67
Referencias Bibliográficas	71
Apéndices.....	81

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Inicio de la Aplicación Agroriego</i>	47
Figura 2 <i>Pantalla Nodos - Sensores de la Aplicación Agroriego</i>	51
Figura 3 <i>Pantalla Nodo Sensor 1 de la Aplicación Agroriego</i>	54
Figura 4 <i>Pantalla Variables Atmosféricas de la Aplicación Agroriego</i>	57
Figura 5 <i>Esquema Básico de Funciones</i>	62
Figura 6 <i>Estructura Base de la Pantalla de Información Climatológica</i>	62
Figura 7 <i>Esquema Básico de Colores Final Incluyendo Contraste de Letras Para Facilitar Lectura</i>	64
Figura 8 <i>Uso del Color Rojo Como Indicativo de No Regar</i>	64
Figura 9 <i>Uso del Color Verde Como Indicativo de Riego</i>	64
Figura 10 <i>Estructura Base de la Pantalla De Información Climatológica Simplificada</i>	65

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Prototipo Papel.pdf</i>	81
Apéndice B <i>Prototipo 2.pdf</i>	85
Apéndice C <i>Prototipo 3.pdf</i>	95
Apéndice D <i>Prototipo 4.pdf</i>	105
Apéndice E <i>Prototipo Horizontal.pdf</i>	115
Apéndice F <i>Ficha Técnica.pdf</i>	120

Introducción

Actualmente, Colombia se encuentra en un proceso de transición entre una agricultura principalmente basada en procesos manuales, empirismo y técnicas rudimentarias a una agricultura soportada por tecnologías que permiten optimizar la producción agrícola. Esta transición puede tener un impacto negativo que influya directamente con los agricultores, los cuales, según las encuestas realizadas en Colombia, son personas que tienen inconvenientes en actividades de lectoescritura, con bajo acceso a tecnologías, dispositivos inteligentes y sin experiencia en la manipulación de aplicaciones móviles o web. Estas personas representan la población objetivo que pretenden apoyar con la implementación de herramientas tecnológicas que soporten la producción agrícola en estrategias tecnificadas y no en estrategias tradicionales. (Mineducación, 2018)

Marco Springmann, director del proyecto “future of food” enfocado en la seguridad alimentaria establece que en el año 2050 existirá una menor proporción de tierra fértil y útil para la agricultura lo cual provocará una mayor necesidad de producción de alimentos. Actualmente la población mundial supera los 7600 millones de habitantes, y se espera que para el año 2030, dicha cantidad aumente en alrededor de 1000 millones, de acuerdo a estimaciones de la organización de las naciones unidas. Dicho crecimiento demográfico supone un reto para garantizar la alimentación a la vez que se optimizan los recursos disponibles para su producción y se conservan los recursos naturales asociados, y así preservar el medio ambiente y garantizar un producción limpia y sostenible.

En Colombia, la frontera agrícola comprende alrededor de 40 millones de hectáreas, de las cuales solo se utilizan aproximadamente 6 millones. Durante la crisis derivada de la pandemia de COVID-19, el sector agrícola fue uno de los principales pilares de la economía

nacional, contribuyendo con un 6.8% del PIB en el primer semestre de 2020 (Semana Rural, 2020). Por lo tanto, apostar por la implementación de tecnologías es crucial para fortalecer la resiliencia del sector agrícola frente a crisis globales.

Diversos organismos e instituciones de carácter nacional e internacional, incluyendo empresas privadas, multinacionales y ONG, han aceptado el reto de innovar en el campo colombiano. En este proceso, los principales actores asociados con la implementación e inserción de nuevas tecnologías en el campo deben ser los agricultores campesinos. Son ellos quienes deben adoptar completa y adecuadamente estas tecnologías, a pesar de ser la población con mayores dificultades en términos de habilidades y conocimientos tecnológicos, y con un alto índice de analfabetismo tecnológico.

Las aplicaciones móviles y web que se están desarrollando para la optimización de recursos en el agro colombiano deben cumplir con normas de usabilidad y accesibilidad. Es crucial considerar no solo las limitaciones físicas, motoras, de lenguaje, de aprendizaje, psicológicas y cognitivas, sino también cualquier limitación digital que presenten los usuarios, ya que es probable que muchos de ellos nunca hayan interactuado con una herramienta móvil o web.

Planteamiento del Problema

Actualmente, Colombia atraviesa un proceso de transición de una agricultura tradicional, caracterizada por procesos manuales, empirismo y técnicas rudimentarias, hacia una agricultura soportada por tecnologías avanzadas que buscan optimizar la producción. Este cambio presenta retos significativos para los agricultores, quienes, según encuestas realizadas en Colombia, frecuentemente enfrentan dificultades en actividades de lectoescritura y tienen limitado acceso a tecnologías y dispositivos inteligentes, además de carecer de experiencia en la manipulación de aplicaciones móviles o web (Mineducación, 2018). Estos agricultores son la población clave en la implementación de herramientas tecnológicas que buscan modernizar la producción agrícola mediante estrategias tecnificadas.

Según la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) desarrollada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el año 2018 registró una tasa de analfabetismo del 5.24%, lo que representa alrededor de 1,857,000 colombianos. Además, el censo nacional agropecuario de 2014 indicó que cerca del 12.6% de la población rural se encuentra en el grupo de analfabetos del país, y aproximadamente el 5.1% de la población mayor de 15 años presenta dificultades en actividades de lectoescritura, una situación que se agudiza en zonas rurales y entre mayores de 60 años (Mineducación, 2018).

Se identifican tres tipos principales de analfabetismo: el analfabetismo absoluto, que implica la incapacidad total para leer y escribir; el analfabetismo funcional, que considera una capacidad muy limitada para entender textos y números; y el analfabetismo tecnológico, que se refiere a la dificultad para manejar o adaptarse a nuevas tecnologías como dispositivos móviles, computadoras o cámaras digitales, así como a la utilización de internet y herramientas informáticas (Sectorial, 2021).

Dada esta situación, es crucial considerar al agricultor dentro del proceso de adopción de tecnologías móviles y web, o estrategias de tecnificación y automatización del campo. Los agricultores, como principales usuarios de estas herramientas, son fundamentales para que cualquier proyecto tecnológico genere los resultados esperados y contribuya óptimamente al desarrollo del campo y sus productores.

Por lo tanto, cualquier proyecto enfocado en la implementación de tecnologías que soporten o mejoren la productividad agrícola debe ser diseñado, desarrollado e implementado teniendo en cuenta las múltiples limitaciones que enfrentan los usuarios finales. En este sentido, y considerando que los principales tipos de analfabetismo en dichas zonas están relacionados con limitaciones digitales y de lectoescritura, las herramientas deben ser diseñadas de manera interactiva, fácil de comprender, intuitiva, inclusiva y accesible para la población objetivo.

Teniendo presente lo anteriormente mencionado, el presente proyecto plantea como preguntas orientadoras del trabajo ¿Cómo puede desarrollarse un prototipo funcional de tecnología Smart Farming, en capa de usuario, que sea accesible y adecuado para los agricultores con analfabetismo digital en una región específica de Colombia? y ¿cuáles son los efectos de su implementación en términos de usabilidad y aceptación por parte de este grupo objetivo? Esta pregunta de investigación busca abordar directamente los desafíos identificados en el análisis de las limitaciones digitales y educativas de los agricultores, integrando los estándares de accesibilidad de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del W3C. Además, se enfoca en evaluar la efectividad del prototipo desarrollado para asegurar que cumpla con las necesidades específicas de los usuarios finales, considerando las condiciones ambientales y sociales en las que operarán estas tecnologías.

Justificación

El desarrollo de este proyecto se inscribe dentro de la actual política de innovación tecnológica promovida por el gobierno colombiano, específicamente en el sector agrícola, con el objetivo de optimizar y aumentar la productividad agrícola a nivel nacional.(MinTic, 2022). El proyecto busca analizar el a manera de caso el despliegue de este tipo de tecnologías en usuarios agricultores que, según el DANE está conformado en su mayoría por personas con dificultades para realizar actividades de lectoescritura, con bajo acceso a tecnologías y dispositivos inteligentes y que no tienen experiencia en la manipulación de aplicaciones móviles o web (MinTic, 2022), lo cual implica un impedimento para permitir una adopción total, así como el apoyo adecuado a las labores que ellos vienen realizando de manera manual y empírica.

Así mismo, el proyecto se alinea con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con el ODS 1: Fin de la pobreza, busca reducir la proporción de personas que viven en la pobreza en todas sus dimensiones. En relación con el ODS 2: Hambre cero, pretende duplicar la productividad agrícola y los ingresos de pequeños productores. También aborda el ODS 4: Educación de calidad, aumentando las competencias en tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Además, se relaciona con el ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, promoviendo la modernización tecnológica y la innovación. Finalmente, se alinea con el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, facilitando el acceso de pequeñas industrias a servicios financieros (United Nations, 2015).

Colombia ha incluido entre sus objetivos estratégicos la implementación de tecnologías que permitan optimizar la productividad del sector agrícola, un componente clave para el desarrollo y sostenibilidad del país. El avance hacia la integración tecnológica es inminente y necesario. Existe una amplia base de documentación científica y técnica que aborda la situación

agrícola en Colombia, enfocándose en aspectos como la accesibilidad y la adopción tecnológica. El DANE ha proporcionado datos actualizados sobre el porcentaje de la población agrícola que enfrenta problemas de analfabetismo. Esta información subraya la necesidad de abordar cuestiones de accesibilidad y prepararse para el despliegue tecnológico, considerando que la mayoría de los agricultores en el país son personas nacidas y criadas en áreas rurales, con limitado acceso a la tecnología y, en muchos casos, mayores de sesenta años.

Por lo tanto, la decisión de enfocar este proyecto en la accesibilidad y usabilidad de las tecnologías Smart Farming en capa de usuario es fundamental para el éxito de la adopción tecnológica en Colombia. Este enfoque garantiza la inclusión de los agricultores con analfabetismo tecnológico, un grupo que representa un punto crítico para continuar el proceso de transformación y tecnificación del sector agrícola, considerando la inminente implementación de nuevas tecnologías que se espera en los próximos años. Este proyecto pretende, por tanto, servir como un puente vital entre la tradición y la modernidad, asegurando que el salto tecnológico sea inclusivo y beneficioso para todos los actores involucrados.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un prototipo funcional, accesible asociado a una tecnología tipo Smart Farming, en capa de Usuario aplicada en una región de Colombia con respecto a los agricultores analfabetas digitales.

Objetivos Específicos

Caracterizar criterios para evaluar la accesibilidad de tecnologías inteligentes en agricultura mediante una revisión de literatura científica.

Seleccionar una tecnología mediante una revisión en literatura gris, de empresas que implementen soluciones Smart Farming, en capa de usuario, en Colombia.

Evaluar la accesibilidad de la tecnología Smart Farming, en la capa de usuario seleccionada con respecto a los agricultores analfabetas funcionales.

Diseñar un prototipo funcional que contenga un conjunto de representaciones visuales asociadas con una tecnología Smart Farming, en capa de usuario para el apoyo de la accesibilidad de la misma.

Alcance

El alcance de la presente investigación será de tipo descriptivo, ya que la meta consiste en especificar las propiedades y características de un fenómeno sometido a análisis. Es decir, se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre conceptos o variables. Este tipo de estudio es útil para mostrar con precisión los ángulos y dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. Permitirá definir o, al menos, visualizar qué se medirá y sobre quiénes se recolectarán los datos.

Marco Referencial

El marco referencial proporciona una base teórica y contextual para comprender los conceptos y prácticas involucradas en la agricultura inteligente. Esta sección aborda los fundamentos conceptuales de la agricultura inteligente, sus componentes tecnológicos y los desafíos asociados a su adopción, así como el contexto específico de su implementación en el ámbito agrícola. Además, se examinan las herramientas y tecnologías actualmente en uso que facilitan la transición hacia prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. A continuación, se presentan los marcos conceptual y contextual que guían este proyecto.

Marco Conceptual

La agricultura inteligente o Smart Farming (Moysiadis et al., 2021) es una tendencia tecnológica que permite mejorar la productividad en los cultivos mediante la implementación de métodos científicos. Esto produce una mayor eficiencia en las técnicas de cultivo (Navarro et al., 2020). Se logra a través del uso de tecnologías avanzadas como sensores (Rajasekaran & Anandamurugan, 2019), drones (Ram Kumar et al., 2018), sistemas de información geográfica (GIS) (Lytos et al., 2020), y análisis de datos (Vandna & Bansal, 2020), que permiten un monitoreo y gestión precisos de los recursos agrícolas (Balafoutis et al., 2017; Kernecker et al., 2020). Al utilizar tecnologías de Smart Farming, se integra la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) en los procesos y producción de los cultivos, desarrollando, modificando y articulando procesos agrícolas más eficientes, confiables, modernos y seguros (Smart AKIS Smart Farming Thematic Network, 2022). No obstante, su adopción requiere una visión holística respecto a desafíos y barreras, integrando personas con sistemas y tecnologías (Talero-Sarmiento et al., 2023).

Desde el punto de vista del agricultor, se debe proporcionar un alto valor añadido al cultivo mediante herramientas de ayuda a la decisión o para una gestión más eficiente de sus explotaciones (Jakku et al., 2019) El Smart Farming está estrechamente relacionado con tres campos tecnológicos interconectados: agricultura de precisión, sistemas de gestión de la información y automatización agrícola y robótica. La agricultura de precisión permite la aplicación específica de insumos agrícolas (fertilizantes, pesticidas, agua) donde y cuando se necesitan, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental (Johansen et al., 2023). Los sistemas de gestión de la información recopilan, procesan y analizan datos para apoyar la toma de decisiones (Zhai et al., 2020), mientras que la automatización agrícola y la robótica introducen máquinas inteligentes que realizan tareas agrícolas con mayor eficiencia y menor intervención humana (Ghalazman E. et al., 2022).

Accesibilidad. La accesibilidad es un principio de la convención internacional sobre los derechos de las personas con discapacidad, que asegura la igualdad de oportunidades y el principio de la autonomía (W3C, 2022c) En el contexto de la agricultura, esto se traduce en el desarrollo de tecnologías y prácticas agrícolas inclusivas que permitan a todos los agricultores, independientemente de sus capacidades físicas o conocimientos técnicos, participar y beneficiarse de los avances en tecnologías Smart Farming.

Analfabetismo. “Se entiende por analfabetismo la incapacidad de una persona para leer y escribir. Surge como resultado de la falta de educación y, aunque el porcentaje de la población mundial en estas condiciones ha disminuido significativamente, todavía existen muchas comunidades con altos niveles de analfabetismo” (Gómez, 2022).

Analfabetismo funcional. Se refiere a personas que, habiendo aprendido a leer y escribir, han olvidado o no comprenden completamente ciertas habilidades (Mariño, 1993).

Analfabetismo digital o tecnológico. Describe a una persona que desconoce las nuevas tecnologías, lo cual le impide interactuar con ellas. Esto incluye la incapacidad para navegar en internet, acceder a contenido multimedia, socializar en redes sociales, crear documentos o discriminar información relevante (Viviana & Wilman-Santiago, 2022). Este tipo de analfabetismo es particularmente relevante en la agricultura inteligente, ya que limita la capacidad de los agricultores para adoptar y utilizar tecnologías avanzadas que podrían mejorar significativamente su productividad y sostenibilidad.

Agricultura 4.0. Permite tomar datos en tiempo real, generando acciones correctivas y de gestión automatizadas, garantizando los rangos requeridos según el tipo de producción agrícola (Klerkx et al., 2019; Rose & Chilvers, 2018). Se basa en la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas, inteligencia artificial y Big Data, proporcionando una plataforma para la toma de decisiones automatizada y optimizada en la gestión agrícola (Belaud et al., 2019).

Agricultura digital. Los agricultores utilizan dispositivos digitales para acceder a información agrícola personalizada y procesable en tiempo real (el País, 2020; Ingram et al., 2022; Ingram & Maye, 2020) Facilita la comunicación entre agricultores y expertos, permite el intercambio de conocimientos y mejores prácticas, y proporciona acceso a servicios de apoyo como pronósticos meteorológicos, precios de mercado y diagnósticos de plagas y enfermedades (Klerkx et al., 2019).

Habilidades digitales. Representan el conjunto de saberes relacionados con el uso de herramientas de comunicación, acceso, procesamiento y producción de información (Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, 2022). En el contexto de Smart Farming, incluyen la capacidad de utilizar aplicaciones de gestión agrícola, interpretar datos de sensores y sistemas de monitoreo, y operar equipos automatizados y robóticos,

esenciales para garantizar la sostenibilidad de la implementación de tecnologías de agricultura inteligente (Wan Mokhtar et al., 2022).

Marco contextual

En la actualidad, ya se están implementando algunas herramientas que permiten la migración hacia una agricultura inteligente. Entre ellas se destacan:

Los servicios en la nube (Cloud computing). Proveen servicios de almacenamiento para la gran cantidad de datos estructurados y no estructurados generados en las actividades agrícolas (Lambrinos, 2019). Estos servicios facilitan el acceso remoto a datos y aplicaciones, mejorando la toma de decisiones basada en información actualizada y precisa.

Drones y robots. Dispositivos autónomos que pueden realizar múltiples tareas agrícolas en menor tiempo, como el monitoreo de cultivos, la realización de tomas en tiempo real de los terrenos cultivados y la aplicación autónoma y precisa de fertilizantes y agua (Lottes et al., 2017). También permiten la aplicación selectiva de pesticidas y fertilizantes, reduciendo el uso excesivo y minimizando el impacto ambiental.

Inteligencia artificial (AI). Contribuye a la agricultura inteligente mediante robots para la cosecha, análisis de suelo para fortalecer cultivos y drones analíticos (Russell & Norvig, 2009; Smith, 2020). La AI se utiliza para predecir enfermedades y plagas, optimizar el calendario de siembra y cosecha, y mejorar la gestión de recursos mediante modelos predictivos (Awasthi, 2020).

Internet de las cosas (IoT). Utiliza sensores inteligentes para mejorar el monitoreo en tiempo real de las actividades agrícolas y la recolección de información valiosa, que se procesa con técnicas analíticas modernas y se almacena en la nube (Lambrinos, 2019; Nuamah & Seong,

2017). IoT permite la integración de múltiples dispositivos y sistemas, facilitando una gestión agrícola más coordinada y eficiente (Talavera et al., 2017).

Big data. Las técnicas analíticas de Big Data y la minería de datos convierten una gran cantidad de información no estructurada en datos utilizables que optimizan la productividad y la calidad de los productos (Tantalaki et al., 2019). El análisis de Big Data ayuda a identificar patrones y tendencias en los datos agrícolas, permitiendo una toma de decisiones más informada y precisa (Basava & Prasannakumar, 2018).

Minería de datos. Esta aproximación metodológica se utiliza para extraer conocimientos valiosos de grandes volúmenes de datos, identificando relaciones ocultas y proporcionando *insights* que mejoran la gestión agrícola (Mucherino et al., 2009).

Blockchain. Integrar este recurso en las cadenas de suministro de alimentos asegura la calidad de los productos, detecta contaminación y permite conocer el ciclo de vida de los productos mediante el escaneo de códigos QR. La implementación de Blockchain evita la falsificación de productos (Mohanta et al., 2021). Además, proporciona transparencia y trazabilidad en toda la cadena de suministro, mejorando la confianza del consumidor y la eficiencia operativa.

Las principales áreas de actividad agrícola en las cuales se aplican las técnicas y herramientas de la agricultura inteligente son:

Logística vehicular agrícola. Monitoreo de tractores y otros vehículos involucrados en las labores agrarias, optimizando rutas, seguimiento del uso de combustible y mantenimiento preventivo de la maquinaria.

Gestión de riego y cultivo de áreas agrícolas. Uso de sensores y sistemas de control automatizado para optimizar el uso del agua, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia hídrica.

Supervisión de ganado. El IoT permite el trazado de geocercas para mantener los animales dentro de los límites trazados, monitoreando su salud y comportamiento, detectando enfermedades tempranamente y optimizando la alimentación.

Gestión de cultivos interiores. Control de clima, luz y otros factores ambientales en invernaderos y pequeños cultivos para maximizar el rendimiento de los cultivos en entornos controlados.

Cultivo de peces. Aplicación de tecnología de smart farming en la acuicultura, monitoreando la calidad del agua, alimentación automatizada y seguimiento del crecimiento de los peces para mejorar la producción y sostenibilidad.

Silvicultura. Gestión sostenible de recursos forestales, monitoreo de biodiversidad y prevención de incendios forestales mediante tecnología.

Seguimiento del almacenamiento de agua y combustibles. Uso de sensores y sistemas de gestión para optimizar el uso y distribución de recursos críticos, reduciendo costos y mejorando la eficiencia operativa.

Diseño Metodológico

El trabajo de investigación que se plantea en este documento se basará en una metodología cualitativa, que es ideal para explorar áreas complejas donde las percepciones y experiencias humanas son cruciales (Tomaszewski et al., 2020). La principal fuente de información será la recolección y análisis de datos, los cuales no solo afinarán las preguntas de investigación, sino que también podrían revelar nuevos interrogantes durante el proceso de interpretación. Esta metodología es dinámica y adaptativa, permitiendo el desarrollo de preguntas e hipótesis antes, durante y después de la recolección y el análisis de los datos (Hernández Sampieri & Mendoza, 2018), lo cual es esencial para abordar la naturaleza evolutiva de los entornos tecnológicos en la agricultura (Dittrich et al., 2008).

La metodología contempla nueve fases que se relacionan entre sí (Hernández Sampieri & Mendoza, 2018); por medio de las cuales se dará cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados en el proyecto de investigación.

Fase 1: Idea

Fase 2: Planteamiento del problema

Fase 3: Inmersión inicial en el campo

Fase 4: Concepción del diseño del estudio

Las primeras cuatro fases se enfocarán en abordar el primer objetivo específico del proyecto: “Caracterizar metodologías para evaluar la accesibilidad de tecnologías inteligentes en agricultura mediante una revisión de literatura científica.” En estas fases, se obtendrá no solo claridad sobre el problema a resolver sino también sobre las metodologías existentes que facilitarán dicho resultado.

Fase 5: Definición de la muestra inicial del estudio y acceso a esta.

Fase 6: Recolección de los datos

Fase 7: Análisis de los datos.

Las fases cinco a siete permitirán profundizar en la realidad del tema de investigación.

Los datos en este proyecto se refieren al tipo de tecnologías Smart Farming actualmente implementadas en Colombia en la capa de usuario, lo cual abordará el segundo objetivo específico: “Seleccionar una tecnología mediante una revisión en literatura gris, de empresas que implementen soluciones Smart Farming, en capa de usuario, en Colombia.”

Fase 8: Interpretación de resultados

Fase 9: Elaboración del reporte de resultados

En las últimas dos fases, se analizará la información recogida para abordar el tercer y cuarto objetivo específico del estudio: “Evaluar la accesibilidad de la tecnología Smart Farming, en la capa de usuario seleccionada con respecto a los agricultores analfabetas funcionales.” Y “Diseñar un prototipo funcional que contenga un conjunto de representaciones visuales asociadas con una tecnología Smart Farming, en capa de usuario para el apoyo de la accesibilidad de esta.”

La selección de la metodología cualitativa para esta investigación es esencial para capturar de manera exhaustiva las dinámicas y necesidades específicas de los usuarios finales en el contexto de la agricultura inteligente. Si bien metodologías como Design Thinking (Stimmel, 2015), el desarrollo de Personas (Usability, 2020), o el Análisis de Escenarios (Alexander & Maiden, 2005) son reconocidas por fomentar la innovación y el diseño centrado en el usuario, el presente proyecto no busca desarrollar desde cero una herramienta, en vez de ello, iterativamente identificar un caso que pueda ser mejorado respecto a elementos de accesibilidad y que tenga presente a unos potenciales usuarios con características específicas. Si bien se seleccionó la metodología de Sampieri, estas actividades van de la mano con los ciclos de vida del diseño

(Langer, 2008) y se alinean con diferentes actividades identificadas en la literatura (Sharp et al., 2019).

Adicionalmente, a diferencia de otras metodologías que podrían requerir hipótesis o definiciones de usuario más rígidas desde el inicio, la metodología cualitativa ofrece la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios y complejidades inherentes al sector agrícola. Esto es crucial para entender las barreras culturales, sociales y tecnológicas que enfrentan los agricultores, especialmente en regiones donde el analfabetismo digital prevalece puede ser un elemento diferenciador.

Al igual que otras estrategias metodológicas enfocadas en potenciales usuarios como el diseño centrado en el usuario (Giacomin, 2014), la metodología cualitativa también incluye fases de inmersión inicial en el campo y análisis continuo de datos (en este caso no estructurados), lo cual es beneficioso para ajustar constantemente el enfoque del estudio a las realidades actuales de los usuarios.

Caracterización de Criterios de Evaluación de Accesibilidad

La evaluación de accesibilidad es un proceso crítico en el desarrollo de productos y aplicaciones, destinado a asegurar que estos sean completamente utilizables por personas con diversas discapacidades. Conforme a los estándares establecidos por el W3C (2021), este proceso incluye pruebas meticulosas que abarcan un amplio espectro de discapacidades, incluyendo físicas, intelectuales, mentales, psicosociales, sensoriales, auditivas, visuales, y múltiples. Además, en la era digital actual, el analfabetismo digital se reconoce como una discapacidad significativa, marcada por una falta de familiaridad con las nuevas tecnologías. Esta forma de discapacidad es particularmente prevalente entre individuos que no han crecido con la tecnología, especialmente notable en aquellos nacidos antes de los años sesenta, muchos de los cuales aún participan activamente en la fuerza laboral.

La importancia de realizar pruebas de accesibilidad radica en dos razones fundamentales. Primero, para satisfacer las necesidades específicas de este mercado diverso, asegurando que nadie quede excluido del uso de tecnologías esenciales. Segundo, para cumplir con las normativas legales vigentes; las leyes de accesibilidad son claras y su incumplimiento puede resultar en litigios significativos, ya que las agencias gubernamentales exigen estrictamente que los productos de TI cumplan con los estándares de accesibilidad.

Adicionalmente, la accesibilidad es una preocupación creciente para grupos sociales que históricamente han tenido un acceso limitado al desarrollo tecnológico. Estos grupos, como las personas de avanzada edad, pueden encontrar barreras significativas en el uso de herramientas digitales modernas. Por ello, es crucial que las soluciones tecnológicas diseñadas para estos grupos contemplen una usabilidad y accesibilidad especializadas. Estas consideraciones son

esenciales no solo desde una perspectiva de cumplimiento legal, sino también como un enfoque ético y de inclusión en el diseño tecnológico.

Los "criterios de éxito" en la accesibilidad cognitiva según los estándares W3C (2022a), enfatizan la necesidad de adaptar y optimizar las interfaces digitales para que sean comprensibles, navegables y operables para todos los usuarios, sin importar sus capacidades individuales. Este enfoque integral hacia la accesibilidad es fundamental para construir una sociedad digital que sea verdaderamente inclusiva. A continuación, se presentan los siete criterios.

Requisito: Adaptable

El primero requisito está contemplado en la Pauta 1.3 (W3, 2022a) y hace referencia a un diseño adaptable, el cual indica que el contenido que se crea debe poder ser presentado de diferentes maneras sin perder la información que este contenga. Un caso puntual debe ser, poder presentar el contenido con un diseño más simple o leído en voz alta, esto con el propósito de garantizar que todos los usuarios puedan percibir la información: esta situación se logra y garantiza cuando la información está disponible en una forma en que pueda ser asimilada por el software y pueda ser presentada de diferentes maneras, visual, táctil, audible, etc.

Adicionalmente, se deben cumplir ciertos criterios como:

1. La información y las relaciones implícitas en el formato deben permanecer cuando el formato de la presentación cambie, es decir, si se activa un lector de pantalla o se sustituye la hoja de estilo por una hoja propia del lector, la información y la relación con que esta venía debe ser la misma para que el contenido tenga sentido.

2. La secuencia significativa del contenido, el cual garantiza que se conserve el orden de lectura necesario para comprender el contenido mientras el usuario cambia las

alternativas de presentación de este; de no cumplirse lo anterior, se pueden generar confusiones o desorientar a los usuarios, ya que el contenido se leería en un orden incorrecto y sin sentido.

3. Las características sensoriales, las cuales proporcionan información adicional que aclare las instrucciones, por ejemplo, utilizando la forma y ubicación de los elementos en la página se puede lograr un mejor acceso a ellos, palabras como arriba y abajo permiten encontrar mejor la información, de igual manera se pueden dar indicaciones como “la tecla redonda” o “el botón con forma de flecha” lo cual permitirá que el usuario se sitúe más rápido y fácil en la información que necesita.

4. La orientación, la cual permite que el contenido se muestre de forma horizontal o vertical, según desee el usuario, sin cambiar el sentido de la información, algunos usuarios deben usar sus dispositivos en una posición fija, por este motivo debe poder acceder a la información en cualquiera de las dos orientaciones sin limitación.

5. Identificar el propósito de entrada; este hace referencia exclusiva a la información que debe ser ingresada por parte del usuario y a la facilidad que se le debe brindar para esta acción, etiquetas e instrucciones visibles que ayuden al usuario a entender qué información debe suministrar, de igual forma, declarar el tipo específico de dato esperado en un campo puede facilitar el llenado de formularios, el auto llenado o autocomplete de información es una gran ayuda para las personas que presentan problemas de memoria o lectoescritura, ya que permite que los campos sean completados automáticamente con información anteriormente proporcionada.

Requisito: Distinguible

El segundo requisito contempla la Pauta 1.4 (W3, 2022b) se enfoca en asegurar que el contenido sea distinguible, facilitando que los usuarios puedan ver y escuchar el contenido al

diferenciar claramente la información de primer plano de la de fondo. Esta pauta establece varios criterios esenciales para el éxito:

1. El uso del color debe asegurar que todos los usuarios videntes puedan identificar y separar la información transmitida mediante diferencias de color. Además, al proporcionar la información que se transmite con color a través de otro medio visual, se garantiza que pueda ser percibido por usuarios con discapacidades visuales. Sin embargo, el uso del color puede tener limitaciones, ya que hay usuarios que no perciben los colores correctamente o que usan dispositivos monocromáticos.

2. Control de sonido, que indica que tanto el sonido de fondo como el sonido de la lectura de contenido deben poder silenciarse. Esto es crucial para que, si la página presenta un sonido de fondo, este no interfiera con la lectura del contenido. Además, se debe poder ajustar el volumen por separado para que el usuario pueda recibir mejor la información.

3. El contraste (mínimo) asegura que entre el texto y el fondo exista suficiente diferencia en la escala de colores para ser legible por personas con visión moderadamente baja. Textos más grandes y con características anchas no requieren un contraste alto, facilitando el diseño de la página y permitiendo una mayor gama de colores posibles, especialmente con los títulos. Texto en 18 puntos o texto en negrita de 14 puntos se considera suficientemente grande para requerir un contraste más bajo.

4. El tamaño del texto, que puede variarse hasta un 200% sin perder contenido o funcionalidad, excepto en los subtítulos y textos de imágenes. Esto garantiza que el texto visualmente representado pueda ser escalado con éxito y leído por personas con discapacidad visual leve sin la necesidad de usar lupa de pantalla.

5. Imágenes de texto, que promueve el uso de texto en lugar de imágenes de texto, permitiendo al usuario modificar la fuente, el color, la disposición, el color de fondo, los interlineados o la alineación. Esto puede beneficiar a personas con baja visión o con discapacidades cognitivas que afectan la lectura.

6. El audio de fondo bajo o nulo garantiza que cualquier sonido que no sea de habla sea lo suficientemente bajo para no confundirse con el primer plano. Se seleccionó un valor de 20 dB basado en los sistemas de asistencia auditiva de área grande.

7. La presentación visual es crucial para personas con discapacidades cognitivas y visuales, ya que permite que los textos sean ajustables en tamaño, interlineado, color, contraste, entre otros. Para algunos usuarios puede resultar difícil leer largos renglones de texto, y, por lo tanto, deben poder modificar la lectura a bloques más angostos sin que estos pierdan la secuencia de la información. Las líneas no deben exceder los 80 caracteres, y también debe ser posible ajustar la distancia entre renglones tanto en espacio y medio como en espacio doble. Los textos completamente justificados presentan espacios irregulares entre palabras, lo que dificulta la lectura para algunos usuarios, por lo tanto, debe ser posible modificar la justificación de textos.

8. El reflujo permite que al aumentar el tamaño del texto este se redistribuya sin quedar oculto en algún lado de la pantalla, permitiendo así su lectura completa sin necesidad de desplazarse en dos direcciones.

9. El contraste sin texto permite que los usuarios con visión moderadamente baja puedan distinguir los componentes activos de la interfaz y los gráficos, de tal manera que, si se necesita alguno de estos para comprender el contenido o la funcionalidad de la página, sean lo suficientemente visibles.

10. El espaciado del texto se enfoca en la adaptabilidad del contenido a un aumento o reducción en el espaciado entre líneas, palabras, letras y párrafos, de tal forma que no se pierda información y que el contenido siga siendo legible y operable. Se establece una línea base mínima, lo cual permite que, incluso haciendo un cambio en la fuente, se pueda garantizar la lectura de manera efectiva.

11. El contenido al pasar el ratón o enfocar aborda los problemas de accesibilidad que se presentan cuando aparece o desaparece contenido adicional con el enfoque del teclado o el paso del puntero, ya que estas acciones pueden ocurrir por accidente o interferir con las tareas del usuario. Por lo tanto, al incluir esta función en las páginas, se debe garantizar que el usuario perciba el contenido adicional y que pueda descartarlo sin interrumpir su experiencia en la página. Dicho contenido adicional debe cumplir con tres condiciones: descartable, flotante y persistente.

Requisito: Tiempo Suficiente

El tercer requisito se basa en la Pauta 2.2 (W3, 2022c) la cual se centra en garantizar que los usuarios puedan realizar las tareas en una página web según sus propios tiempos. Esto es crucial ya que existen usuarios que requieren más tiempo para concentrarse, enfocarse, ver o leer para comprender adecuadamente algunas tareas. Esta pauta abarca varios criterios esenciales:

1. La temporización ajustable, que promueve el diseño de funciones que no dependan del tiempo. Esto es fundamental para la accesibilidad, especialmente para los usuarios que necesitan más tiempo para completar tareas. Además, se deben ofrecer opciones para deshabilitar límites de tiempo, personalizarlos o solicitar tiempo adicional. Cualquier proceso automático, como actualizaciones, cambios en el contenido o expiración de ventanas, así como cualquier contenido animado, en movimiento o desplazable, constituyen límites de tiempo.

2. La pausa, detener, u ocultar, que se refiere al contenido que se mueve o actualiza automáticamente. Este puede ser una barrera para cualquier persona, debido a limitaciones personales o porque simplemente actúa como distracción. Se ha determinado que cinco segundos es una duración de movimiento adecuada para ser percibida por el usuario sin causar distracciones. Por lo tanto, el contenido debe dejar de parpadear después de cinco segundos, y cualquier contenido en movimiento debe incluir un botón para pausar y reanudar.

3. Las interrupciones, que permiten que el usuario desactive las actualizaciones del servidor, excepto en casos de emergencia, como alertas o situaciones que comprometan la salud, seguridad o propiedad, incluida la pérdida de datos o conexión.

4. La re-autenticación, que facilita que los usuarios completen transacciones incluso cuando su tiempo haya expirado o la página esté cerrando sesión, sin perder los datos ya ingresados. Esto permite que, cuando la sesión se cierre completamente, el usuario pueda volver a iniciar y continuar en el proceso que estaba realizando, mejorando así la experiencia para personas con discapacidades cognitivas o motoras.

5. El tiempo de espera, que asegura que los usuarios estén informados por adelantado sobre los límites de tiempo definidos para realizar sus tareas. Esto permite a los usuarios saber, por ejemplo, cuál es la duración de inactividad permitida en una página. La mejor manera de cumplir este criterio de éxito es mantener los datos del usuario accesibles por al menos 20 horas.

Navegable

El cuarto requisito se centra en la pauta 2.4 (W3, 2022d) que tiene como objetivo garantizar que la página sea navegable. Esta capacidad es crucial para ayudar a los usuarios a encontrar contenido y determinar dónde se encuentran, facilitando así la navegación,

especialmente para personas con discapacidades. Para garantizar una navegación efectiva y orientación dentro del sitio, es indispensable que el usuario conozca en todo momento su ubicación y tenga información clara sobre los posibles destinos. Las características o comportamientos inusuales de la interfaz de usuario pueden confundir especialmente a personas con discapacidad cognitiva. Los principales objetivos de una buena navegación son informar al usuario sobre su ubicación actual y ayudarlo a trasladarse a otros lugares dentro de la aplicación o documento. Para cumplir efectivamente con esta pauta, se deben considerar los siguientes criterios:

1. Omitir bloques, que hace referencia al material que se repite a lo largo de las páginas web o aplicaciones. A medida que un usuario avanza en el contenido de la página, puede encontrarse repetidamente con marcos, títulos o enlaces. Permitir que se concentre más en el contenido central, generalmente ubicado en el centro de la página, facilita la navegación para personas con discapacidad, ya que disminuye la cantidad de información a la que deben acceder cada vez que avanzan en la página.

2. La página titulada, ayuda a los usuarios a ubicarse y encontrar contenido fácilmente, ya que cada página debe contar con un título descriptivo. Si la página es un documento o una aplicación, el nombre del documento o la aplicación puede ser suficiente para describir el propósito de la página.

3. El orden de enfoque, que asegura que el usuario pueda moverse a través del contenido siguiendo un orden lógico y que pueda operarse desde el teclado. El orden de enfoque no necesita ser idéntico al orden de lectura, siempre y cuando el usuario pueda operar la página efectivamente. Esto requiere considerar a todos los usuarios al diseñar una página web.

4. El propósito del enlace (en contexto), ayuda a los usuarios a anticiparse y comprender la función de cada enlace, permitiéndoles decidir si desean seguirlo o no. El texto del enlace debe ser lo más significativo posible, ya que este describe el propósito de este. Si el enlace lleva a un documento o una aplicación, el nombre de estos será suficiente para nombrar el enlace.

5. Las múltiples formas, permiten que el usuario ubique el contenido de la manera que considere más apropiada, ya que una técnica puede ser más fácil de usar que otra. Para un sitio con pocas páginas, donde todas están enlazadas desde la página de inicio, proporcionar enlaces desde y hacia la página de inicio también puede servir como un mapa del sitio.

6. Los encabezados y etiquetas, que ayudan a los usuarios a comprender la información contenida en la página. Los encabezados claros permiten que los usuarios encuentren rápidamente la información que buscan y reconozcan las diferentes partes del contenido. Las etiquetas descriptivas ayudan a identificar componentes específicos y no necesitan ser extensas, bastando con una palabra o un carácter que dé una pista adecuada para que el usuario entienda el contenido.

7. El foco visual, que ayuda al usuario a saber qué elemento tiene el foco del teclado. Este no debe estar limitado por el tiempo y debe ser permanente, facilitando la confianza en el teclado para navegar.

8. La ubicación, que permite que el usuario se oriente dentro de un conjunto de páginas, un sitio web o una aplicación. Esto es crucial para que el usuario no se confunda al seguir una serie de pasos o para que pueda ubicarse rápidamente si es nuevo en la página.

Requisito: Legible

El quinto requisito se basa en la Pauta 3.1 (W3, 2022e), la cual tiene como objetivo garantizar que la página sea legible tanto para los usuarios como para la tecnología de asistencia, asegurando que comprendan el contenido del texto. La legibilidad es crucial ya que la experiencia de lectura puede variar grandemente entre usuarios, siendo esta auditiva, táctil, visual, o una combinación de estas. Hay situaciones en las que un usuario no puede entender una palabra escrita, pero puede comprender un texto extenso cuando es leído por un asistente tecnológico o presentado mediante una ilustración. Aunque esto puede parecer un problema menor para algunos, representa un gran desafío de accesibilidad para personas con discapacidad. Es fundamental considerar el idioma y la orientación del texto para que sea comprensible por todos. Los criterios para asegurar una legibilidad completa incluyen:

1. Idioma de la página: Identificar el idioma asegura que los asistentes de lectura ofrezcan una pronunciación correcta y que el contenido sea más comprensible. Para los usuarios visuales, es útil que la página identifique claramente los idiomas utilizados para permitir el uso de asistentes de traducción.

2. El lenguaje de las partes: Complementa al anterior identificando si diferentes idiomas se usan en la página y permitiendo que sean reproducidos correctamente por los asistentes tecnológicos.

3. Las palabras inusuales: Algunas palabras o frases pueden necesitar una interpretación especial para ser entendidas. Esto es una barrera para aquellos que no conocen su significado. Por lo tanto, es necesario que la página incluya un glosario que explique cada una de estas palabras o frases.

4. Las abreviaturas: La página debe permitir que los usuarios accedan a la palabra completa cuando se presentan abreviaturas en el contenido.

5. El nivel de lectura: Este criterio garantiza que los textos estén redactados de manera clara y sencilla. La dificultad del texto se describe en términos del nivel educativo necesario para entenderlo, conforme a la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación de la UNESCO. Para las personas con discapacidad intelectual, un texto puede ser demasiado complejo; por tanto, debe existir una alternativa más sencilla o una explicación complementaria. Además, cuando una página contiene varios idiomas, también se debe asegurar una legibilidad de al menos el 5% del contenido en cada idioma.

Requisito: Predecible

El sexto requisito, Pauta 3.2 (W3, 2022f), enfatiza que la página debe ser predecible para el usuario, lo cual es vital para el comportamiento de los componentes funcionales e interactivos. Los lectores de pantalla presentan la información de forma secuencial, lo que puede dificultar la comprensión de las relaciones espaciales. Además, los usuarios con discapacidades cognitivas pueden desorientarse si el contenido aparece en lugares inconsistentes en diferentes páginas. Ubicar componentes repetidos en el mismo orden dentro de un conjunto de páginas permite a los usuarios concentrarse en un área específica de la pantalla en lugar de tener que descifrar cada nuevo texto o diseño. Los criterios para cumplir este requisito incluyen:

1. El enfoque: Asegura que la navegación por la página sea predecible. Cualquier componente que pueda desencadenar un evento debe evitar cambiar el contexto; el enfoque se puede controlar con el teclado o el ratón.

2. La entrada: Permite que los datos se ingresen de manera predecible. Cambiar la configuración de cualquier componente de la interfaz de usuario debería ser un cambio que persista más allá de la interacción del usuario en ese momento.

3. La navegación consistente: Asegura una presentación y un diseño consistentes para los usuarios que necesitan encontrar información específica repetidamente.
4. La identificación consistente: Se refiere a que los componentes funcionales que se repiten en un conjunto de páginas deben ser etiquetados de manera consistente para facilitar la navegación.
5. El cambio a pedido: Alienta a que los cambios de contexto en la página sean claros y anunciados previamente, evitando confusión y permitiendo al usuario prepararse para cualquier nueva información o cambios en la interfaz.

Requisito: Asistencia de Entrada

El séptimo requisito se centra en la Pauta 3.3 (W3, 2022g), que aborda la asistencia de entrada. Esta pauta es crucial porque, aunque cometer errores es parte de cualquier interacción, para las personas con discapacidades estos errores pueden ser más frecuentes y menos perceptibles. El objetivo de esta pauta es reducir la cantidad de errores graves o irreversibles que se puedan cometer, aumentar la probabilidad de que el usuario detecte un error y facilitar su corrección. Para cumplir completamente con esta pauta, se deben seguir varios criterios esenciales:

1. Identificación de errores: Esto garantiza que el usuario sea consciente de haber cometido un error, pudiendo identificarlo y entenderlo claramente. Por ello, el mensaje de error debe ser lo más específico posible. Simplemente volver a mostrar el formulario e indicar la casilla con el error puede no ser suficiente, especialmente para usuarios con discapacidades, quienes pueden no comprender lo que sucede si no se les explica claramente, llevándolos a pensar que la página no funciona.

2.

3. Las etiquetas o instrucciones: Estas permiten que los usuarios vean etiquetas claras que indiquen el tipo de dato de entrada que se espera. Cada elemento interactivo debe tener una etiqueta adecuada para que el usuario sepa qué está seleccionando. Este criterio busca proporcionar pistas útiles sin saturar la página con información excesiva.

4. La sugerencia de error: Busca garantizar que los usuarios reciban sugerencias adecuadas para corregir un error de entrada. Esta es una información crucial que debe ser clara para el usuario para que pueda realizar las correcciones necesarias, ya sea porque la información fue omitida o porque no cumplía con el formato requerido.

5. La prevención de errores (legales, financieros, de datos): Este criterio permite a los usuarios evitar consecuencias graves como resultado de un error al realizar una acción irreversible. Por ejemplo, en el caso de compras en línea no reembolsables o transacciones financieras erróneas que podrían tener consecuencias significativas. Proporcionar al usuario la capacidad de revertir acciones es esencial para permitir la corrección de errores que podrían tener consecuencias graves.

6. La ayuda: En algunos casos, las etiquetas por sí solas no son suficientes para describir completamente la funcionalidad de un elemento de la página. Por esta razón, se hace necesario proporcionar ayuda contextual para que el usuario pueda entender mejor cómo funcionan y qué acciones se espera que realice. Esta asistencia debe ser fácilmente accesible y obvia para el usuario, disponible siempre que la necesite.

7. La prevención de errores (todos): A diferencia del criterio que menciona la prevención de errores legales, financieros y de datos, este se refiere a la validación de todos los formularios antes de ser enviados para evitar cualquier tipo de error irreversible. Esto incluye

desde errores tipográficos hasta errores en la entrada de datos que podrían afectar el resultado o la efectividad de una transacción o interacción.

Búsqueda de Herramientas

La selección de herramientas adecuadas para la implementación en prácticas de agricultura inteligente implica un examen meticuloso de la literatura gris y recursos en línea, con énfasis en fuentes colombianas reconocidas. Esta búsqueda se orienta principalmente a identificar desarrollos tecnológicos dentro de los dominios de (FAO, 2018; Food and Agriculture Organization - FAO, 2016):

- Agricultura Inteligente - Smart Farming
- Agricultura Electrónica – e-agriculture
- Agricultura Digital – Digital Agriculture
- Agricultura 4.0 – Agriculture 4.0

Lista de herramientas

Una vez identificadas diferentes noticias, se hizo especial énfasis en buscar soluciones tecnológicas que implementaran una capa de usuario acorde al framework propuesto por Talavera et al., para la revista *Computers and Electronics in Agriculture* (2017). Se resalta además que, como criterio de selección se consideraron herramientas que no sólo usaran sensores como en el caso de agricultura de precisión (Lambrinos, 2019; Reddy, 2017), en vez de ello, se seleccionaron tecnologías que sean parte integral de sistemas ciber-físico-sociales, es decir, soluciones basadas en IoT en Agricultura en el sistema cíclico de Agricultura de Precisión (Kolipaka, 2020; Lioutas et al., 2019). Entre las tecnologías habituales se encuentran (López & Corrales, 2018; Lottes et al., 2017; Wolfert et al., 2017): Internet de las cosas (Internet of Things, IoT), Computación en la nube (Cloud Computing), Robótica y automatización (Robotics), así como aplicaciones de aprendizaje automático e inteligencia artificial (Artificial Intelligence).

Una vez realizada la búsqueda se descartaron herramientas de sistemas no ciber físicos como herramientas *Enterprise Resource Planning* (ERP) (ORACLE, 2022). A continuación, se mencionan cinco herramientas afines con los criterios de búsqueda.

Doctor Agro¹

Esta aplicación móvil está diseñada para asistentes técnicos agropecuarios, proporcionando información técnica esencial para el reconocimiento y manejo de plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales en diversos cultivos. Desarrollada por AGROSAVIA, la aplicación busca apoyar los procesos de toma de decisiones en la agricultura. Está disponible para descarga en plataformas móviles y se presenta como una herramienta práctica y accesible para profesionales en el campo (Agrosavia, 2022).

Agroinsumos ByL S.A.²

Desarrollada por ROJOSOFT, esta aplicación funciona principalmente como un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) adaptado al sector agrícola. Cuenta con módulos escalables y accesibles desde diferentes sistemas, integrando elementos en la nube y gestionando múltiples tipos de usuarios y el inventario, lo que apoya las operaciones y la planificación agrícola (ROJOSOFT, 2022).

Yara ImageIT³

¹ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hagtec.dragro&hl=es>

²

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rojosoft.ssgConsultasAgroinsumosByL&hl=es_419&gl=US

³ <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/portafolio-digital/yara-imageit/>

Esta aplicación utiliza técnicas de visión por computadora y aprendizaje profundo para analizar fotografías y medir la absorción de nitrógeno en los cultivos. Esta herramienta ayuda a los agricultores a determinar la cantidad óptima de nitrógeno para aplicar, asegurando el rendimiento y la calidad máximos. Simplifica datos complejos en recomendaciones prácticas para la agricultura de precisión. (Yara Colombia, 2022).

Agrio agricultura inteligente⁴

Esta herramienta está centrada en la detección temprana de enfermedades y plagas, utiliza algoritmos de visión por computadora y aprendizaje profundo para reconocer problemas en las plantas, proporcionando alertas oportunas y soluciones sugeridas. Esta aproximación proactiva ayuda a prevenir posibles pérdidas de cultivos y promueve prácticas agrícolas más saludables. (Agrio, 2022).

AgroRiego⁵

Esta aplicación se define como un servicio de asesoría en riego que empodera a los agricultores a tomar mejores decisiones relacionadas con el momento oportuno para regar un cultivo. La aplicación proporciona recomendaciones de riego local basadas en la combinación de datos del suelo del cultivo, el tiempo atmosférico y el pronóstico del clima. (ThinkLink, 2022).

⁴ <https://agrio.app/agrio-protegetus-cultivoscosecha-mas/>

⁵ <https://www.thinklink.com.co/es/agroriego>

Descripción de la herramienta seleccionada

Para comprender la aplicabilidad de las herramientas identificadas en el campo Santandereano, se contactaron los equipos desarrolladores, incluyendo el equipo de ThinkLink, creadores de la aplicación AgroRiego en colaboración con la Universidad Autónoma de Bucaramanga como parte del proyecto AgrIoT (UNAB, 2021). En octubre de 2022, se estableció comunicación con Javier Pinzón Castellanos, docente e investigador en dicha universidad y líder de Innovación IoT en ThinkLink. A través de reuniones presenciales y virtuales durante octubre y noviembre, se discutieron los alcances de este proyecto de grado, llegando a un acuerdo de colaboración en investigación sobre accesibilidad sin coautoría sobre la herramienta existente.:

El funcionamiento de la herramienta es el siguiente. Hay una pantalla de configuración inicial o avanzada, dependiendo del tipo de usuario que vaya a usar la aplicación. Es decir, existen dos roles definidos, el primero es el agricultor y el segundo el asesor agropecuario, una de las diferencias marcadas es que el primer rol puede no ser un rol preparado académicamente y no esté acostumbrado al uso de herramientas tecnológicas para el soporte a la toma de decisiones; alternativamente, el segundo rol es el de un experto agropecuario quien está formado no sólo en el conocimiento técnico de la información disponible en la herramienta, sino en el uso o entrenamiento para el manejo de la app. No obstante, si el primer rol luego del uso continuo y capacitación en la herramienta desarrolla un perfil con conocimientos técnicos y tecnológicos, es decir, conocimientos sobre el fenómeno agrícola modelado por la herramienta y las características de la herramienta, pasa a ser del perfil Asesor agropecuario y puede usar otras funcionalidades más complejas.

No obstante, en la práctica los usuarios quienes han interactuado con la herramienta son del primer rol, o rol de agricultor. Ellos inicialmente optan por la parte básica donde

principalmente van a ver el estado de temperatura de humedad de los sensores los cuales son organizados en recuadros en pantalla, donde cada recuadro representa un sensor en el cultivo. Adicionalmente, en cada censor los usuarios pueden ver la temperatura, la humedad actual del suelo. Por otra parte, la aplicación implementa una escala de colores asociadas con el estado del cultivo y sus variables climatológicas. Es decir, si está verde significa que la temperatura la humedad es adecuada. Si es naranja que este pues es como una alarma y roja es porque la humedad es crítica. Entonces el agricultor entra al nodo que desea ver y en la pantalla siguiente donde dice humedad de sensor, ahí puede ver las humedades como tal del nodo específico y, entonces, puede ver la humedad que tiene en el sensor actualmente, así como la recomendación que algunos riegos le da al agricultor.

Aparte de eso, hay una pantalla de clima donde el agricultor puede ver las variables climatológicas en tiempo real que afectan sobre el cultivo. Ahí puede ver punto de rocío, humedad, humedad relativa, temperatura ambiente, probabilidad de lluvia y demás. No obstante, el agricultor desconoce que internamente funciona un algoritmo de AgroRiego el cual toma estos valores atmosféricos junto con el valor de humedad del suelo y según un preentrenamiento sugiere la decisión de regar o no regar.

Evaluación de Accesibilidad en Aplicación Móvil Para Riego De Cultivos

Una vez se inicia el proceso de desarrollo de una página web o aplicación móvil, se hace necesario evaluar la accesibilidad, sin embargo, esta evaluación puede realizarse antes de lanzar el producto, al momento de adquirirlo, incluso cuando se pretende rediseñarlo, de igual forma, la evaluación de la accesibilidad se puede realizar a través de monitoreo periódico cuando la aplicación ya está en funcionamiento. La revisión de accesibilidad la puede realizar cualquier persona que pueda seguir las pautas dadas por la W3C (W3C, 2021), esta organización creó las pautas WCAG 2.0 (W3, 2015) las cuales cubren una amplia gama de recomendaciones para hacer que el contenido Web sea más accesible.

Como en el presente estudio se pretende analizar una aplicación móvil, la cual hace referencia a una amplia gama de aplicaciones y dispositivos inalámbricos que pueden ser transportados y utilizados en diferentes entornos, incluso al aire libre, la guía que sirve como referente para evaluar los temas de accesibilidad partiendo de contextos donde existan limitaciones cognitivas y especialmente digitales es la accesibilidad cognitiva en los estándares W3C (W3C, 2022b) y por lo tanto será la guía utilizada para el desarrollo del estudio.

La aplicación que se analizará, aún se encuentra en fase de prueba, para tener acceso a ella se debe comprar el servicio de monitoreo de riego, esta compra incluye la capacitación para el uso, tanto de la herramienta web como la móvil, la aplicación cuenta con un inicio o home que permite ingresar a dos opciones, una dirigida a los agricultores y otra a los analistas que interpretarán los datos arrojados en tablas y gráficas, teniendo en cuenta que las limitaciones tecnológicas de las que trata este trabajo están asociadas a los agricultores, se analizará el menú que se dirige únicamente a ellos. El primer contacto que el agricultor tiene con la aplicación es en la pantalla de inicio o *home* (0), la segunda pantalla se enfoca en la selección de nodos (0), la

tercera pantalla es el sistema de recomendaciones (0), y la cuarta pantalla muestra la información desagregada del sistema de recomendaciones (0). La suma de cada una de las características que se tendrán en cuenta a continuación para la evaluación de las pantallas de la aplicación, garantiza el cumplimiento de los cuatro principios de accesibilidad brindados por los estándares WCAG que permiten que la aplicación sea Perceptible, Operable, Comprensible y Solida.

Análisis de cumplimiento de requisitos (Home)

La pantalla de home presenta la opción de selección de dos tipos de usuarios. Considerando la delimitación de la pregunta de investigación, así como el alcance del presente trabajo, se realiza el análisis de accesibilidad a la información que tendrá el usuario en Modo Básico (ver **Figura 1** *Inicio de la aplicación AgroRiego*).

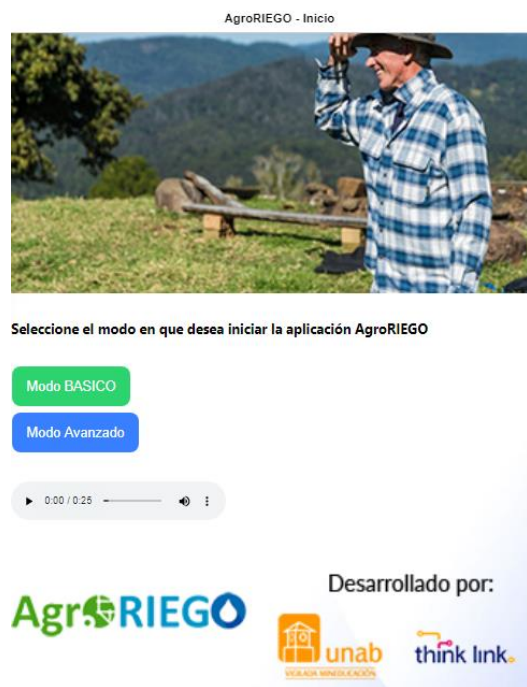


Figura 1 *Inicio de la Aplicación Agroriego*

Adaptable

Haciendo un primer análisis, la aplicación no presenta opciones para hacer la página más simple, tiene una única versión que cumple con una secuencia significativa lo cual favorecería a los usuarios que necesiten utilizar un asistente de lectura ya que el contenido esta ordenado secuencialmente. No presenta características sensoriales que ayuden al agricultor a ubicarse en la página y entender que función cumple cada icono o botón, esto se podría solucionar agregando una indicación de arriba y abajo que indiquen cual opción debe ser elegida por el agricultor.

Debido a que no tenemos acceso a la aplicación en línea sino a las imágenes no podemos saber si el contenido es adaptable a orientación, es decir, si se puede poner el dispositivo móvil de forma horizontal y ver la misma información, esto es importante ya que el dispositivo móvil debe permanecer ubicado en un lugar fijo y puede que las condiciones de este lugar requieran su ubicación en diferentes posiciones.

El propósito de cada uno de los botones no está debidamente definido ya que las palabras Básico y Avanzado no reflejan el significado del contenido que van a encontrar siguiendo cada botón, el agricultor podría confundirse en cual botón debe elegir.

Distinguible

En cuanto al uso del color, la aplicación cumple con los estándares mínimos de separación de colores para guiar al usuario a diferenciar cada parte del menú, sin embargo para los usuarios que no perciban bien el color esto no es suficiente, la página solo tiene un color de fondo lo cual permite separar muy bien el fondo del contenido principal, no tiene sonidos de fondo, lo cual permite que la concentración se centre en el contenido principal y presenta un único botón de audio que, a pesar de no conocer su contenido por tratarse de una imagen,

podemos apreciar que no tiene controles de volumen que ayuden al usuario, esto debe ser mejorado.

A pesar de que la fuente es de tamaño pequeño, los contrastes son adecuados y permiten diferenciar el fondo de los textos, se recomienda aumentar el tamaño del texto para poder ser leído y si es posible brindar la opción de aumento y disminución de texto, así como el color del texto para las personas que no lo alcancen a entender por baja visión. Los espacios entre textos están bien definidos y se pueden diferenciar entre ellos.

Tiempo suficiente

Esta página de inicio no tiene un contador de tiempo que condiciones al usuario, lo cual lo hace más accesible pues permite que cada persona tome el tiempo necesario para realizar sus tareas sin perder información, una vez se está en el inicio no se requiere un ingreso de usuario lo cual hace más fácil su uso para el agricultor.

Navegable

La aplicación tiene un nombre en cada una de sus páginas, el nombre está en la parte superior de la página, sin embargo, no le dice al usuario que sucederá en las próximas páginas, lo cual ayudaría mucho al agricultor para orientarse hacia donde se dirige y cuáles son sus opciones, el orden que maneja el home es lógico y tiene puntos focales bien definidos, aunque tiene presencia de una bocina, esta no indica cual es el contenido que va a reproducir, siendo así, un elemento distractor y de poca usabilidad, cada elemento debe tener un propósito y el usuario debe conocerlo, aunque en esta página los encabezados son claros, se recomienda el uso de etiquetas permanentes que contengan información precisa de cada uno de los enlaces.

Legible

La página de inicio se encuentra únicamente en español, esto se debe a que ha sido instalada en regiones de Santander y aún no está preparada para ser usada en otros países con idiomas diferentes, presenta palabras sencillas, que pueden ser entendidas por los agricultores, sin embargo, se recomienda el uso de iconografía que ayude a entender los textos a las personas que tiene dificultad para leer, de acuerdo al nivel de educación de los principales usuarios se recomienda el uso de un lenguaje básico.

Predecible

En esta página se presenta un único flujo de lectura ya que su contenido es mínimo, si algún usuario llega a esta página en repetidas ocasiones, podrá saber lo que debe hacer ya que es consistente en diseño.

Asistencia de entrada

A pesar de que los botones parecen sencillos, hace falta una instrucción clara para que el agricultor sepa en cual botón debe hacer clic, de igual manera el botón de la bocina debe indicar claramente el audio que va a reproducir, en esta página no se solicita ninguna entrada de texto por lo que se descartan errores, es vital que la pagina cuente con un botón de ayuda en todo momento.

Análisis de cumplimiento de la pantalla Nodos sensor

La segunda pantalla se enfoca en la selección de nodos. Los nodos son unidades de censado de información medioambiental, la idea es que existe una cantidad de nodos distribuidos por todo el cultivo de tal forma que se consideran diferencias climatológicas entre cada área cubierta por el nodo. La idea fundamental de esta pantalla es que el agricultor indique el nodo del cual desea conocer la información y sugerencia de riego.



Figura 2 Pantalla Nodos - Sensores de la Aplicación Agroriego

Adaptable

De manera similar a la pantalla de home, la aplicación es minimalista y tiene pocas opciones de interacción, tampoco se sabe si el contenido es adaptable a orientación. Por otra parte, debido al tamaño de la imagen del encabezado el espacio destinado a los botones es fijo y reducido, el asistente de audio no puede ser ampliado de tamaño y, por tanto, requiere de precisión para su selección. Adicionalmente, no presenta características sensoriales que ayuden al agricultor a ubicarse en la selección de nodos y entender cuál información en específico brinda cada botón según el cultivo asociado, Se podría personalizar el nombre de los nodos con palabras clave como el nombre del cultivo (por ejemplo, yuca, plátano, etc.) o la ubicación del nodo que distingue el agricultor, por ejemplo, yucal, terraza, triangulo, potrero, hondonada, etc. Tampoco se observa un botón de regreso a la pantalla anterior.

Distinguible

En cuanto al uso del color, la aplicación cumple con los estándares mínimos de separación de colores para guiar al usuario a diferenciar cada parte del menú, sin embargo, el color de la barra de sonido, así como su tamaño se confunde con el sutil degradé de la zona inferior de la pantalla, tampoco se ve utilidad aparente al menú kebab incrustado en la barra de sonido ni se indica qué audio se va a reproducir, estos aspectos deben ser mejorados. De manera similar a la pantalla home, la fuente es de tamaño pequeña pero los contrastes son adecuados y permiten diferenciar el fondo de los textos, se recomienda aumentar el tamaño del texto para poder ser leído y si es posible brindar la opción de aumento y disminución de texto, así como el color del texto para las personas que no lo alcancen a entender por baja visión. De ser posible se recomienda eliminar la barra de sonido, evitar el degradé del fondo, aumentar el espacio para los botones reduciendo el tamaño de la figura o eliminándola, así como los íconos de los miembros desarrolladores.

Tiempo suficiente

Esta ventana no tiene un contador de tiempo que condiciona al usuario, lo cual lo hace más accesible pues permite que cada persona tome el tiempo necesario para realizar sus tareas sin perder información, esto es vital ya que el sistema de recomendaciones es de riego debido a condiciones climatológicas y estas decisiones son operativas, pero normalmente asignadas a un día a la vez.

Navegable

La aplicación tiene un nombre en cada una de sus pantallas, si bien es consistente el tamaño y contraste se recomienda un tamaño mayor que permita un mejor contraste con menos cantidad de colores. El orden en esta pantalla es lógico ya que presenta sólo 4 opciones de selección de nodos con puntos focales bien definidos, aunque tiene presencia de una bocina, esta

no indica cual es el contenido que va a reproducir, siendo así, un elemento distractor y de poca usabilidad, cada elemento debe tener un propósito y el usuario debe conocerlo, algo similar ocurre en el nombre de los nodos sensores ya que estos no brindan información.

Legible

De manera afín con la pantalla home, esta es en español, presenta palabras sencillas, no hay iconografía explicativa, el tamaño de los textos es muy pequeño sobre todo para condiciones de alta iluminación.

Predecible

Debido a que el contenido en esta pantalla es mínimo, si algún usuario llega a esta página en repetidas ocasiones, podrá saber lo que debe hacer ya que es consistente en diseño. La interacción son sólo los botones de nodo, la barra de sonido explicativa la cual con el uso frecuente puede dejar de ser requerida, la idea de todos los botones es avanzar a una siguiente pantalla, así que es predecible el resultado esperado, no es claro ni intuitivo cómo el agricultor regresa a la pantalla anterior.

Asistencia de entrada

A pesar de que los botones parecen sencillos, hace falta una instrucción clara para que el agricultor sepa para que sirve dar clic en los botones, sobre todo porque la barra de sonido no es de fácil acceso. Igualmente, el botón de la bocina debe indicar claramente el audio que va a reproducir, en esta página no se solicita ninguna entrada de texto por lo que se descartan errores, es vital que la pagina cuente con un botón de ayuda en todo momento.

Análisis de cumplimiento de requisitos (nodo sensor 1)

Siguiendo el orden lógico de la aplicación, una vez el usuario selecciona el nodo del que desea conocer su información, la siguiente pantalla con la que se encuentra es la correspondiente

a cada nodo, en esta pantalla el usuario podrá conocer las condiciones climatológicas únicas de cada sección del cultivo donde se distribuye la red de sensores, denominada nodo. A continuación, se presenta en la Figura 3 la pantalla original.

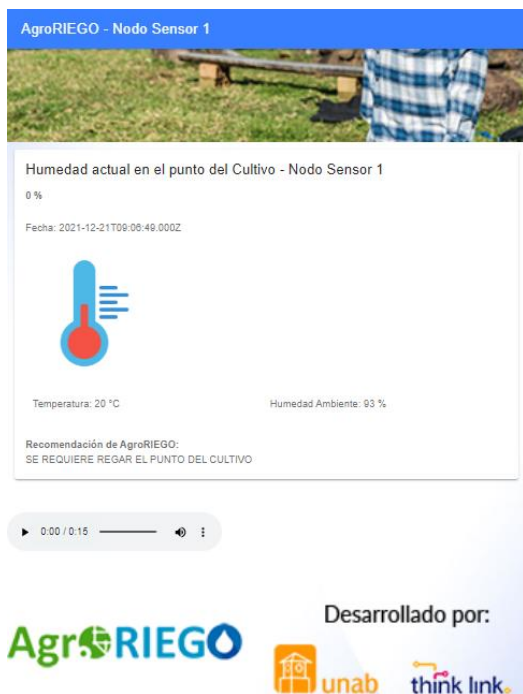


Figura 3 Pantalla Nodo Sensor 1 de la Aplicación Agroriego

Adaptable

el contenido presenta una única forma de lectura, aunque su contenido es simple no presenta ayuda auditiva para los usuarios que no puedan leer, no existe la opción de activar un formato diferente de lectura, en esta pantalla se presenta un gran problema de orden de lectura ya que se presentan datos con diferentes unidades ubicados en la parte inferior del texto, sumado a una imagen que ocupa el foco de la pantalla, esto podría confundir al usuario, no se conoce si la aplicación puede adaptarse a una pantalla horizontal, de la misma forma en que se presentan las dos pantallas anteriores, no se requiere el ingreso de información por parte del usuario lo cual

facilita su usabilidad, sin embargo, sigue presentando un audio que no indica su contenido, se sugiere aclarar cuál es el contenido o suprimir el audio.

Distinguible

En esta pantalla resalta un recuadro blanco donde está la información que proporciona la aplicación, sin embargo, no existe contraste entre este recuadro y el fondo de la pantalla, haciendo que todo parezca el mismo contenido, los tamaños de las fuentes son pequeños, aunque de buen contraste, se sugiere aumentarlos y permitir al usuario la opción de modificar fuente y tamaño según su necesidad.

Tiempo suficiente

Esta pantalla no requiere acciones por parte de los usuarios y no presenta un límite de tiempo para ver la información arrojada lo cual garantiza una excelente usabilidad por parte del agricultor, el cual requiere esta información para tomar decisiones, no se presenta contenido con movimiento ni sonido que requiera ser pausado, esto hace que no existan distracciones para el usuario.

Navegable

Algunos elementos de la pantalla actual se han conservado intactos en las dos pantallas anteriores, lo cual ayuda a que el usuario sepa cuál es la información relevante de cada pantalla, al igual que las anteriores, la pantalla esta titulada, esto ayuda al agricultor a estar seguro de que la información que requiera sea la que está recibiendo, sin embargo, esta información esta presentada en desorden, hay valores que están aislados, no hay un orden lógico ni una secuencia, sigue existiendo un audio que no indica su contenido. El foco visual de la pantalla está mal distribuido pues tiene una imagen de mayor tamaño que no indica información relevante, no cuenta con un enlace que lleve a la pantalla anterior al usuario.

Legible

Esta pantalla cuenta con palabras de fácil entendimiento por parte de los usuarios, no tiene palabras inusuales ni abreviaturas, permitiendo su comprensión, solo existe un idioma presentado a lo largo de la aplicación.

Predecible

Esta pantalla no presenta una navegación consistente, los datos están ubicados en desorden, hay una imagen que interfiere con el orden lógico de los datos, se sugiere ubicar la información que arroja la aplicación en un recuadro que indique al usuario su importancia, deben existir flechas que indiquen cuales son los valores de cada lectura, de la misma forma la imagen presentada debe tener un tamaño menor para que no resalte sobre los datos relevantes. No es claro ni intuitivo cómo el agricultor regresa a la pantalla anterior.

Asistencia de entrada

La pantalla de cada nodo presenta únicamente información al usuario, no requiere de un ingreso de valores, sin embargo, es en esta pantalla donde se presenta la información más relevante de la aplicación, pues se hace la sugerencia de riego de cada cultivo, esta información pasa casi desapercibida ya que no tiene un tamaño ni fuente diferente, así como no presenta un color que permite que resalte sobre el resto de los datos.

Análisis de cumplimiento de requisitos (Variables atmosféricas)

La última pantalla de la aplicación se relaciona con información climatológica para soportar la toma de decisiones. Esta información no se detalla en las funcionalidades que pueden ser accedidas por el agricultor con discapacidad cognitiva y digital; sin embargo, la información acá presentada puede aportar a contextualizar por qué el sistema sugiere regar o no regar.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone que una vez el sistema genere la sugerencia de regar o

no regar, esta sugerencia sea un botón que permita acceder a más información relacionada con las condiciones climatológicas. En la Figura 4 se muestra la pantalla original

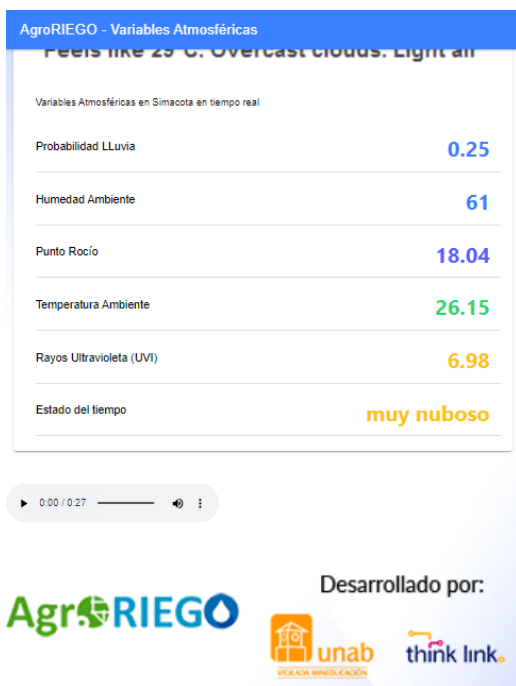


Figura 4 Pantalla Variables Atmosféricas de la Aplicación Agroriego

Adaptable

Al igual que las pantallas anteriores, esta pantalla no presenta una forma diferente de presentación, el contenido presenta un orden lógico y fácil de seguir por el usuario pues cada variable cuenta con un espacio en la pantalla que lo dirige a sus valores correspondientes, se sugiere el uso de iconos que representen cada una de las variables atmosféricas de modo que el agricultor pueda entender mejor el contenido de la pantalla, no se conoce si la pantalla puede verse de forma horizontal y al igual que en las pantallas anteriores se presenta un audio que no indica su contenido.

Distinguible

Esta pantalla al igual que la anterior presenta un recuadro blanco con la información relevante de la página, esta pantalla blanca se confunde con el fondo, esto puede confundir al usuario, presenta colores diferentes para los valores, sin embargo, estos colores no parecen tener un significado claro, los tamaños de fuente son muy pequeños y no son proporcionales al tamaño de los valores, se sugiere mantener un tamaño uniforme que no confunda a los usuarios, así como ampliar el tamaño de las fuentes de texto, mantener un color único a menos que el cambio de color indique un valor atípico o una alerta, se sugiere hacer los texto graduables en tamaño y en interlineado para su mejor comprensión.

Tiempo suficiente

Esta pantalla es consistente en cuanto a requerimiento de datos por parte del usuario, en ningún momento la aplicación solicita datos, únicamente arroja información relevante para la toma de decisiones, esto facilita su uso, de igual forma no contiene un contador que limite al usuario en su uso.

Navegable

En esta pantalla resulta fácil encontrar el contenido por parte del usuario pues no presenta bloques de información, presenta todas las variables atmosféricas en una única columna, no cuenta con un botón de atrás ni un botón de ayuda en caso de ser necesario, se sugiere implementar el botón de atrás y el de ayuda en cada pantalla, no se puede distinguir si la pantalla contiene una imagen inicial como las anteriores, sin embargo conserva el mismo formato y presenta un título al inicio de la página, esta consistencia es favorable para su comprensión, el foco visual está bien ubicado pues la información está centrada y en orden lógico.

Legible

La pantalla se presenta en español al igual que las anteriores, sin embargo, aunque el texto no está completo, se puede observar un mensaje en inglés, esto podría confundir severamente al usuario, su lenguaje es adecuado para el tipo de usuario, no tiene palabras complejas y en los lugares donde incluye abreviaturas indica su significado.

Predecible

La navegación por la página es predecible tanto para lectura visual como para asistentes de audio ya que su información se presenta en una única columna y está dividida por cada factor, se puede apreciar que el enfoque de la página permite que el usuario entienda cual es la información relevante.

Asistencia de entrada

Al igual que en las pantallas anteriores, la aplicación no requiere ingreso de datos por parte del usuario, no requiere instrucciones para su uso, sin embargo, hace falta incluir un botón que lleve al usuario atrás y lo ubique en todo momento.

Análisis General

La herramienta AgroRiego, diseñada para apoyar decisiones agrícolas mediante datos climáticos y del suelo, ofrece una interfaz que no se adapta completamente a las necesidades de todos los usuarios, especialmente aquellos con discapacidades. Aunque proporciona un entorno sin restricciones de tiempo, facilitando una interacción más relajada y considerada, carece de opciones para personalizar la visualización de contenido como la orientación del dispositivo o ajustes en el tamaño y color del texto, lo cual es crucial para usuarios con limitaciones visuales. Además, la aplicación no cuenta con características sensoriales avanzadas que faciliten la orientación dentro de la misma, como indicaciones sonoras o táctiles que podrían ayudar a los usuarios a comprender mejor la funcionalidad de cada elemento interactivo.

Por otro lado, la coherencia en el diseño de AgroRiego ayuda a los usuarios a familiarizarse con la interfaz, pero la navegación podría mejorar al proporcionar indicadores más claros que guíen al usuario sobre acciones futuras o el retorno a pantallas anteriores. Esta previsibilidad es esencial para evitar confusión, especialmente en usuarios que no están acostumbrados a la tecnología. Sin embargo, la aplicación falla en ofrecer una asistencia de entrada adecuada, con instrucciones claras y ayuda contextual que podrían minimizar errores y mejorar la independencia del usuario al interactuar con la herramienta. Implementar estas mejoras no solo incrementará la accesibilidad, sino que también optimizará la experiencia de usuario, haciendo de AgroRiego una herramienta más eficiente y accesible para todos en el campo agrícola.

Prototipo

En la sección de resultados del desarrollo del prototipo de la aplicación AgroRiego, se presentan los hallazgos y las mejoras implementadas para aumentar la accesibilidad para agricultores con limitaciones cognitivas y digitales en Santander. El proceso comenzó con un prototipo en papel que facilitó el entendimiento inicial y permitió ajustar la interfaz para optimizar la experiencia de usuario. Este prototipo inicial, ilustrado en el Apéndice presenta el primer posible diseño con el que se pretende mejorar la aplicación existente para el riego de cultivos en Santander. Cuenta con 4 hojas las cuales representa cada una, las principales pantallas de la aplicación con las que el agricultor tiene contacto directo, proporcionadas por el equipo desarrollador de la aplicación, sin conocer a detalle su funcionalidad pues la aplicación aún está en fase de prueba y es privada.

Durante este proceso se tuvo en cuenta que los potenciales usuarios de la herramienta suelen encontrarse en lugares con alta intensidad lumínica, por lo que se consideró el uso de botones y textos de gran tamaño (Figura 5). Adicionalmente, se buscó simplificar la cantidad de colores relacionada con la toma de decisiones (regar y no regar) y que esta sea consistente con la información climatológica (Figura 6). Otro elemento que se destaca de la experiencia de desarrollo es la solicitud de que la herramienta tenga instrucciones habladas, lo cual facilita guiar al usuario durante las funcionalidades del menú, igualmente, un sonido respuesta al apretar cada botón como realimentación de sus acciones. Esto último es de vital importancia ya que los usuarios suelen manejar las herramientas usando guantes de jardinería o de carnaza lo cual reduce la sensibilidad durante la interacción con la herramienta.



Figura 5 Esquema Básico de Funciones

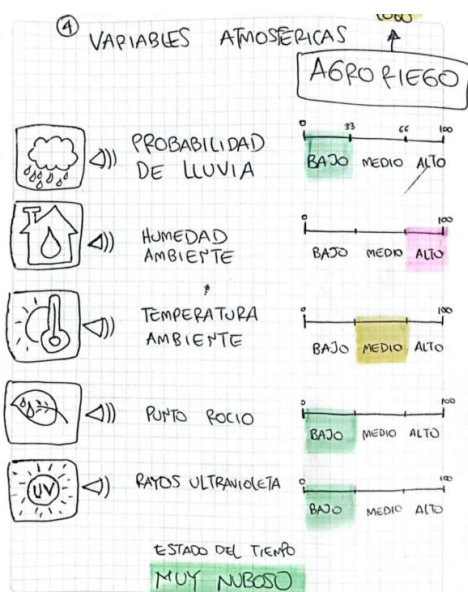


Figura 6 Estructura Base de la Pantalla de Información Climatológica

Una vez se dio por terminado el prototipado de papel, se procede a utilizar la herramienta de prototipado rápido, Figma, en la cual es plasmado el segundo prototipo (Apéndice) en este documento, se realizan cambios de color en las fuentes y botones, así como tamaños de letras y tipos de fuentes, adicional a esto se agregan espacios para incluir iconografía que ayude al agricultor a entender el funcionamiento de la aplicación incluso si no cuenta con habilidades de lectoescritura.

El siguiente cambio que se realizó fue tener en cuenta la consistencia de textos y títulos, de modo que al cambiar de pantalla los elementos fijos permanecieran en el mismo lugar, adicional a esto se cambiaron los colores para hacer más amigable la interfaz, se eliminaron elementos distractores como líneas horizontales y se separaron los textos para evitar confusiones y dar acceso al aumento de fuente para las personas con baja visión, (Apéndice). La Figura 7 contiene el esquema de colores del inicio, se decide cambiar el color rojo por uno más neutral para que no se confunda con la información adversa al riego, ya que durante las distintas pantallas los valores bajos de las variables climatológicas, así como la indicación de no regar usan el color rojo (Figura 8), mientras que valores afines a la decisión de riego así como la indicación de riego usa color verde (Figura 9). Adicionalmente, la simplificación de la información relacionada con las variables climatológicas se evidencia en la Figura 10, donde además del valor se propone sólo utilizar dos opciones de retroalimentación en niveles usualmente extremos como bajo y alto, o estado del tiempo con nubes o despejado.



Figura 7 Esquema Básico de Colores Final Incluyendo Contraste de Letras Para Facilitar

Lectura

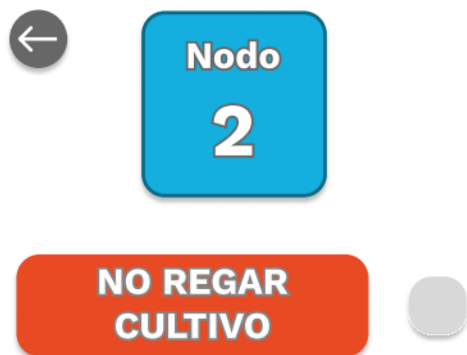


Figura 8 Uso del Color Rojo Como Indicativo de No Regar

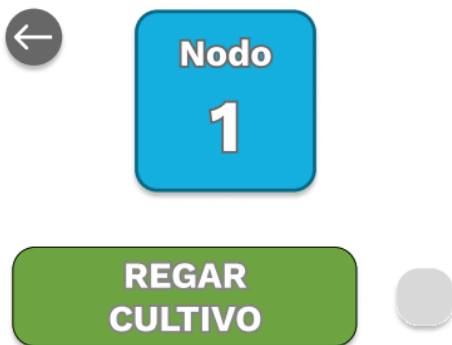


Figura 9 Uso del Color Verde Como Indicativo de Riego

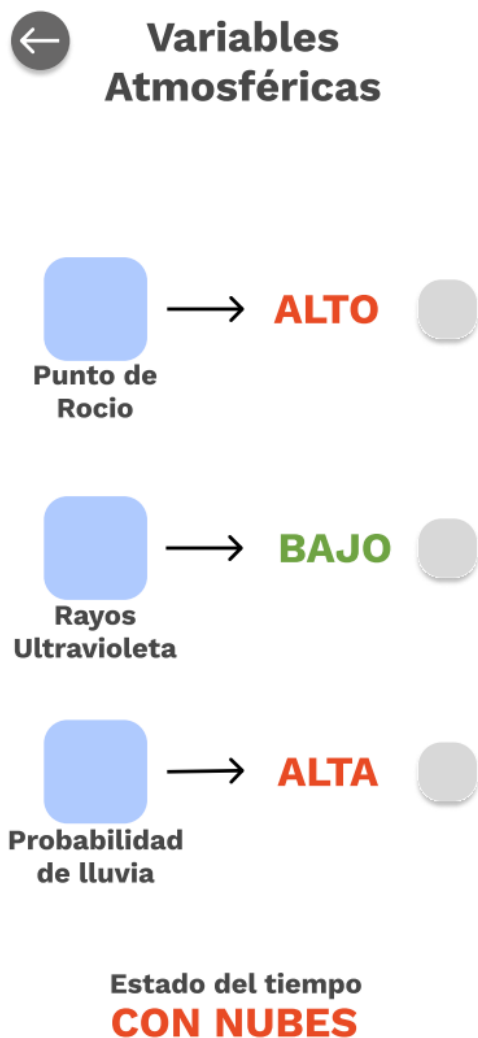


Figura 10 Estructura Base de la Pantalla de Información Climatológica Simplificada

Una vez se tuvo el resultado del prototipo anterior, se procedió a incluir la iconografía (Apéndice) anteriormente desarrollada con base a las necesidades y capacidades del agricultor, de modo que los textos puedan ser reemplazados por iconos y entendidos en su totalidad. (Apéndice), este último, es el que se pretende mostrar al agricultor y para garantizar su usabilidad se hizo un desarrollo en formato horizontal (Apéndice), anticipándonos a las necesidades del usuario, recordando que su uso se realizara al aire libre. Esta propuesta de diseño

será socializada con actores de ThinkLink con el fin de proponer una visión alternativa que pueda impactar positivamente en la accesibilidad de la herramienta.

Los resultados del prototipo mejorado de la aplicación AgroRiego fueron presentados a Javier Pinzón Castellanos, integrante de ThinkLink y docente e investigador de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, y posteriormente socializados en un centro de desarrollo tecnológico de la misma universidad. Se organizaron dos charlas y mesas de trabajo dedicadas a socializar los criterios de accesibilidad con el equipo de desarrollo y otros actores relacionados con la maduración tecnológica, incluyendo programadores, mecánicos, comunicadores, diseñadores gráficos, interesados en temáticas de UX/UI, y accesibilidad.

Estas actividades culminaron en una aceptación del prototipo por parte de actores quienes originalmente desarrollaron AgroRiego, lo cual favorece el impacto positivo de la incorporación de estándares de accesibilidad en la capa de usuario. La adaptación de la aplicación AgroRiego para mejorar la accesibilidad incluyó adaptaciones como diseños más distinguibles, interfaces legibles y navegables, y la implementación de ayuda y asistencia de entrada que facilitan la interacción del usuario.

Considerando el alcance del proyecto, así como la limitación de probar en campo la versión (ya que implica desarrollo, actualización de convenios y propuesta de proyecto en la UNAB, lo cual está por fuera del alcance de la presente tesis), La socialización de estos avances fue fundamental para destacar la importancia de la accesibilidad en el desarrollo tecnológico, generando un nuevo tema de interés y discusión en la UNAB. Esto permitió un enfoque más inclusivo en las futuras propuestas tecnológicas y fortaleció la relación entre los desarrolladores tecnológicos y la comunidad académica en la búsqueda conjunta de soluciones más accesibles y efectivas.

Conclusiones y Recomendaciones

El presente proyecto de aplicación de Máster en Diseño de Experiencia de Usuario, titulado "Desarrollo de un prototipo funcional accesible, asociado a una tecnología tipo Smart Farming, en capa de usuario, aplicada a analfabetas digitales en una región de Colombia" tiene como propósito desarrollar un prototipo funcional y accesible para mejorar la experiencia de usuarios agrícolas analfabetas digitales. Para lograr este objetivo, se siguió una metodología que incluyó la caracterización de metodologías de evaluación de accesibilidad, la selección de una tecnología adecuada mediante revisión de literatura gris y científica, la evaluación de la accesibilidad de dicha tecnología, y finalmente, el diseño y prototipado de una solución accesible.

Los resultados del prototipo mejorado de la aplicación AgroRiego fueron presentados a Javier Pinzón Castellanos, integrante de ThinkLink y docente e investigador de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, y posteriormente socializados en un centro de desarrollo tecnológico de la misma universidad. Se organizaron dos charlas y mesas de trabajo dedicadas a socializar los criterios de accesibilidad con el equipo de desarrollo y otros actores relacionados con la maduración tecnológica, incluyendo programadores, mecatrónicos, comunicadores, diseñadores gráficos e interesados en temáticas de UX/UI y accesibilidad. Estas actividades culminaron en una aceptación del prototipo por parte de los actores que originalmente desarrollaron AgroRiego, lo cual favorece el impacto positivo de la incorporación de estándares de accesibilidad en la capa de usuario. La adaptación de la aplicación AgroRiego para mejorar la accesibilidad incluyó adaptaciones como diseños más distinguibles, interfaces legibles y navegables, y la implementación de ayuda y asistencia de entrada que facilitan la interacción del

usuario. Si bien no se garantiza la accesibilidad para todos los posibles usuarios, estas mejoras generan un entregable diferente y más inclusivo.

A raíz de lo anterior se puede concluir que el desarrollo del prototipo funcional y accesible de la aplicación AgroRiego ha permitido cumplir con los objetivos específicos planteados en este trabajo. La revisión de la literatura científica y gris permitió caracterizar las metodologías de evaluación de accesibilidad y seleccionar una tecnología Smart Farming relevante para el contexto colombiano. La evaluación de la accesibilidad de la aplicación AgroRiego reveló tanto fortalezas como áreas de mejora significativas.

Al analizar las necesidades de los usuarios con limitaciones cognitivas y digitales, se evidenció que muchas herramientas tecnológicas no cumplen con los estándares de accesibilidad. A pesar de los avances tecnológicos, las capacidades y oportunidades no son homogéneas para todos los grupos sociales. En cuanto a los estándares de accesibilidad como lo es la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del W3C, se determina que la misma es un paso positivo hacia la inclusión, ya que sus estándares ayudan a garantizar una experiencia de usuario satisfactoria para personas con limitaciones digitales, lo cual tiene el potencial de representar un gran salto en contra de la desigualdad.

Considerando la aplicación móvil que se usó para el estudio del presente trabajo, la cual al momento de ser desarrollado tuvo en cuenta al agricultor, es evidente que su resultado no cumple con los estándares de accesibilidad requeridos. Durante el estudio de AgroRiego, se identificaron múltiples fallas en diseño y accesibilidad. Estas deficiencias son especialmente críticas bajo las condiciones ambientales y sociales en las que los usuarios interactúan con la herramienta, como altas intensidades lumínicas, uso de guantes, baja motricidad fina, manos robustas y ruido ambiental. Además, factores como el sudor, tierra o lluvia pueden afectar la

interacción con la aplicación. Los usuarios de esta aplicación, generalmente con limitaciones educativas y escaso conocimiento tecnológico, enfrentan barreras significativas para su uso efectivo. Es por ello por lo que el diseño de un prototipo funcional y accesible, basado en estas observaciones, incluyó mejoras como el uso de iconografía clara, simplificación de colores y textos, y la implementación de ayuda auditiva y táctil.

Si se pretende ampliar el presente informe, se recomienda realizar análisis de usabilidad que puedan brindar mejores herramientas para el desarrollo de un prototipo accesible para personas con limitaciones digitales, así como llevar a cabo pruebas de usuario que permitan ampliar el vocabulario desarrollado en iconografía con el fin de encontrar un método gráfico que pueda ser interpretado con facilidad por agricultores en distintos lugares, pero con simulares aspectos culturales y demográficos. De manera general se recomienda:

Implementación de Estándares de Accesibilidad: Es fundamental que los desarrolladores adopten estándares de accesibilidad desde las etapas iniciales del diseño. Esto garantizará que las herramientas sean inclusivas y utilizables por una mayor diversidad de usuarios.

Capacitación Continua: Se recomienda desarrollar programas de capacitación continua para los agricultores, enfocándose no solo en el uso de tecnologías específicas como AgroRiego, sino también en habilidades digitales básicas. Esto facilitará la transición hacia prácticas agrícolas más tecnificadas y eficientes.

Pruebas de Usabilidad en Campo: Es crucial realizar pruebas de usabilidad en condiciones reales de campo para validar la efectividad de las mejoras implementadas. Estas pruebas deben involucrar a los usuarios finales y considerar factores ambientales y operativos que puedan influir en la interacción con la herramienta.

Desarrollo de Prototipos Iterativos: La creación de prototipos debe ser un proceso iterativo, donde se recoja retroalimentación constante de los usuarios para realizar ajustes continuos. Esto asegura que las herramientas evolucionen en respuesta a las necesidades y experiencias de los agricultores.

Colaboración Multidisciplinaria: La colaboración entre diferentes disciplinas (tecnología, diseño, comunicación, agricultura) es vital para el éxito de proyectos de Smart Farming. Esta sinergia permite abordar de manera integral los desafíos de accesibilidad y usabilidad.

Futuros Trabajos de Investigación: Se sugiere continuar con trabajos, pero ir más allá de la aplicación y proponer investigaciones que exploren nuevas tecnologías y metodologías para mejorar la accesibilidad en herramientas de Smart Farming. Además, se debe investigar el impacto de estas tecnologías en la productividad y sostenibilidad agrícola a largo plazo.

Cabe resaltar que estas recomendaciones son derivadas del alcance y limitaciones del proyecto. Éste se limitó a la evaluación y mejora de la aplicación AgroRiego, sin poder llevar a cabo pruebas de campo exhaustivas debido a restricciones de tiempo, recursos económicos y trámites que implicaban convenios entre diferentes instituciones. En tal sentido, los supuestos que sustentan las conclusiones incluyen la disposición de los agricultores a adoptar nuevas tecnologías y la capacidad de estos para recibir capacitación adecuada. A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos demuestran el potencial de las mejoras propuestas para aumentar la accesibilidad y usabilidad de herramientas de Smart Farming.

Referencias Bibliográficas

- Agrio. (2022). *Agrio | Agricultura inteligente*. Landing Page. <https://agrio.app/agrio-protegetus-cultivoscosecha-mas/>
- Agrosavia. (2022). *Dr. Agro. Un aliado para el campo colombiano*.
<https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/nea-agr/cola/cultivos-transitorios-y-agroindustriales/sistemas-de-informacion/556-dr-agro-un-aliado-para-el-campo-colombiano-algodn>
- Alexander, I. F., & Maiden, N. (2005). *Scenarios, stories, use cases: through the systems development life-cycle*. John Wiley & Sons.
- Awasthi, Y. (2020). Press “a” for artificial intelligence in agriculture: A review. *International Journal on Informatics Visualization*, 4(3), 112–116. <https://doi.org/10.30630/joiv.4.3.387>
- Balafoutis, A. T., Beck, B., Fountas, S., Tsiropoulos, Z., Vangeyte, J., van der Wal, T., Sotobembodas, I., Gómez-Barbero, M., & Pedersen, S. M. (2017). Smart Farming Technologies – Description, Taxonomy and Economic Impact. En M. P. Søren & M. L. Kim (Eds.), *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives* (1a ed., pp. 21–77). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68715-5_2
- Basava, S., & Prasannakumar, K. R. (2018). Big data in agribusiness: Climate gauging for savvy farming. *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2018*, 1150–1155. <https://doi.org/10.1109/ICISC.2018.8398985>
- Belaud, J. P., Prioux, N., Vialle, C., & Sablayrolles, C. (2019). Big data for agri-food 4.0: Application to sustainability management for by-products supply chain. *Computers in Industry*, 111, 41–50. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019.06.006>

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, D. (2022).

Matriz de habilidades digitales/ Educatic hábitat puma UNAM. Matriz de habilidades digitales. <https://educatic.unam.mx/publicaciones/matriz-habilidades-digitales.html>

Dittrich, Y., Rönkkö, K., Eriksson, J., Hansson, C., & Lindeberg, O. (2008). Cooperative method development. *Empirical Software Engineering*, 13(3), 231–260.

<https://doi.org/10.1007/s10664-007-9057-1>

el País. (2020, agosto). *Construir un futuro con agricultura digital*. Construir un futuro con agricultura digital. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Construir-un-futuro-con-agricultura-digital.aspx>

FAO. (2018). *e-Agriculture Newsletter No.1*.

Food and Agriculture Organization - FAO. (2016). *e-Agriculture strategy guide Piloted in Asia-Pacific countries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union. <http://www.fao.org/3/i5564e/i5564e.pdf>

Ghalazman E., A., Das, G. P., Gould, I., Zarafshan, P., Rajendran S., V., Heselden, J., Badiie, A., Wright, I., & Pearson, S. (2022). Applications of robotic and solar energy in precision agriculture and smart farming. En *Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems* (pp. 351–390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89866-9.00011-0>

Giacomin, J. (2014). What is human centred design? *Design Journal*, 17(4).

<https://doi.org/10.2752/175630614X14056185480186>

Gómez, L. (2022). *Definición de Analfabetismo» Concepto en Definición ABC*. Definición de analfabetismo. <https://www.definicionabc.com/social/analfabetismo.php>

- Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. En *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Número Mexico).
- Ingram, J., & Maye, D. (2020). What Are the Implications of Digitalisation for Agricultural Knowledge? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00066>
- Ingram, J., Maye, D., Bailye, C., Barnes, A., Bear, C., Bell, M., Cutress, D., Davies, L., de Boon, A., Dinnie, L., Gairdner, J., Hafferty, C., Holloway, L., Kindred, D., Kirby, D., Leake, B., Manning, L., Marchant, B., Morse, A., ... Wilson, L. (2022). What are the priority research questions for digital agriculture? *Land Use Policy*, 114.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105962>
- Jakku, E., Taylor, B., Fleming, A., Mason, C., Fielke, S., Sounness, C., & Thorburn, P. (2019). “If they don’t tell us what they do with it, why would we trust them?” Trust, transparency and benefit-sharing in Smart Farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100285. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.11.002>
- Johansen, K., Maltese, A., & McCabe, M. F. (2023). Monitoring agricultural ecosystems. En *Unmanned Aerial Systems for Monitoring Soil, Vegetation, and Riverine Environments* (pp. 125–151). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85283-8.00013-8>
- Kernecker, M., Knierim, A., Wurbs, A., Kraus, T., & Borges, F. (2020). Experience versus expectation: farmers’ perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe. *Precision Agriculture*, 21(1), 34–50. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09651-z>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS -*

Wageningen Journal of Life Sciences, 90–91, 100315.

<https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>

Kolipaka, V. R. R. (2020). Predictive analytics using cross media features in precision farming.

International Journal of Speech Technology, 23(1), 57–69. <https://doi.org/10.1007/s10772-020-09669-z>

Lambrinos, L. (2019). Internet of Things in Agriculture: A Decision Support System for Precision Farming. *2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech)*, 889–892. <https://doi.org/10.1109/DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech.2019.00163>

Langer, A. M. (2008). System Development Life Cycle (SDLC). En *Analysis and Design of Information Systems* (pp. 10–20). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-655-1_2

Lioutas, E. D., Charatsari, C., La Rocca, G., & De Rosa, M. (2019). Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100297. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.003>

López, I. D., & Corrales, J. C. (2018). A Smart Farming Approach in Automatic Detection of Favorable Conditions for Planting and Crop Production in the Upper Basin of Cauca River. En *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change* (pp. 223–233). https://doi.org/10.1007/978-3-319-70187-5_17

Lottes, P., Khanna, R., Pfeifer, J., Siegwart, R., & Stachniss, C. (2017). UAV-based crop and weed classification for smart farming. *2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 3024–3031. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2017.7989347>

- Lytos, A., Lagkas, T., Sarigiannidis, P., Zervakis, M., & Livanos, G. (2020). Towards smart farming: Systems, frameworks and exploitation of multiple sources. *Computer Networks*, 172, 107147. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107147>
- Mariño, G. (1993). *Analfabetismo funcional, los conocimientos informados y medios masivos - UNESCO Biblioteca Digital*. Analfabetismo funcional, los conocimientos informados y medios masivos. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000096802>
- Mineducación. (2018, septiembre 12). *Tasa de analfabetismo en Colombia a la baja*. Tasa de analfabetismo a la baja. <https://www.mineducacion.gov.co/portal/salaprensa/Noticias/376377:Tasa-de-analfabetismo-en-Colombia-a-la-baja>
- MinTic. (2022, noviembre 27). *Con Agro 4.0 se implementaron 10 planes piloto de tecnologías en cultivos*. Noticias. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/198945:Con-Agro-4-0-se-implementaron-10-planes-piloto-de-tecnologias-en-cultivos>
- Mohanta, B. K., Chedup, S., & Dehury, M. K. (2021). Secure Trust Model Based on Blockchain for Internet of Things Enable Smart Agriculture. *Proceedings - 2021 19th OITS International Conference on Information Technology, OCIT 2021*, 410 – 415. <https://doi.org/10.1109/OCIT53463.2021.00086>
- Moysiadis, V., Sarigiannidis, P., Vitsas, V., & Khelifi, A. (2021). Smart Farming in Europe. En *Computer Science Review* (Vol. 39). <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100345>
- Mucherino, A., Papajorgji, P. J., & Pardalos, P. M. (2009). *Introduction to Data Mining*. https://doi.org/10.1007/978-0-387-88615-2_1

- Navarro, E., Costa, N., & Pereira, A. (2020). A systematic review of iot solutions for smart farming. En *Sensors (Switzerland)* (Vol. 20, Número 15).
<https://doi.org/10.3390/s20154231>
- Nuamah, J., & Seong, Y. (2017). Human machine interface in the Internet of Things (IoT). *2017 12th System of Systems Engineering Conference (SoSE)*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/SYSOSE.2017.7994979>
- ORACLE. (2022). *What is ERP? | Oracle*. Definition of enterprise resource planning (ERP).
<https://www.oracle.com/erp/what-is-erp/>
- Rajasekaran, T., & Anandamurugan, S. (2019). *Challenges and Applications of Wireless Sensor Networks in Smart Farming—A Survey* (pp. 353–361). https://doi.org/10.1007/978-981-13-1882-5_30
- Ram Kumar, R. P., Sanjeeva, P., & Vijay Kumar, B. (2018). *Transforming the Traditional Farming into Smart Farming Using Drones* (pp. 589–598). https://doi.org/10.1007/978-981-10-8228-3_54
- Reddy, P. P. (2017). Precision Agriculture. En *Agro-ecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture* (pp. 295–309). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4325-3_19
- ROJOSOFT. (2022). *Agroinsumos ByL S.A. - Apps en Google Play*. Descripción Google Play.
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rojosoft.ssgConsultasAgroinsumosByL&hl=es_419&gl=US
- Rose, D. C., & Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2(87), 1–7.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>

- Russell, S., & Norvig, P. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd ed.). Prentice Hall Press.
- Sectorial. (2021). *Analfabetismo, una Aspecto que aún Prevalece en la Sociedad y Acumula 773 Millones de Personas*. Artículos. <https://www.sectorial.co/articulos-especiales/item/421964-analfabetismo,-una-aspecto-que-a%C3%BAn-prevalece-en-la-sociedad-y-acumula-773-millones-de-personas>
- Semana Rural. (2020, noviembre 9). *La tecnología: una aliada del agro colombiano*. Artículo .
- Sharp, H., Preece, J., & Rogers, Y. (2019). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (5a ed.). John Wiley & Sons Inc.
- Smart AKIS Smart Farming Thematic Network. (2022, marzo 30). *Smart AKIS*. ¿Que es Smart Farming?
- Smith, M. J. (2020). Getting value from artificial intelligence in agriculture. *Animal Production Science*, 60(1), 46. <https://doi.org/10.1071/AN18522>
- Stimmel, C. L. (2015). Why Design Thinking? En *Building Smart Cities* (pp. 74–89). Auerbach Publications. <https://doi.org/10.1201/b18827-11>
- Talavera, J. M., Tobón, L. E., Gómez, J. A., Culman, M. A., Aranda, J. M., Parra, D. T., Quiroz, L. A., Hoyos, A., & Garreta, L. E. (2017). Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.015>
- Talero-Sarmiento, L. H., Parra-Sanchez, D. T., & Lamos Diaz, H. (2023). Opportunities and Barriers of Smart Farming Adoption by Farmers Based on a Systematic Literature Review. *Proceedings INNODOCT/22. International Conference on Innovation, Documentation and Education*, 53–64. <https://doi.org/10.4995/INN2022.2023.15746>

- Tantalaki, N., Souravlas, S., & Roumeliotis, M. (2019). Data-Driven Decision Making in Precision Agriculture: The Rise of Big Data in Agricultural Systems. *Journal of Agricultural & Food Information*, 20(4), 344–380. <https://doi.org/10.1080/10496505.2019.1638264>
- ThinkLink. (2022). *AgroRIEGO - Ayudando al agricultor a regar inteligentemente su cultivo*. AgroRiego. <https://www.thinklink.com.co/es/agroriego>
- Tomaszewski, L. E., Zarestky, J., & Gonzalez, E. (2020). Planning Qualitative Research: Design and Decision Making for New Researchers. *International Journal of Qualitative Methods*, 19, 160940692096717. <https://doi.org/10.1177/1609406920967174>
- UNAB. (2021). *Así avanza Agriot, el proyecto que impactará positivamente a los agricultores colombianos / Quiero ser UNAB. Así avanza Agriot, el proyecto que impactará positivamente a los agricultores colombiano*. <https://unab.edu.co/publicacion163/>
- United Nations. (2015). United Nations Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. En *United Nations*.
- Usability. (2020). *Personas | Usability.gov*. Methods. <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/personas.html>
- Vandna, & Bansal, K. L. (2020). Data mining techniques for increasing smart farming in agrarian sector. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2), 3555–3562. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079654521&partnerID=40&md5=9e10b4f18e1443ccc0b75441540536f4>
- Viviana, T. D., & Wilman-Santiago, O. M. (2022). Digital illiteracy, internet use at work and economic growth at the provincial level in Ecuador. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2022-June*. <https://doi.org/10.23919/CISTI54924.2022.9820485>

W3. (2015). *Técnicas para WCAG 2.0*. Techniques for WCAG 2.0.

<https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/>

W3. (2022a). *Understanding Guideline 1.3: Adaptable*. Adaptable.

<https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/adaptable>

W3. (2022b). *Understanding Guideline 1.4: Distinguishable*. Distinguishable.

<https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/distinguishable>

W3. (2022c). *Understanding Guideline 2.2: Enough Time*. Enough Time.

<https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/enough-time>

W3. (2022d). *Understanding Guideline 2.4: Navigable*. Navigable.

<https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/navigable>

W3. (2022e). *Understanding Guideline 3.1: Readable*. Readable.

<https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/readable>

W3. (2022f). *Understanding Guideline 3.2: Predictable*. Predictable.

<https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/predictable>

W3. (2022g). *Understanding Guideline 3.3: Input Assistance*. Input Assistance.

<https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/input-assistance>

W3C. (2021). *Accesibilidad móvil en W3C | Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) | W3C*. Mobile.

<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/mobile/>

W3C. (2022a). *Accesibilidad Cognitiva en el W3C | Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) | W3C*.

Cognitive. <https://www.w3.org/WAI/cognitive/>

W3C. (2022b). *Accesibilidad Cognitiva en el W3C | Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) | W3C*.

Cognitive. <https://www.w3.org/WAI/cognitive/>

W3C. (2022c, marzo 31). *Introduction to Web Accessibility / Web Accessibility Initiative (WAI) /*

W3C. Introduction to Web Accessibility.

<https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>

Wan Mokhtar, W. N. H., Izhar, T. A. T., Zaini, M. K., & Hussin, N. (2022). The Importance of Digital Literacy Skills among Farmers for Sustainable Food Security. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 11(1).

<https://doi.org/10.6007/ijarped/v11-i1/12104>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>

Yara Colombia. (2022). *Yara ImageIT / Yara Colombia*. landing Page.

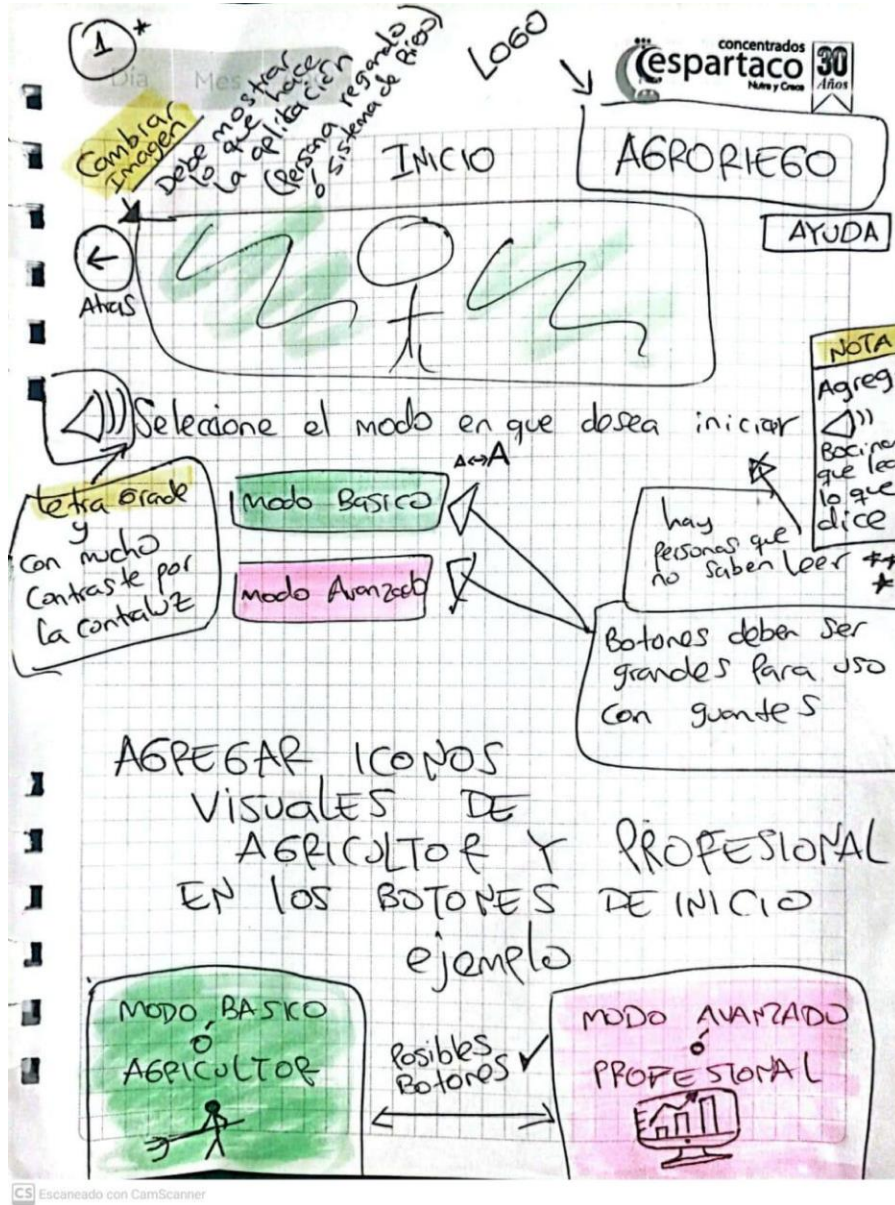
<https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/portafolio-digital/yara-imageit/>

Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., & Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170,

105256. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256>

Apéndices

Apéndice A Prototipo Papel.pdf



Día Mes Año
 espartaco ^{concentrados} 30 Años
 MARY CARRASCO ^{Logo} 60

②+ NODOS - SENSORES

CAMBIAR IMAGEN
 Puntos DE
 RIEGO

AGROPIEGO

ESTADO DE LOS NODOS SENSORES DEL CULTIVO

Letra GRANDE


 SELECCIONE EL NODO QUE DESEA CONSULTAR

Botón Grande
Cambiar color por
Contraste

NODO
1

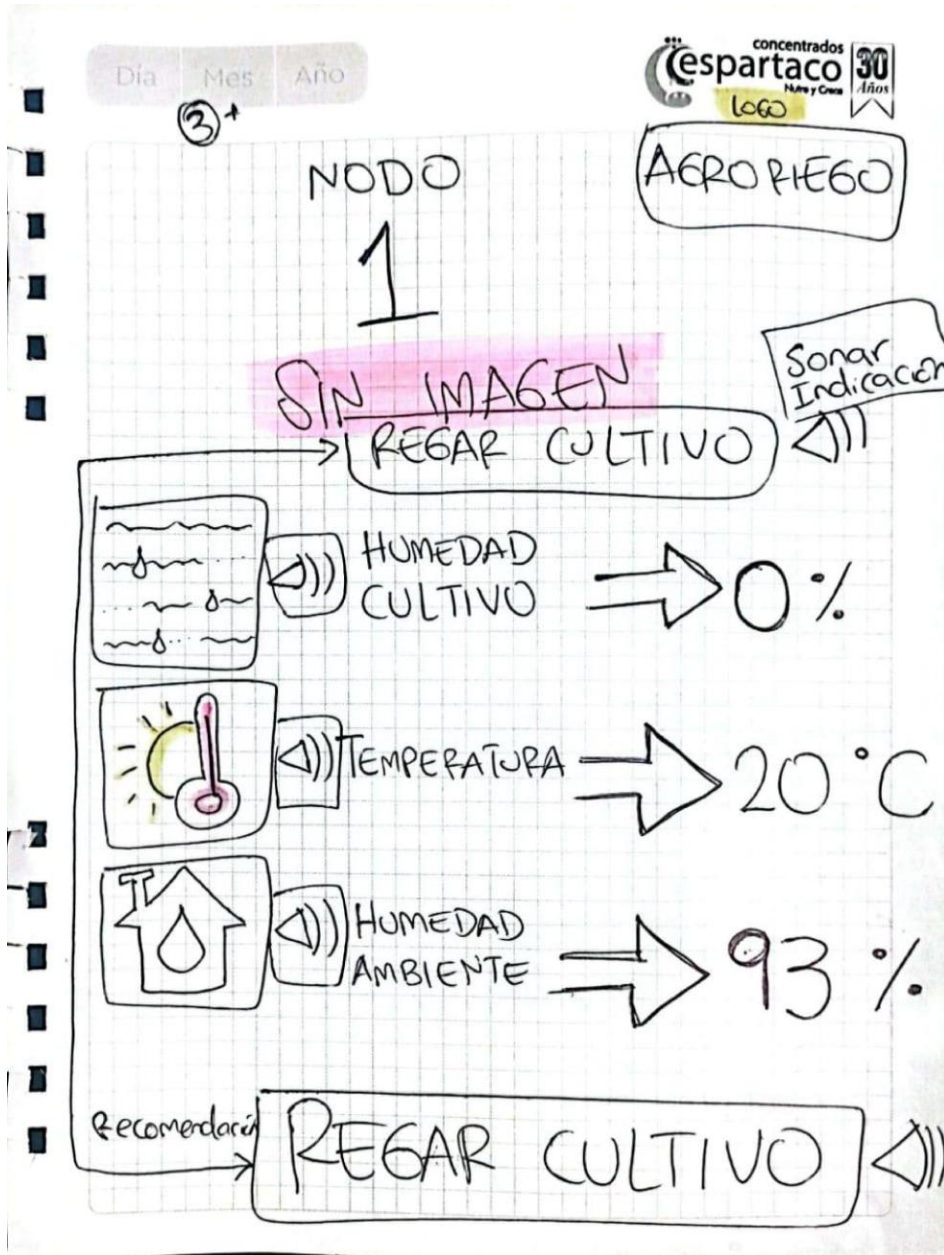
NODO
2

NODO
3

NODO
4

EL nodo físico que se encuentra en el cultivo debe ser visible para el agricultor de tal forma que lo identifique rápidamente cuando esté usando la app

CS Escaneado con CamScanner








Día Mes Año

concentrados **espartaco** 30 Años
Nave y Cereales

LOGO

① VARIABLES ATMOSFERICAS

AGRO RIEGO

-  **PROBABILIDAD DE LLUVIA**
0 33 66 100
BAJO MEDIO ALTO
-  **HUMEDAD AMBIENTE**
0 100
BAJO MEDIO ALTO
-  **TEMPERATURA AMBIENTE**
0 100
BAJO MEDIO ALTO
-  **PUNTO ROCIO**
0 100
BAJO MEDIO ALTO
-  **RAYOS ULTRAVIOLETA**
0 100
BAJO MEDIO ALTO

ESTADO DEL TIEMPO
MUY NUBOSO

RIEGO DE CULTIVO



SELECCIONE EL MODO
EN QUE DESEA INICIAR

**MODO BÁSICO
AGRICULTOR**

**MODO
AVANZADO**



NODOS SENSORES



SELECCIONE EL NODO
QUE DESEA CONSULTAR



NODO

1

NODO


2


NODO

3


NODO

4


 **NODO
1**

 → **0%**

**HUMEDAD
CULTIVO**

 → **20°C**



TEMPERATURA

 → **93%**

**HUMEDAD
AMBIENTE**

**REGAR
CULTIVO**



← **VARIABLES
ATMOSFÉRICAS**

 → **ALTO** 

**PUNTO DE
ROCIO**

 → **BAJO** 

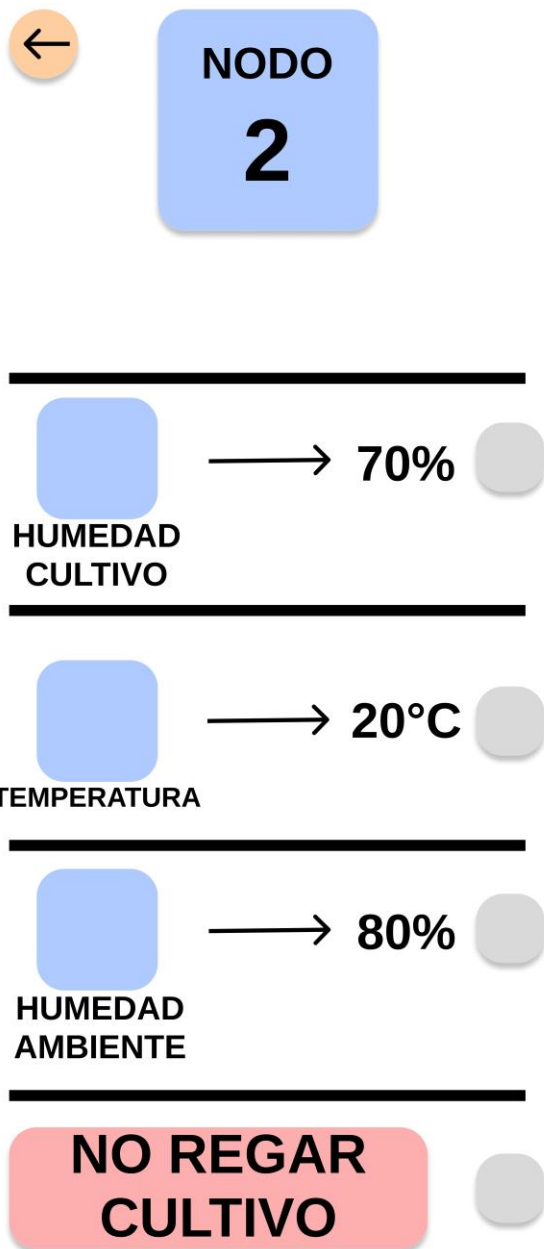
**RAYOS
ULTRAVIOLETA**

 → **ALTA** 

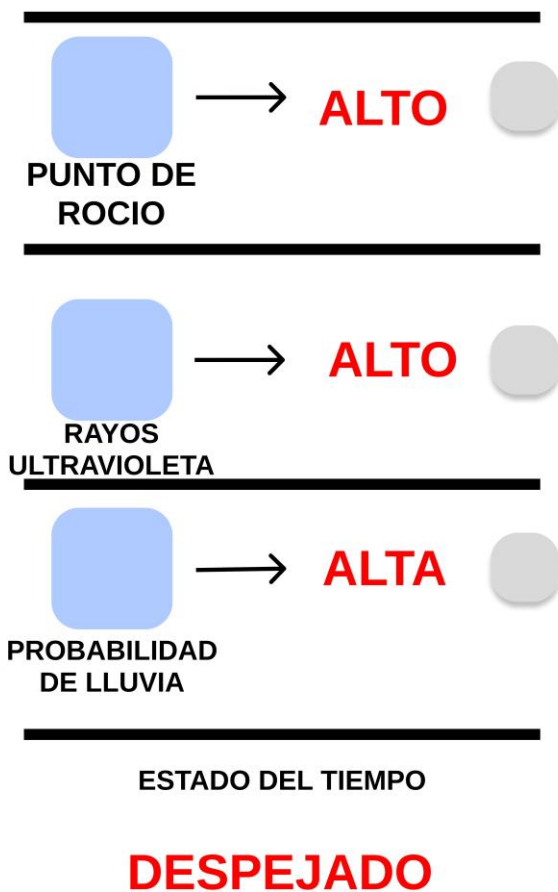
**PROBABILIDAD
DE LLUVIA**


ESTADO DEL TIEMPO



CON NUBES







← **VARIABLES
ATMOSFÉRICAS**




 **NODO**
3



 → **0%** 
HUMEDAD CULTIVO

 → **20°C** 
TEMPERATURA



 → **93%** 
HUMEDAD AMBIENTE

REGAR CULTIVO 

← **VARIABLES
ATMOSFÉRICAS**


 → **ALTO** 
PUNTO DE
ROCIO


 → **BAJO** 
RAYOS
ULTRAVIOLETA

 → **ALTA** 
PROBABILIDAD
DE LLUVIA


ESTADO DEL TIEMPO

CON NUBES


 **NODO
4**

 → **70%**

**HUMEDAD
CULTIVO**

 → **20°C**

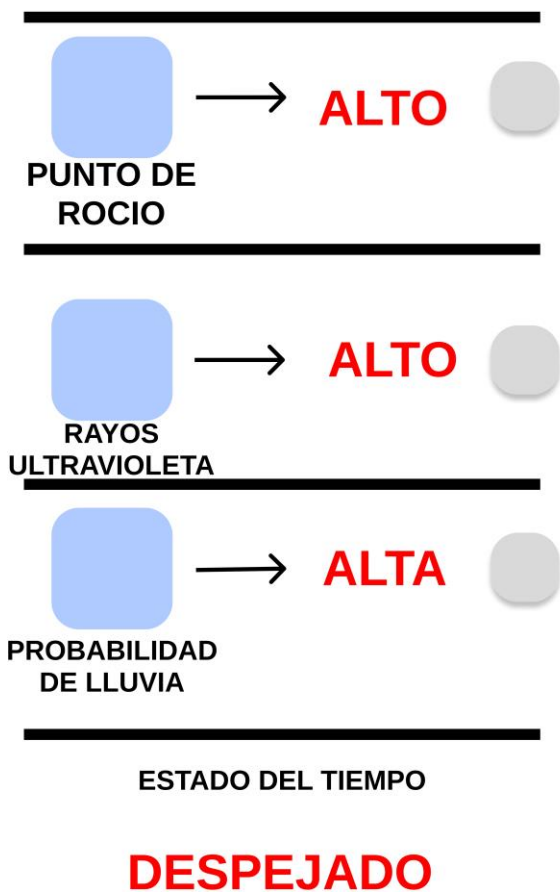
TEMPERATURA

 → **80%**

**HUMEDAD
AMBIENTE**

**NO REGAR
CULTIVO**

← **VARIABLES
ATMOSFÉRICAS**



Riego de Cultivo



Seleccione el
tipo de usuario

**Modo Básico
Agricultor**

Modo Avanzado



Nodos Sensores



Seleccione el
Nodo



Nodo
1

Nodo
2

Nodo
3

Nodo
4



Nodo
1

REGAR
CULTIVO



→ **0%**



Humedad
Cultivo



→ **20°C**



Temperatura



→ **93%**



Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de Rocio



ALTO



Rayos Ultravioleta



BAJO



Probabilidad de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES



Nodo
2

NO REGAR
CULTIVO



→ **70%**



Humedad
Cultivo



→ **20°C**



Temperatura



→ **80%**



Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de Rocio



ALTO



Rayos Ultravioleta



BAJO



Probabilidad de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES



NODO
3

REGAR
CULTIVO



→ **0%**



Humedad
Cultivo



→ **20°C**



Temperatura



→ **93%**



Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de Rocio



ALTO



Rayos Ultravioleta



BAJO



Probabilidad de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES



NODO
4

NO REGAR
CULTIVO



→ **70%**



Humedad
Cultivo



→ **20°C**



Temperatura



→ **80%**



Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de Rocio



ALTO



Rayos Ultravioleta



BAJO



Probabilidad de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES

Riego de Cultivo



Seleccione el
tipo de usuario



Modo Básico
Agricultor



Modo
Avanzado





Nodos Sensores



Seleccione el
Nodo



Nodo
1

Nodo
2

Nodo
3

Nodo
4



Nodo
1

REGAR
CULTIVO



0%



Humedad
Cultivo



20°C



Temperatura



93%



Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de Rocio



ALTO



Rayos Ultravioleta



BAJO



Probabilidad de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES



Nodo
2

NO REGAR
CULTIVO



→ **70%** 

Humedad
Cultivo



→ **20°C** 

Temperatura



→ **80%** 

Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de Rocio



ALTO



Rayos Ultravioleta



BAJO



Probabilidad de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES



NODO
3

REGAR
CULTIVO



0%



Humedad
Cultivo



20°C



Temperatura



93%



Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de
Rocio



ALTO



Rayos
Ultravioleta



BAJO



Probabilidad
de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES



NODO
4

NO REGAR
CULTIVO



→ **70%** 

Humedad
Cultivo



→ **20°C** 

Temperatura



→ **80%** 

Humedad
Ambiente



Variables Atmosféricas



Punto de Rocio



ALTO



Rayos Ultravioleta



BAJO



Probabilidad de lluvia



ALTA



Estado del tiempo
CON NUBES

Riego de Cultivo



Seleccione el tipo de usuario



Modo Básico
Agricultor



Modo Avanzado



← Nodos Sensores



Seleccione el Nodo



Nodo

1

Nodo

2

Nodo

3

Nodo

4

←

Nodo 1

REGAR CULTIVO

Humedad Cultivo → 0%

Temperatura → 20°C

Humedad Ambiente → 93%

← **Variables Atmosféricas**

Punto de Rocío → ALTO

Probabilidad de lluvia → ALTA

Rayos Ultravioleta → BAJO

Estado del tiempo **CON NUBES**

←

Nodo 2

NO REGAR CULTIVO

Humedad Cultivo → 0%

Temperatura → 20°C

Humedad Ambiente → 93%

←

Variables Atmosféricas

Punto de Rocío → ALTO

Probabilidad de lluvia → ALTA



Rayos Ultravioleta → BAJO



Estado del tiempo **CON NUBES**



←

Nodo 3

REGAR CULTIVO



Humedad Cultivo  → 0% 

Temperatura  → 20°C 



Humedad Ambiente  → 93% 

←



Variables Atmosféricas

 → **ALTO** 

Punto de Rocío

 → **ALTA** 

Probabilidad de lluvia

 → **BAJO** 

Rayos Ultravioleta

Estado del tiempo
CON NUBES

←

Nodo 4

NO REGAR CULTIVO

Humedad Cultivo → 0%

Temperatura → 20°C

Humedad Ambiente → 93%

←

Variables Atmosféricas

Punto de Rocío → ALTO

Probabilidad de lluvia → ALTA

Rayos Ultravioleta → BAJO

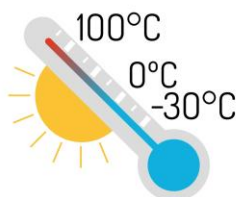
Estado del tiempo **CON NUBES**

Apéndice F *Ficha Técnica.pdf***Agricultor**

La relación del humano con la tierra y las plantas.

**Analista**

El paisaje de los datos de la agricultura.



Temperatura

El termómetro.



Rayos UV

La fuente



Probabilidad de lluvia

Iconos universales
acá y en japon saben
de nubes y gotas.



Humedad Ambiente

La casa y la gota
son iconos clásicos
espacio y agua.



Humedad cultivo

El paisaje de los datos
de la agricultura.



Punto de Rocío

Temperatura a la que
el agua se condensa



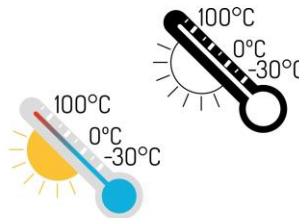
Agricultor



Analista



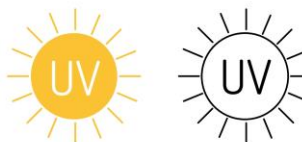
Humedad Ambiente



Temperatura



Probabilidad de Lluvia



Rayos UV



Punto de Rocío



Humedad cultivo

Bocina 

Paleta de color primaria **AgrsRIEGO**

Plantas

C: 64%

M: 15%

Y: 100%

K: 2%

R: 110

G: 162

B: 47

#6EA22F



Agua

C: 72%

M: 7%

Y: 7%

K: 0%

R: 16

G: 176

B: 221

#10B0DD



Sol, flor

C: 0%

M: 26%

Y: 84%

K: 0%

R: 252

G: 195

B: 52

#FCC334



Tierra

C: 47%

M: 55%

Y: 78%

K: 55%

R: 91

G: 71

B: 42

#5B472A

Colores complementarios



Piel

C: 0% R: 251
 M: 22% G: 211
 Y: 33% B: 177
 K: 0% #FBD3B1



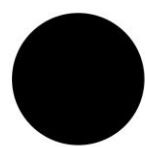
Detalles

C: 0% R: 231
 M: 82% G: 74
 Y: 92% B: 31
 K: 0% #E74A1F



Gris

C: 16% R: 220
 M: 11% G: 220
 Y: 13% B: 220
 K: 0% #DCDCDC



Bocina

C: 0% R: 0
 M: 0% G: 0
 Y: 0% B: 0
 K: 100% #000000

Ficha técnica iconos Mauren Càrdenas