

Diseño de interfaz y experiencia de usuario en AgroPredict: Plataforma de predicción frutícola para usuarios administrativos y gerenciales

Matías Antonio Aguayo Hernández

matias.aguayo@usm.cl

Luis Felipe Rojas Concha
Profesor Guía

Francis Gloria Fuentes Chacana
Profesor Correferente

Resumen: El sector agrícola enfrenta desafíos crecientes asociados a la variabilidad climática, la eficiencia en el uso de recursos y la necesidad de optimizar la planificación de la producción. En este contexto se desarrolla AgroPredict, una plataforma diseñada en conjunto con la empresa Neering, destinada a la predicción frutícola en Chile. Su propósito es apoyar a perfiles administrativos y gerenciales mediante información clara, confiable y visualmente comprensible para la toma de decisiones estratégicas. La investigación aborda las causas que dificultan la incorporación de herramientas predictivas en entornos no técnicos, tales como interfaces complejas, baja claridad visual y sobrecarga cognitiva. Para ello se aplica un diseño de interfaz y experiencia de usuario (UX) basado en el modelo de doble diamante, que contempla fases de investigación, definición, ideación, prototipado y validación mediante prueba de usabilidad y la escala System Usability Scale (SUS). Los resultados obtenidos evidencian una mejora progresiva en la usabilidad percibida y en la claridad de interacción, alcanzando en la evaluación final un puntaje SUS de 83.1. Estos hallazgos respaldan la efectividad del enfoque iterativo aplicado, fortaleciendo el desarrollo futuro de la plataforma y su aplicación en entornos agrícolas reales.

Palabras clave: Experiencia de usuario, Interfaz de usuario, AgroPredict, Predicción frutícola, Usabilidad, System Usability Scale.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Diseño de interfaz y experiencia de usuario en AgroPredict:

Título del trabajo: Plataforma de predicción frutícola para usuarios administrativos y gerenciales

Nombre del candidato(a): Matías Antonio Aguayo Hernández

Carrera / Grado: Ingeniería en Informática

Campus: Sede Viña del Mar **Departamento:** Electrotecnia e Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Luis Felipe Rojas Concha, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 14 / 01 / 2026

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 14 / 01 / 2026

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



1 Introducción

El sector agrícola chileno enfrenta desafíos crecientes asociados a la variabilidad climática, la eficiencia en el uso de recursos y la necesidad de optimizar la planificación productiva. Estos factores exigen soluciones tecnológicas capaces de transformar datos ambientales y productivos en información útil para la toma de decisiones estratégicas.

Ante esta necesidad, surge AgroPredict, una plataforma web de predicción frutícola desarrollada desde cero por estudiantes de Ingeniería en Informática de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar, en colaboración con la empresa Neering. Su objetivo es apoyar la gestión agrícola mediante el uso de modelos predictivos que integren variables climáticas y productivas, presentadas en una interfaz clara, intuitiva y enfocada en perfiles administrativos y gerenciales.

La problemática principal identificada es la ausencia de herramientas digitales comprensibles para usuarios no técnicos dentro del sector agrícola. Muchas plataformas existentes priorizan la exactitud técnica por sobre la usabilidad, generando baja adopción, frustración y poca confianza en sus resultados.

La solución propuesta consiste en diseñar y validar la experiencia de usuario (UI/UX) de AgroPredict, aplicando el modelo del doble diamante [9] como marco metodológico. Este proceso abarca fases de investigación, definición, diseño y validación, centradas en usuarios representativos y apoyadas por metodologías reconocidas como las Heurísticas de Nielsen [3], la escala SUS [4] y los principios de factores humanos [8].

Los resultados obtenidos evidencian una mejora en la comprensión de los resultados predictivos y en la eficiencia de interacción, junto con un incremento en la confianza y satisfacción percibida por los usuarios. En particular, la evaluación final mediante SUS alcanzó un puntaje de 83.1, correspondiente a un nivel de usabilidad "Excelente" según Bangor et al. [5].

La sección 2 presenta la descripción del problema y el contexto de la solución; la sección 3 expone los objetivos; la sección 4 detalla la metodología y el plan de trabajo; la sección 5 desarrolla el marco teórico; la sección 6 describe el desarrollo de la propuesta y los resultados del proceso iterativo; la sección 7 presenta los resultados del sistema AgroPredict y su estructura final; la sección 8 discute los hallazgos; y la sección 9 expone las conclusiones y proyecciones de trabajo futuro.

2 Descripción del Problema y Solución

2.1 Contexto y situación actual

El sector agrícola chileno se encuentra en un proceso de transformación digital impulsado por la necesidad de aumentar la eficiencia productiva y responder a la incertidumbre climática. Sin embargo, gran parte de las soluciones tecnológicas disponibles se orientan a usuarios con formación técnica, dejando fuera a quienes toman decisiones estratégicas, como administradores, encargados de producción o gerentes, que necesitan información clara, sintética y visualmente confiable.

Este escenario evidencia la falta de herramientas accesibles y usables que traduzcan datos complejos en información comprensible para la gestión agrícola.



2.2 Problema Central

El problema central identificado es que los perfiles administrativos y gerenciales del sector agrícola carecen de una herramienta digital que les permita comprender e interpretar predicciones productivas de manera simple y confiable.

Actualmente, la información predictiva se presenta de forma dispersa, con interfaces densas o lenguaje excesivamente técnico, lo que genera dificultad de comprensión, baja adopción y desconfianza en los resultados.

Esto limita la capacidad de las empresas agrícolas para utilizar los datos predictivos como insumo en la planificación y toma de decisiones, generando una brecha entre el potencial tecnológico existente y el valor real percibido por los usuarios finales.

2.3 Actores y usuarios

A continuación, se describen los perfiles principales considerados para el diseño del sistema. Estos actores representan el público objetivo al que se orienta la solución.

- Jefe/a de campo: Responsable de supervisar las labores agrícolas en terreno, coordinar personal y velar por el cumplimiento de los planes productivos. Requiere indicadores simples, actualizados y fáciles de interpretar para tomar decisiones diarias con rapidez.
- Gerencia/Administración: Encargados de la planificación estratégica, asignación de recursos y evaluación de resultados financieros y productivos. Necesitan reportes comparables y visuales que respalden la gestión a mediano y largo plazo.

En coherencia con los perfiles definidos, la plataforma no se limita a presentar predicciones, sino que estructura información accionable (indicadores clave de desempeño (KPIs), alertas, visualizaciones de resultados y nivel de confianza) para apoyar decisiones en distintos niveles. En el nivel operativo, el/la jefe/a de campo utiliza indicadores recientes y alertas para priorizar y ajustar actividades diarias en terreno. En el nivel táctico, el perfil administrativo emplea resultados e historial para coordinar recursos y planificar acciones en horizontes semanales o mensuales. Finalmente, en el nivel estratégico, el perfil gerencial utiliza información consolidada y comparable para respaldar decisiones de planificación productiva y asignación de recursos en el mediano y largo plazo, reduciendo la dependencia de interpretación técnica externa.

Ambos perfiles comparten la necesidad de contar con una interfaz visualmente ordenada, que permita comprender datos predictivos sin depender de conocimientos técnicos avanzados.

2.4 Consecuencias y relevancia

La falta de herramientas diseñadas para estos perfiles genera ineficiencia en la gestión agrícola, dependencia de intermediarios técnicos y riesgos en la toma de decisiones. En un contexto donde la precisión y oportunidad de los datos son determinantes, la usabilidad y comprensibilidad se vuelven factores críticos para garantizar que la tecnología aporte valor real a la gestión productiva.

Abordar esta problemática desde un enfoque de diseño centrado en el usuario (DCU) permite crear una solución efectiva, que reduzca la carga cognitiva y mejore la confianza en el uso de tecnología aplicada a la agricultura.



2.5 Orientación hacia la solución

Para responder a esta necesidad, se propone el desarrollo de AgroPredict, una plataforma digital predictiva centrada en el usuario.

Su propósito es transformar los resultados de modelos agrícolas y climáticos en visualizaciones comprensibles, priorizando la claridad visual, la simplicidad de navegación y la coherencia estética.

La solución incluye la definición de una arquitectura de información jerárquica, flujos de interacción intuitivos y un sistema visual coherente.

Además, se evaluará su usabilidad mediante pruebas de usuario y la escala SUS [4]-[6], garantizando la efectividad y satisfacción en el uso del sistema.

3 Objetivo General y Específicos

Objetivo General:

Diseñar y validar una plataforma web con enfoque en interfaz y experiencia de usuario (UI/UX), orientada a facilitar a perfiles administrativos y gerenciales la comprensión de resultados predictivos frutícolas, mejorando la eficiencia y la confianza en la toma de decisiones.

Objetivos Específicos:

OE1. Identificar las necesidades y comportamientos de los usuarios para definir la arquitectura de la información y los flujos principales del sistema.

OE2. Definir la arquitectura de la información y los flujos principales del sistema.

OE3. Establecer un sistema de diseño visual coherente y usable.

OE4. Elaborar prototipos de distintos niveles de fidelidad.

OE5. Evaluar la propuesta con usuarios representativos para comprobar su usabilidad y análisis de retroalimentación.

OE6. Proponer lineamientos para la implementación final de la solución en el entorno productivo de AgroPredict.

4 Metodología y Plan de Trabajo

El proyecto aplica el modelo del *doble diamante* [9], utilizado como marco metodológico de referencia. Dicho modelo contempla cuatro fases que permiten explorar problemas, definir necesidades, idear soluciones y validarlas con usuarios.

Este modelo se complementa con los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) [11], garantizando la participación de los usuarios durante todo el desarrollo:

1. Discovery: En esta fase se investiga el contexto agrícola, los desafíos de adopción tecnológica y las necesidades de los perfiles administrativos y gerenciales. Para ello se utilizan entrevistas exploratorias y de guerrilla, aplicadas tanto a usuarios representativos como a personas con características etarias y laborales similares al público objetivo. Complementariamente, se realiza un análisis de referentes visuales y una revisión de literatura sobre usabilidad y diseño centrado en el usuario.
2. Define: En esta etapa se sintetizan los hallazgos obtenidos, identificando patrones, frustraciones y oportunidades de mejora. A partir de ello, se define el

- problema central de usabilidad en AgroPredict y se establecen los requerimientos funcionales de diseño que guiarán el desarrollo posterior.
3. Design: En esta fase se elaboran prototipos de media y alta fidelidad en Figma, se construye un sistema de diseño visual coherente y se definen los componentes principales de la interfaz. El proceso se desarrolla de forma iterativa, integrando la retroalimentación proveniente del patrocinador (Neering) y de usuarios representativos.
 4. Deliver: Finalmente, se valida la propuesta mediante pruebas de usabilidad con participantes y la aplicación de la encuesta SUS, con el fin de evaluar la comprensión, eficiencia y satisfacción del sistema. Los resultados obtenidos permiten realizar ajustes finales en la interfaz antes de su implementación definitiva [4], [5], [6].

Si bien este modelo sirve como guía general, en la práctica el desarrollo de AgroPredict no comenzó con prototipos de baja fidelidad ni wireframes simples, sino que avanzó directamente hacia prototipos de media y alta fidelidad. Esta decisión se tomó debido a los tiempos acotados del proyecto y la necesidad de presentar en el Sprint 1 una interfaz trabajada y funcional, que sirviera como base para las iteraciones posteriores.

Desde esa primera entrega, el trabajo se ha desarrollado de forma iterativa: se recibieron comentarios del patrocinador (Neering) y de usuarios representativos, los cuales han permitido ajustar tanto la ubicación de los elementos en pantalla como la paleta de colores, tipografía y consistencia de la interfaz. El proceso, por lo tanto, ha priorizado la construcción rápida de prototipos funcionales y su validación temprana, antes que una exploración extensa de bocetos iniciales.

Plan de trabajo secuencial (abril-noviembre 2025):

Tabla 1. Plan de trabajo secuencial (abril-noviembre 2025)

Actividades	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>
1. Definir idea base y requerimientos iniciales	X	X						
2. Planificación del MVP y organización del equipo	X	X	X	X	X	X	X	
3. Desarrollo del MVP técnico (interfaz inicial)		X	X	X				
4. Feedback de usuarios y patrocinador			X	X	X	X		
5. Ajustes de prototipos + preparación marco teórico					X	X	X	
6. Consolidación marco teórico y refinamiento						X	X	X
7. Diseño iterativo en Figma + pruebas piloto					X	X	X	
8. Validaciones finales + Encuesta SUS + Feria de Software 2025							X	X

5 Marco Teórico

El marco teórico sustenta la investigación en torno al diseño de experiencia de usuario aplicado a sistemas predictivos en el contexto agrícola, integrando fundamentos



conceptuales, normativos y metodológicos que justifican las decisiones tomadas en el desarrollo de AgroPredict.

El objetivo de este capítulo es establecer la base científica y teórica sobre la cual se estructura la propuesta de diseño, abordando temas como la experiencia de usuario (UX), la usabilidad, los factores humanos, las metodologías de diseño centradas en el usuario y la agricultura digital como dominio de aplicación.

De esta forma, se busca explicar cómo los principios y modelos del diseño UX pueden contribuir a mejorar la adopción, comprensión y efectividad de herramientas predictivas, especialmente en perfiles administrativos y gerenciales del sector agrícola.

5.1 Experiencia de usuario (UX)

La experiencia de usuario (UX) es un campo multidisciplinario que estudia las percepciones, emociones y respuestas que una persona experimenta al interactuar con un sistema o producto digital. De acuerdo con la norma ISO 9241-210 [2], el diseño centrado en el usuario se basa en la comprensión profunda de los usuarios, sus tareas y su entorno, promoviendo su participación durante todo el proceso de desarrollo.

Asimismo, la ISO 9241-11 [1] define la usabilidad como el grado en que un sistema puede ser utilizado de forma eficaz, eficiente y satisfactoria por usuarios específicos, dentro de un contexto determinado de uso. Estas definiciones establecen una diferencia fundamental entre una interfaz meramente funcional y una interfaz verdaderamente usable, capaz de adaptarse a las capacidades cognitivas y expectativas de sus usuarios.

En el contexto agrícola, la UX adquiere especial relevancia, ya que la mayoría de las herramientas digitales existentes se centran en la precisión técnica, pero no en la interpretabilidad de los resultados. Esto genera un escenario en el que las soluciones tecnológicas, aunque potentes, no siempre son adoptadas por los perfiles que más las necesitan.

El diseño de AgroPredict busca justamente revertir esta situación, aplicando los principios de la UX para traducir la complejidad técnica de los modelos predictivos en información comprensible, visualmente coherente y útil para la toma de decisiones gerenciales.

5.2 Métodos de Diseño y Evaluación UX

Los métodos de diseño y evaluación UX proporcionan las herramientas que permiten comprender a los usuarios, definir sus necesidades, diseñar soluciones adecuadas y validarlas empíricamente. En el desarrollo de AgroPredict, se consideraron tres pilares metodológicos complementarios: Las Heurísticas de Nielsen, la escala SUS (System Usability Scale) y la arquitectura de la información con prototipado iterativo.

Heurísticas de Nielsen.

Jakob Nielsen [3] formuló diez principios de usabilidad, conocidos como heurísticas de diseño de interfaces.

Entre los más relevantes para AgroPredict destacan: La visibilidad del estado del sistema, la consistencia y estándares, la prevención de errores y la correspondencia entre el sistema y el mundo real.

Estos principios no solo guían la evaluación de la interfaz, sino que también orientan decisiones de diseño que buscan minimizar la carga cognitiva y mejorar la comprensión visual de los resultados predictivos.

Encuesta SUS (System Usability Scale).

El SUS, creada por Brooke [4], es uno de los instrumentos más utilizados para medir la percepción de usabilidad.

Su simplicidad (diez ítems tipo Likert) y su validez psicométrica, confirmada por investigaciones de Bangor et al. [5] y Lewis [6], la convierten en una herramienta estándar para evaluar la satisfacción y eficiencia de un sistema.

En AgroPredict, la SUS se utilizó de manera iterativa en los distintos Sprint de desarrollo, permitiendo cuantificar las mejoras de la interfaz y establecer comparaciones entre versiones.

Arquitectura de la información y prototipado.

Según Jesse James Garrett [7], la arquitectura de la información consiste en estructurar los contenidos de manera lógica y jerárquica, permitiendo que los usuarios encuentren lo que necesitan sin esfuerzo.

En conjunto con el prototipado iterativo, este enfoque permite explorar, testear y refinar la interfaz antes de su implementación técnica definitiva.

En el caso de AgroPredict, la aplicación de estos métodos aseguró una navegación coherente, con flujos que priorizan las tareas críticas, como asegurar una predicción o visualizar resultados, reduciendo la complejidad visual y conceptual del sistema.

5.3 Factores humanos

El diseño de interfaces no puede desligarse de los factores humanos y de los principios de la interacción humano-computador (HCI).

Norman [8] plantea que la calidad de la experiencia depende de la alineación entre las capacidades cognitivas del usuario y el modelo conceptual del sistema.

Variables como la memoria de trabajo, la percepción visual, la atención selectiva y la carga cognitiva influyen directamente en la capacidad del usuario para comprender e interpretar información.

En el contexto de AgroPredict, estos factores adquieren una importancia especial. Los usuarios administrativos deben procesar gran cantidad de datos en poco tiempo, sin poseer formación técnica en modelamiento estadístico o inteligencia artificial.

Por ello, la interfaz se diseñó para minimizar el esfuerzo mental, aplicando estrategias como el agrupamiento de la información, la coherencia visual entre vistas y el uso de metáforas visuales que facilitan la interpretación de resultados.

Este enfoque busca promover un flujo cognitivo natural, en el cual el usuario perciba control, comprensión y confianza en las predicciones generadas por el sistema.

5.4 Metodologías de diseño

El proceso de diseño de AgroPredict integra tres marcos teóricos ampliamente reconocidos: Design Thinking [10], Diseño Centrado en el Usuario (DCU) [11] y el modelo del doble diamante del Design Council [9].

El Design Thinking promueve la empatía y la ideación creativa mediante ciclos de exploración, ideación y experimentación.

El DCU, en cambio, enfatiza la participación continua de los usuarios durante todo el proceso de desarrollo, garantizando que las decisiones de diseño se ajusten a necesidades reales.

Por su parte, el modelo del doble diamante [9] organiza el proceso en cuatro etapas: Descubrir, Definir, Desarrollar y Entregar, alternando entre fases de divergencia (exploración) y convergencia (síntesis).

En AgroPredict, este modelo se adaptó a un contexto académico y de tiempo acotado, priorizando la creación de prototipos funcionales de media y alta fidelidad sobre etapas extensas de bocetado.

El proceso se desarrolló de manera iterativa, integrando retroalimentación continua del equipo patrocinador (Neering) y de usuarios representativos, lo que permitió mantener coherencia entre la visión conceptual y la implementación técnica.

5.5 Dominio de estudio: Agricultura y sistemas predictivos

El dominio de estudio de esta investigación se sitúa en la intersección entre la agricultura de precisión, los sistemas predictivos y el diseño de interacción humano-computador. La agricultura moderna busca optimizar el rendimiento y el uso de recursos a través del monitoreo constante de variables ambientales, climáticas y productivas [12], [15], en un contexto global que avanza hacia la digitalización agrícola y la toma de decisiones basada en datos [17].

Tecnologías emergentes como el IoT, la visión por computador y el machine learning han permitido generar modelos predictivos de alta precisión; sin embargo, la interpretación de sus resultados sigue siendo un desafío crítico para los usuarios no técnicos [13], [14].

En este contexto, la investigación sobre la agricultura digital reconoce que la efectividad de una solución no depende únicamente del modelo predictivo, sino también de su capacidad de comunicación visual y cognitiva.

Un sistema comprensible permite transformar los datos en conocimiento accionable, reduciendo la dependencia de expertos y fortaleciendo la autonomía de los usuarios.

AgroPredict contribuye a este ámbito desde una perspectiva interdisciplinaria, combinando ingeniería, ciencia de datos y diseño de experiencia de usuario para crear una herramienta predictiva usable, confiable y adaptada al contexto chileno.

Siguiendo los principios del Diseño Centrado en el Usuario [11] y los postulados de Norman [8], la propuesta busca integrar lo técnico y lo humano, haciendo que la innovación tecnológica se traduzca en valor práctico.

Así, el dominio de estudio de AgroPredict representa un punto de convergencia entre tecnología, usabilidad y sostenibilidad agrícola, posicionando el diseño UX/UI como un factor clave para la adopción efectiva de herramientas predictivas en el sector frutícola nacional [8], [12], [13], [15], [17].

5.6 Trabajos relacionados

La literatura reciente muestra avances significativos en la aplicación de tecnologías predictivas en agricultura, aunque la mayoría de los estudios priorizan la precisión de los modelos por sobre la usabilidad de las interfaces.

En este sentido, la presente investigación busca complementar el enfoque tecnológico con una perspectiva centrada en el usuario.

Ferrández-Pastor [12] et al. proponen un método de diseño centrado en el usuario para sistemas agrícolas basados en IoT y computación en el borde, involucrando a agricultores en la definición temprana de funciones y flujos.



Este trabajo demuestra que la participación de los usuarios mejora la utilidad percibida y la aceptación de la tecnología.

Kempelis [13] et al. desarrollan un sistema de análisis predictivo para agricultura urbana mediante visión por computador y aprendizaje automático. Su trabajo destaca la importancia de representar de manera comprensible variables ambientales complejas, lo cual coincide con la necesidad de que AgroPredict traduzca resultados de modelos en visualizaciones accesibles para usuarios no técnicos.

Por su parte, Shams [14] et al. Integran inteligencia artificial explicable (XAI) en un sistema de recomendación agrícola, destacando que la transparencia y aplicabilidad en la interfaz aumentan la confianza del usuario.

Finalmente, Garg [15] et al. proponen un sistema multimodal de agricultura de precisión que combina sensores, IoT y modelos de aprendizaje automático. El desafío que señalan respecto a la sobrecarga de datos justifica la necesidad de un diseño centrado en el usuario que reduzca la carga cognitiva, aspecto que constituye el eje central de esta tesina.

En síntesis, los trabajos revisados demuestran avances técnicos sustantivos, pero una debilidad persistente en el diseño de interfaces comprensibles y usables. AgroPredict aborda precisamente este vacío, posicionando la experiencia de usuario como un componente estratégico dentro del ecosistema de la agricultura digital.

6 Desarrollo de la Propuesta

El presente capítulo detalla el proceso de diseño y desarrollo de la propuesta de interfaz y experiencia de usuario de AgroPredict, siguiendo el modelo metodológico del doble diamante propuesto por el Design Council [9].

Este proceso se enmarca en los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) [11] y de las normas internacionales ISO 9241-11 y ISO 9241-210 [1], [2], que orientan el diseño hacia la eficacia, eficiencia y satisfacción de uso.

Durante las distintas fases, se aplicaron métodos y técnicas UX tales como entrevistas exploratorias y de guerrilla, definición de personas, flujos de usuario, prototipado iterativo, evaluaciones heurísticas [3], y pruebas de usabilidad mediante la escala SUS (System Usability Scale) [4], [5], [6].

Estas actividades permitieron identificar los problemas de usabilidad, validar mejoras y fortalecer el diseño funcional del MVP de AgroPredict, actualmente utilizado como base en la Feria de Software 2025.

Este capítulo describe las actividades desarrolladas en cada fase del proceso, junto con los entregables más relevantes que documentan la evolución del diseño. Las figuras, tablas y diagramas fundamentales se presentan dentro del cuerpo del capítulo cuando resultan esenciales para comprender el avance del proyecto. En aquellos casos donde se requiere mayor nivel de detalle, se incorporan versiones extendidas en los anexos correspondientes.

6.1 Fase 1: Descubrir (Discover)

El objetivo de esta fase fue comprender el contexto agrícola, las necesidades de información y las características de los usuarios objetivo, identificando factores que influyen en la adopción de herramientas predictivas en entornos no técnicos. Para ello se realizaron entrevistas exploratorias semiestructuradas a $N = 6$ participantes, distribuidos en 4 del perfil operativo (jefatura/encargatura de campo o producción) y 2 del perfil gerencial (planificación y gestión), seleccionados por su relación con tareas de supervisión, análisis y toma de decisiones. Complementariamente, se aplicaron entrevistas de guerrilla orientadas a observar reacciones espontáneas frente a terminología técnica, densidad visual y formatos habituales de reporte, utilizando como estímulo interfaces de referencia del dominio agrícola (no prototipos de AgroPredict), con el fin de identificar expectativas previas y fricciones cognitivas comunes.

El análisis se apoyó en factores humanos descritos por Norman [8], con atención a carga cognitiva, percepción visual y memoria de trabajo. En general, los participantes priorizaron información sintética y jerárquica, lenguaje directo y señales visuales de profesionalismo, destacando que la confianza en los resultados depende en gran medida de consistencia entre módulos y retroalimentación clara del sistema.

En la Figura 6.1 se presentan los hallazgos agrupados por frecuencia, destacando claridad visual, lenguaje comprensible y consistencia como temas predominantes; estos resultados orientaron las decisiones de diseño posteriores, priorizando la reducción de carga cognitiva y la coherencia transversal entre vistas.

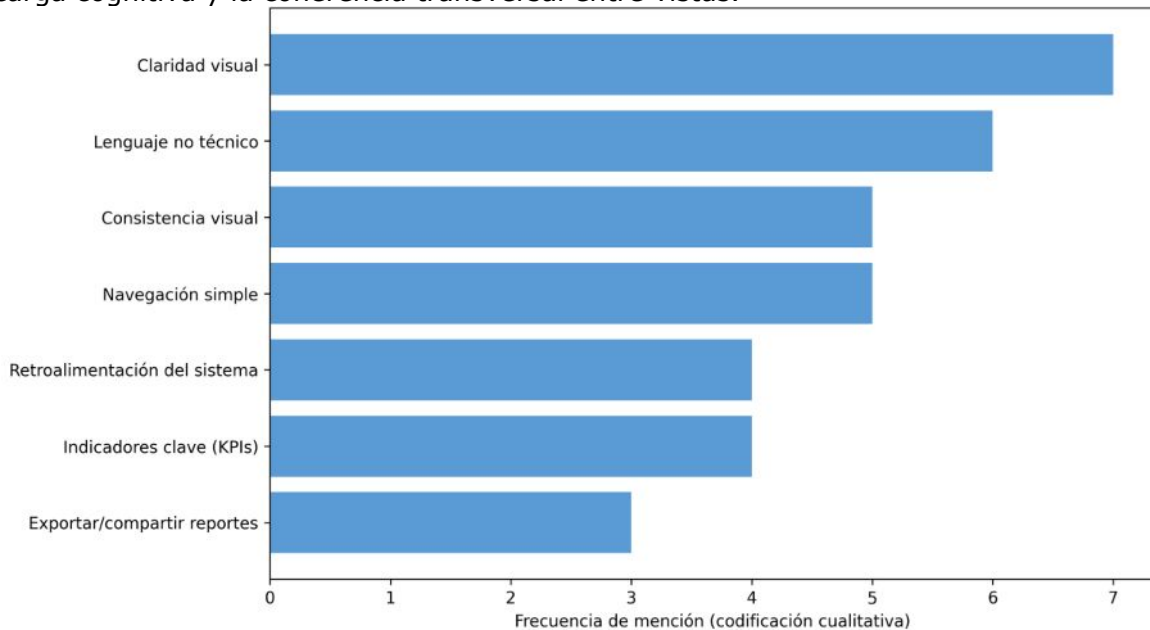


Figura 6.1. Categorización de hallazgos en entrevistas exploratorias de UX

Complementariamente, la Tabla 6.1 sintetiza las necesidades y frustraciones detectadas, incorporando ejemplos representativos que evidencian su impacto en la experiencia de usuario y en la navegación dentro del sistema.

Tabla 6.1. Principales necesidades y frustraciones detectadas durante la fase de "Descubrir"

Fuente: Elaboración propia, 2025

Tipo	Hallazgo	Ejemplo
Necesidad	Claridad visual y jerarquía	Tarjetas con títulos claros y cifras destacadas
Necesidad	Lenguaje comprensible	Sustituir tecnicismos por términos operativos
Necesidad	Navegación simple	Flujo lineal para crear y revisar predicciones
Necesidad	Consistencia	Mismos estilos entre módulos (botones, espaciado)
Necesidad	Feedback del sistema	Estados de carga y confirmaciones explícitas
Necesidad	Exportar reportes	Descarga de PDF/CSV para reuniones
Frustración	Densidad visual	Demasiada información en una sola vista
Frustración	Etiquetas técnicas	Campos con vocabulario estadístico
Frustración	Pasos innecesarios	Demasiados clics para llegar al resultado
Frustración	Inconsistencias	Variaciones de color/tipografía entre pantallas
Frustración	Falta de feedback	Acciones sin confirmación o estado de carga
Frustración	Cargas lentas	Pantallas en blanco sin indicador de progreso

Así, como resultado de esta fase, se identificaron hallazgos transversales que guiaron el diseño posterior del sistema. En primer lugar, los participantes priorizaron la claridad visual y el uso de un lenguaje directo, evitando tecnicismos innecesarios que dificultaran la interpretación. En segundo término, se evidenció la necesidad de una estructura jerárquica simple y consistente, que permita completar tareas críticas con la menor cantidad de pasos posible. Finalmente, se observó que la confianza depositada en el sistema se vincula estrechamente con el profesionalismo percibido del diseño, la consistencia visual entre vistas y la presencia de retroalimentación clara ante acciones y estados del sistema.

En el Anexo A se presenta material complementario del proceso de descubrimiento, que incluye el esquema metodológico empleado, un mapa de empatía general que sintetiza percepciones, emociones y expectativas observadas durante esta etapa, y las preguntas guía utilizadas en las entrevistas. Este material permite contextualizar el diseño posterior de los User Persona y los flujos de interacción definidos en la siguiente fase.

6.2 Fase 2: Definir (Define)

El propósito de esta fase es sintetizar los hallazgos obtenidos durante la etapa de descubrimiento y establecer los criterios de diseño visual y funcional que guiarán el desarrollo de las soluciones propuestas.

Con base en los resultados de la investigación, se formuló el siguiente problema UX:

“Los usuarios administrativos y gerenciales de AgroPredict podrían presentar dificultades para comprender y utilizar los resultados predictivos debido a una jerarquía visual poco clara y al uso del lenguaje técnico, lo que afecta la confianza y reduce la adopción del sistema”.

Para orientar las decisiones de diseño se definieron principios rectores derivados de las Heurísticas de Nielsen [3] y de las normas ISO 9241 [1], [2]. Estos principios constituyeron criterios transversales aplicados a la arquitectura de la información, al diseño visual y a los flujos de interacción del sistema:

1. Claridad visual: priorizar información esencial en jerarquías comprensibles.
2. Lenguaje comprensible: evitar tecnicismos y etiquetas ambiguas.
3. Consistencia: mantener coherencia en color, tipografía y estructura.
4. Prevención de errores: entregar retroalimentación clara ante acciones críticas.

En esta etapa se elaboraron los User Persona (Figuras 6.2 y 6.3) y una representación conceptual del flujo principal de interacción (Figura 6.4), herramientas que permitieron estructurar los perfiles de usuario y comprender las tareas críticas dentro del sistema, sin abordar aún el nivel de formalización propio de diagramas de flujo detallados.

Los User Persona corresponden a representaciones semi-ficticias de los usuarios objetivo de AgroPredict, construidas a partir de los hallazgos obtenidos en la fase "Descubrir". Estas fichas facilitaron la comprensión de las metas, motivaciones, frustraciones y comportamientos de los perfiles administrativos y gerenciales, orientando decisiones relacionadas con la arquitectura de la información, el tono comunicacional y la jerarquía visual de la interfaz.

La Figura 6.2 presenta el perfil administrativo, correspondiente a la Jefa de Campo, usuaria que supervisa operaciones diarias y requiere información práctica, clara y de fácil acceso para apoyar decisiones en terreno. Este perfil se caracteriza por su necesidad de inmediatez, simplicidad en la navegación y confianza en los resultados entregados por el sistema.

Sobre Carolina

Profesional con experiencia en gestión agrícola y supervisión de cuadrillas. Su jornada combina trabajo en terreno y coordinación con el área administrativa. Busca herramientas tecnológicas que simplifiquen la planificación diaria y mejoren la comunicación con su equipo.

Actividades diarias

1. Revisa condiciones climáticas antes de planificar la jornada.
2. Supervisa cuadrillas y coordina tareas en terreno.
3. Registra información de rendimiento o incidencia.
4. Envía reportes al área administrativo o gerencia.
5. Participa en reuniones semanales de planificación.

Metas y necesidades

1. Acceder rápidamente a indicadores clave de producción y clima.
2. Tomar decisiones operativas sin depender de especialistas técnicos.
3. Mantener una visión clara del estado de los cultivos.
4. Reducir errores en la recolección o planificación por falta de información.
5. Contar con una interfaz fácil de usar desde terreno o dispositivos móviles.
6. Generar reportes simples para entregar a la gerencia, to information and learning resources.

Frustraciones

- Interfaces complejas con exceso de información.
- Lenguaje técnico difícil de comprender.
- Falta de claridad en indicadores o unidades de medida.
- Demora en obtener reportes o visualizar resultados.
- Desconfianza en datos si el sistema "parece complicado".

Motivaciones

Carolina valora la eficiencia y la claridad. Su principal motivación es optimizar el uso del tiempo y evitar retrabajos. Considera que la tecnología debe facilitar su labor, no complicarla. Le motiva el aprendizaje de herramientas digitales que le ayuden a ser más autónoma y confiable en su rol.

Uso de dispositivos

- Smartphone (uso frecuente en terreno).
- Notebook o tablet para reportes.
- Correo electrónico y mensajería (WhatsApp, Gmail).

Carolina Muñoz

Edad
38 years

Ubicación
Quillota, Valparaíso, Chile

Ocupación
Jefa de Campo

Estado Civil
Casada

Figura 6.2. User Persona: perfil administrativo (jefa de Campo)

En este trabajo, el término 'administrativo' se utiliza de manera amplia para roles de gestión de la operación; cuando corresponde, se explicita su carácter operativo (p. ej., jefatura de campo).

Por otra parte, la Figura 6.3 ilustra el perfil Gerencial, correspondiente a un usuario de nivel estratégico, enfocado en la planificación, análisis y toma de decisiones basadas en datos consolidados.

Este perfil prioriza la precisión, la coherencia visual de los reportes y la integración fluida de la información para la gestión a mediano y largo plazo.

Sus expectativas en cuanto a diseño se relacionan con la presentación profesional de los datos, la consistencia visual y la rapidez de acceso a indicadores clave.

Sobre Rodrigo

Ingeniero agrónomo con más de 15 años de experiencia en gestión productiva. Responsable de analizar datos financieros y productivos para planificar inversiones y evaluar riesgos. Valora la exactitud, el diseño profesional y la coherencia de los reportes para fundamentar sus decisiones estratégicas.

Actividades diarias

1. Revisar dashboards de rendimiento y clima cada mañana.
2. Comparar resultados con temporadas anteriores.
3. Coordinar reuniones con jefes de campo y áreas administrativas.
4. Evaluar proyecciones y escenarios de riesgo.
5. Informar a gerencia general o directorio mediante reportes gráficos.

Metas y necesidades

1. Analizar tendencias de producción y rendimiento histórico.
2. Comparar resultados entre temporadas y unidades productivas.
3. Visualizar predicciones confiables para planificar exportaciones.
4. Acceder a reportes consolidados listos para presentar a inversionistas o directorio.
5. Identificar riesgos climáticos o productivos de forma anticipada.
6. Integrar la información de AgroPredict con otros sistemas corporativos.

Motivaciones

Rodrigo busca precisión y confianza en los datos. Su motivación principal es tomar decisiones basadas en evidencia, optimizar recursos y garantizar la rentabilidad. Valora el profesionalismo visual y la claridad de la información como reflejo de calidad técnica.

Frustraciones

- Reportes visualmente poco consistentes o con datos dispersos.
- Pérdida de tiempo buscando información específica.
- Falta de integración entre distintas fuentes de datos.
- Interfaces con escasa jerarquía visual.
- Demora en la generación o exportación de reportes.

Uso de dispositivos

- Notebook corporativo (uso principal).
- Dashboard web y correo institucional.
- Smartphone solo para revisión rápida o alertas.

Rodrigo Álvarez

Edad
46 años

Ubicación
Santiago, Chile

Ocupación
Gerente de Producción

Estado Civil
Casado

Figura 6.3. User Persona: perfil gerencial (Gerente de Producción)

Con el propósito de representar las tareas críticas dentro de AgroPredict, se definió una secuencia general de interacción del usuario (Figura 6.4). Esta representación sintetiza las etapas que recorre un usuario desde su ingreso a la plataforma hasta la obtención de resultados predictivos, estableciendo una estructura lógica que guía la navegación y asegura coherencia entre los distintos módulos del sistema.

Esta secuencia fue construida a partir de los hallazgos de la fase "Definir" e integra los principios de claridad visual, consistencia y prevención de errores descritos por las Heurísticas de Nielsen [3]. Su finalidad es garantizar que el usuario perciba control y continuidad durante la interacción, minimizando la carga cognitiva y mejorando la eficiencia del proceso.

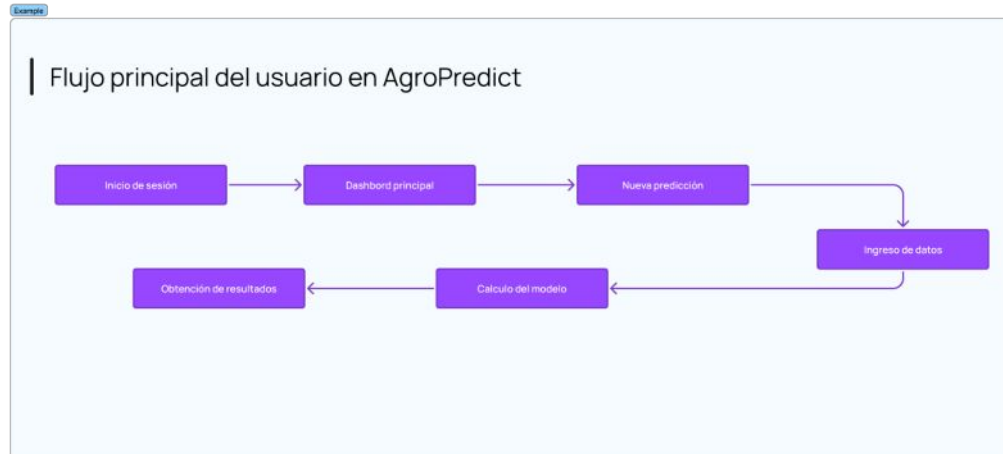


Figura 6.4. Flujo principal del usuario en AgroPredict

La secuencia principal contempla seis etapas generales de uso, descritas a nivel conceptual y funcional, con el objetivo de explicar la lógica de interacción del sistema y no como un artefacto formal de tipo User Flow o Task Flow:

- Inicio de sesión: acceso al sistema mediante credenciales individuales.
- Dashboard principal: visualización general de predicciones recientes, métricas y accesos directos.
- Nueva predicción: selección del tipo de cultivo o variable productiva a analizar.
- Ingreso de datos: registro manual o importación de variables climáticas y productivas.
- Cálculo del modelo: ejecución del algoritmo predictivo y procesamiento en segundo plano.
- Obtención de resultados: despliegue visual de indicadores clave, gráficos y opciones de descarga.

Esta secuencia establece la base estructural del sistema, asegurando una experiencia continua desde la entrada de información hasta la toma de decisiones basada en resultados.

Adicionalmente, se definieron diagramas conceptuales de uso, tales como Historial de predicciones, Análisis de predicciones y Comparación de predicciones. Estos flujos cubren escenarios secundarios de interacción y se presentan en detalle en el Anexo B, junto con sus respectivas descripciones y esquemas de apoyo.

Finalmente, la arquitectura de la información, estructurada según el modelo propuesto por Garrett [7], organizó los contenidos en niveles jerárquicos definidos por frecuencia y prioridad de uso. Esto permitió establecer los módulos principales del sistema: Dashboard, Nueva Predicción, Resultados, Historial y Calculadoras, todos diseñados bajo el principio de reducir la carga cognitiva y facilitar la comprensión de la información.

6.3 Fase 3: Desarrollar (Develop)

El propósito de esta fase es desarrollar, refinar y evaluar los prototipos a través de iteraciones sucesivas y pruebas de usabilidad que permitan identificar mejoras y validar las soluciones propuestas.



6.3.1 Desarrollo de prototipos

En esta etapa del proceso se abordó la creación, iteración y evaluación de los prototipos de media y alta fidelidad, los cuales fueron desarrollados directamente sobre las vistas front-end del sistema AgroPredict, reduciendo la brecha entre diseño y desarrollo.

Este enfoque permitió validar tempranamente los componentes visuales, la coherencia entre flujos de interacción y la estructura de navegación general del sistema.

6.3.2 Sistema de Diseño (UI Kit en etapa de desarrollo)

El UI Kit presentado en esta sección corresponde a una versión iterativa del sistema visual, desarrollada y refinada durante la Fase 3 del proceso de diseño. Este conjunto de componentes sirvió como base para la validación visual y de interacción, y fue posteriormente consolidado y formalizado en el diseño final presentado en la Sección 7.2.

A partir de los resultados de las primeras pruebas con usuarios, se consolidó un UI Kit que formaliza la identidad visual de AgroPredict, definiendo elementos consistentes de color, tipografía, botones, íconos, espaciado y estados de interacción.

Este sistema visual se convierte en la base del diseño y asegura uniformidad en toda la interfaz, mejorando la comprensión y la experiencia de uso.

Su elaboración tomó como base los principios de consistencia, visibilidad y reconocimiento de las Heurísticas de Nielsen [3], y los lineamientos de diseño centrado en el usuario establecidos por la ISO 9241-210 [2], priorizando la claridad, legibilidad y contraste en entornos de uso tanto en campo como en oficina.

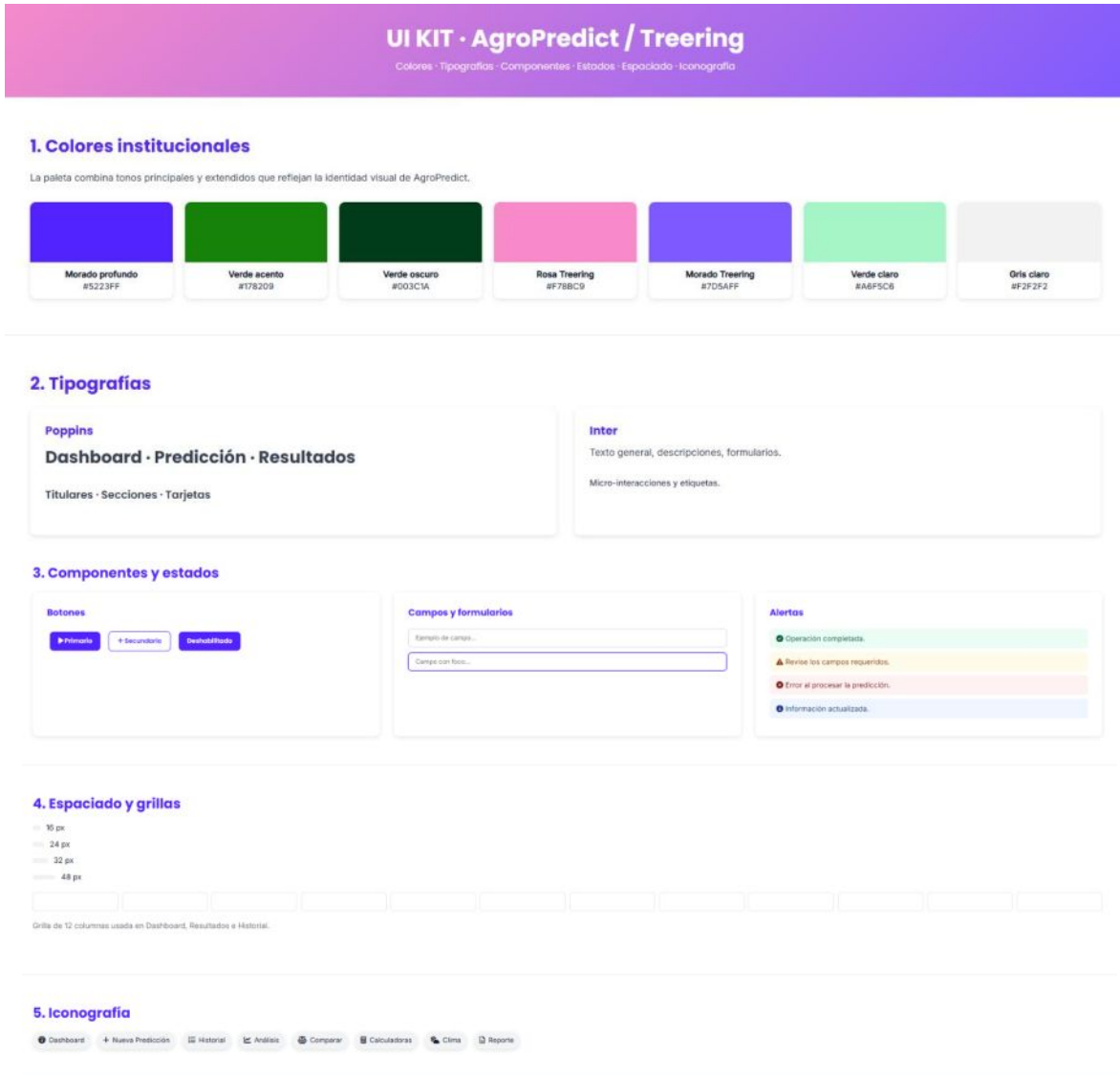


Figura 6.5. Fragmento del sistema visual (UI Kit) en etapa iterativa de diseño

La Figura 6.5 muestra los colores oficiales del sistema como Verde AgroPredict (#178209 y #003C1A) y Morado profundo (#5223FF), complementados por los tonos de identidad extendida (#F78BC9, #7D5AFF, #A6F5C6, #FFFFFF y #F2F2F2). Se incorporan también las tipografías Poppins (principal) e Inter (secundaria), y las especificaciones de tamaño y color aplicadas en piezas gráficas como banners y folletos.

Este UI Kit permite mantener uniformidad visual y facilita futuras expansiones del producto, asegurando que cada componente conserve la identidad de AgroPredict en cualquier contexto de uso o plataforma.

La Tabla 6.2 complementa esta información al describir los principales componentes del sistema visual y su propósito en términos de usabilidad.

Tabla 6.2. Principales componentes del sistema visual y su propósito de usabilidad

Componente	Descripción	Propósito de Usabilidad
Colores principales	Paleta institucional basada en morado (#5223FF), verde acento (#178209) y gris claro (#F2F2F2).	Asegurar contraste adecuado y consistencia visual entre módulos.
Tipografía	Poppins / Inter, 14 pt Regular y 16 pt Semibold.	Favorecer la legibilidad en pantallas de escritorio y dispositivos móviles.
Botones primarios	Fondo morado con texto blanco.	Destacar acciones principales y guiar la atención del usuario.
Botones secundarios	Fondo blanco con borde morado.	Mantener jerarquía visual clara entre acciones principales y secundarias.
Iconografía	Conjunto minimalista (FontAwesome / Bootstrap Icons).	Reforzar reconocimiento visual y reducir la dependencia del texto.
Espaciado y grillas	Base modular de 16 px.	Garantizar equilibrio visual y consistencia en el alineamiento.
Estados de interacción	Hover, active y disabled con variaciones de color.	Proporcionar retroalimentación visual inmediata en acciones del usuario.
Alertas y notificaciones	Indicadores en verde (éxito), rojo (error) y amarillo (advertencia).	Aumentar la claridad de los mensajes de estado y prevenir errores de interacción.

Como se observa en la Tabla 6.2, cada componente del sistema visual responde a una función específica dentro de la experiencia de usuario, contribuyendo a la coherencia estética y a la comprensión funcional del sistema. Este conjunto de lineamientos permitió mantener uniformidad en las distintas vistas, reducir la carga cognitiva y mejorar la percepción de profesionalismo y confiabilidad del producto.

6.3.3 Evaluación de usabilidad (SUS)

Posteriormente, se aplicó la escala System Usability Scale (SUS) [4]–[6], un instrumento estandarizado ampliamente utilizado para medir la percepción de usabilidad de sistemas interactivos. La escala SUS consiste en diez ítems evaluados mediante una escala Likert de cinco puntos, permitiendo obtener un puntaje global de usabilidad en un rango de 0 a 100, donde valores superiores a 80 indican un nivel de usabilidad excelente según los criterios propuestos por Bangor et al. [5].

La evaluación se realizó con un grupo de seis usuarios representativos, correspondientes a los perfiles administrativos y operativos definidos durante la fase de descubrimiento, incluyendo administradores agrícolas, encargados de producción y profesionales del área agrícola con experiencia en toma de decisiones productivas. Estos usuarios corresponden al público objetivo del sistema y cumplen con las características de usuarios potenciales reales de AgroPredict.

Con el fin de asegurar consistencia metodológica y comparabilidad de resultados, los mismos seis participantes fueron evaluados en cada uno de los tres sprints, permitiendo observar la evolución de la percepción de usabilidad del sistema a lo largo del proceso iterativo de diseño.

La Figura 6.6 resume los puntajes SUS obtenidos durante los tres ciclos de evaluación, evidenciando la evolución progresiva del sistema en términos de usabilidad percibida y validando el impacto de los ajustes visuales y funcionales implementados entre sprints.

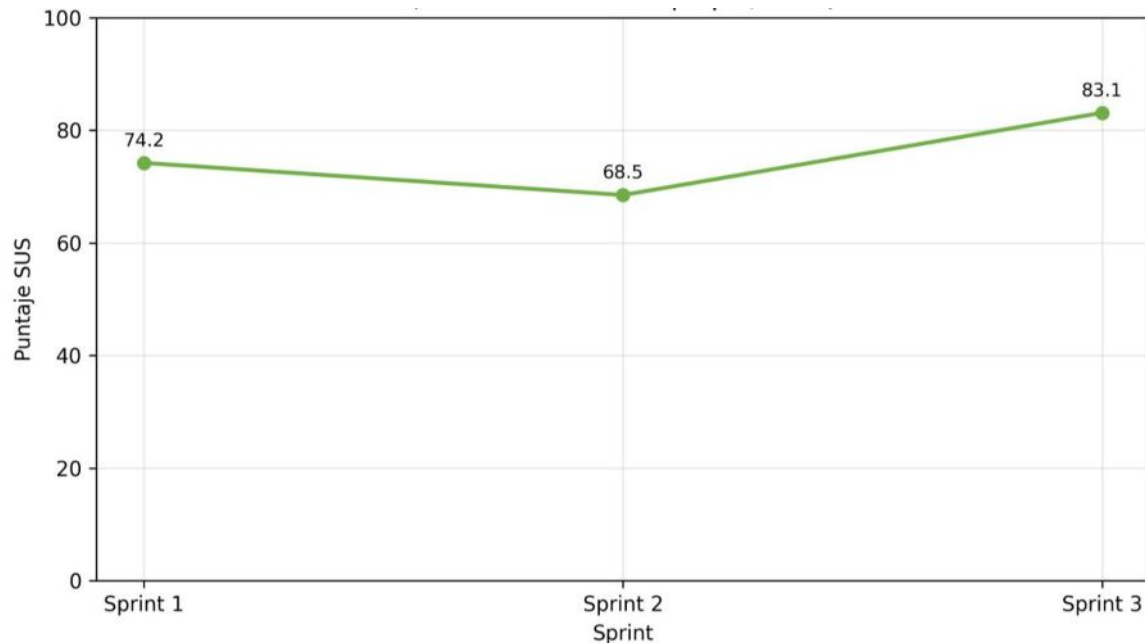


Figura 6.6. Evolución de los puntajes SUS durante los tres sprints

6.3.4 Análisis de resultados y ajustes iterativos

El descenso observado en el Sprint 2 se atribuye a la incorporación de nuevas funcionalidades no validadas previamente, lo que temporalmente aumentó la complejidad visual y la carga cognitiva del sistema.

Sin embargo, esta iteración resultó clave para identificar áreas críticas y orientar las mejoras implementadas en el Sprint 3, alcanzando un puntaje SUS promedio de 83.1, calificado como "excelente" según los criterios de Bangor et al. [5].

Ajustes aplicados entre los sprints:

- Incremento del contraste y legibilidad de textos.
- Unificación de tipografía y estilos visuales.
- Simplificación de formularios y navegación.
- Mejora de retroalimentación visual ante acciones críticas.

Estos ajustes fueron validados en la Feria de Software 2025, donde el sistema fue presentado ante público académico, empresarial y usuarios representativos del sector.

La Fase 3 concluyó con un diseño visual consolidado, coherente y validado empíricamente.

Los ajustes realizados: mayor contraste, unificación de estilos y simplificación de formularios, contribuyeron a optimizar la eficiencia y satisfacción de uso.

El UI Kit y los resultados SUS conforman evidencia verificable del progreso del diseño centrado en el usuario en AgroPredict, y establecen las bases para su implementación técnica en la etapa final.

6.3.5 Prototipos finales (wireframe y alta fidelidad)

A modo de síntesis visual, la Figura 6.7 presenta el wireframe de media fidelidad del Dashboard principal, desarrollado durante las primeras iteraciones de diseño.

Este prototipo permitió validar la disposición general de la información, la jerarquía visual y la lógica de navegación sin depender aún de estilos finales o datos reales.

Su carácter esquemático facilitó las pruebas tempranas con usuarios, asegurando que los flujos críticos, como la creación y análisis de predicciones fueran intuitivos y coherentes con los objetivos de uso en terreno y en oficina.

Tabla 6.3. Comparación entre los prototipos de media y alta fidelidad

Nivel de fidelidad	Objetivo principal	Alcance	Tipo de validación
Media fidelidad	Probar estructura y flujo de tareas	Disposición visual y navegación base	Feedback rápido de usuarios internos
Alta fidelidad	Evaluar diseño final y experiencia visual	Interfaz real y componentes implementados	Validación funcional y presentación en Feria de Software

Con el fin de diferenciar el propósito de los prototipos utilizados durante el proceso, la Tabla 6.3 resume las características de los prototipos de media y alta fidelidad empleados en AgroPredict. Esta distinción permite comprender qué aspectos se validaron en cada iteración y cómo se transitó desde una estructura esquemática hacia una interfaz implementada y evaluable en contexto real de uso.

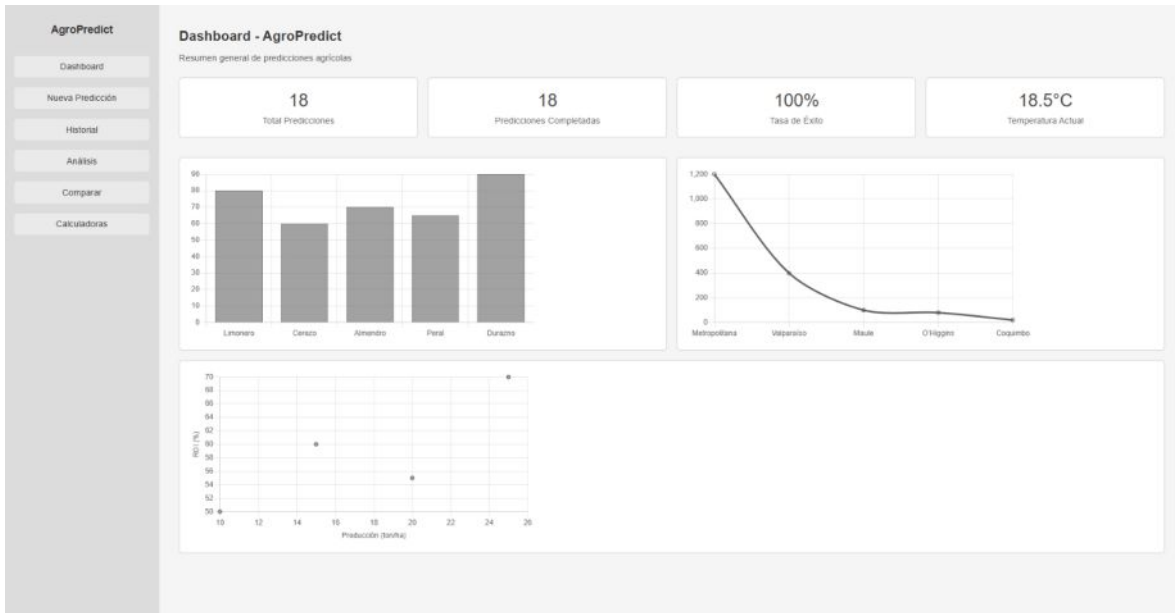


Figura 6.7. Wireframe de media fidelidad del Dashboard principal

Posteriormente, la Figura 6.8 muestra el prototipo de alta fidelidad, correspondiente a la versión visual implementada en el sistema final.

Este diseño integra la identidad visual definida en el UI Kit como colores, tipografía y componentes, junto con datos reales y gráficos interactivos.

Representa el estado visual alcanzado al cierre del Sprint 3 y durante la presentación en la Feria de Software 2025, evidenciando la transición desde el diseño conceptual hacia la implementación funcional en Django.

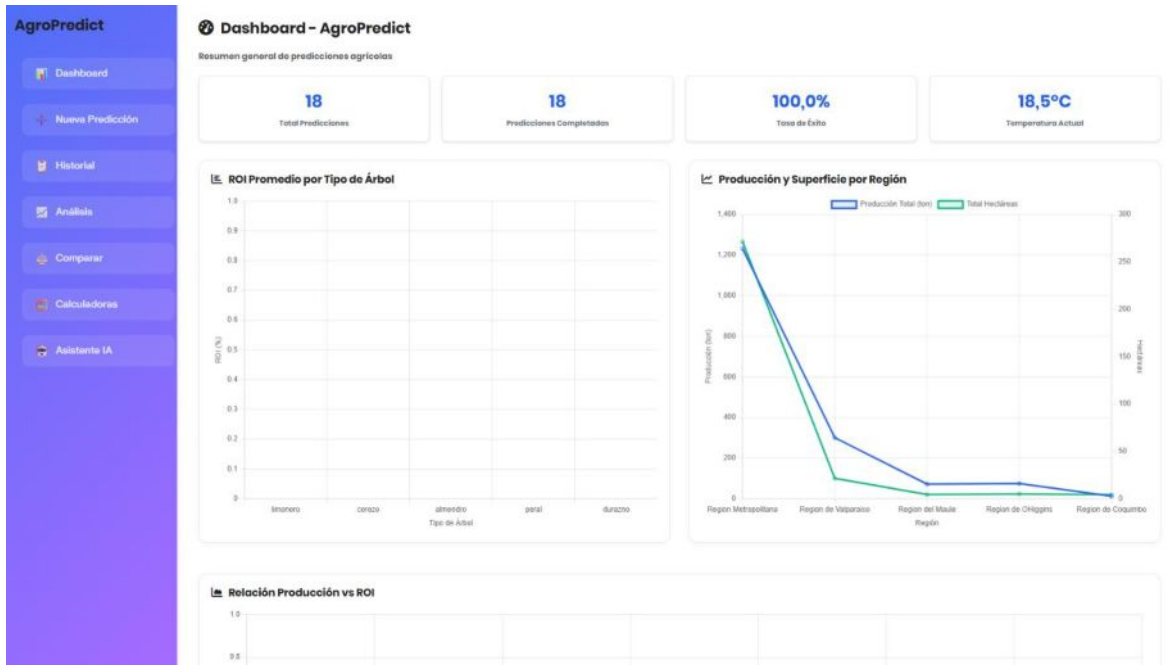


Figura 6.8. Prototipo de alta fidelidad del Dashboard implementado en AgroPredict

Las demás vistas del sistema, como Historial de Predicciones, Detalle, Análisis, Comparación y Calculadoras, se documentan en el Anexo C, donde se incluyen tanto sus versiones de media fidelidad (wireframes estructurales) como de alta fidelidad (interfaz final implementada).

Este material complementario respalda el proceso iterativo de diseño, mostrando la coherencia entre los flujos iniciales validados en pruebas y su materialización técnica dentro de AgroPredict.

6.4 Fase 4: Entregar (Deliver)

El propósito de esta fase es validar la versión final del diseño y documentar de manera sistemática los resultados obtenidos durante el proceso, consolidando la evidencia que respalda las decisiones tomadas y su coherencia con los objetivos del sistema.

Para ello, se llevó a cabo una validación final de usabilidad mediante la metodología Thinking Aloud [18], en la cual los participantes verbalizaron sus percepciones durante la interacción. Este procedimiento fue complementado con la aplicación de la escala estandarizada SUS (System Usability Scale) [4], con el fin de obtener una medición cuantitativa del nivel de usabilidad alcanzado.

6.4.1 Procedimiento del Thinking Aloud

La prueba Thinking Aloud [18], se realizó mediante sesiones individuales con seis participantes (U1–U6), correspondientes a cuatro usuarios del perfil operativo/administrativo y dos del perfil gerencial, definidos previamente como público objetivo del sistema. Las evaluaciones se realizaron de manera mixta, priorizando sesiones presenciales y complementándolas con sesiones remotas cuando fue necesario, utilizando un prototipo funcional de alta fidelidad implementado en el entorno web de AgroPredict.

Cada sesión tuvo una duración promedio de 10 a 20 minutos, tiempo suficiente para que los participantes completaran los escenarios propuestos y verbalizaran sus percepciones durante la interacción. Previo al inicio, se explicó el objetivo de la prueba y se solicitó a los usuarios expresar en voz alta lo que pensaban, percibían o intentaban realizar, sin recibir instrucciones sobre cómo operar el sistema.

Con el fin de asegurar consistencia metodológica y comparabilidad, los mismos seis participantes fueron evaluados en cada uno de los tres sprints. La caracterización resumida de los participantes se presenta en la Tabla 6.4, resguardando su anonimato mediante identificadores U1–U6.

Tabla 6.4. Caracterización general de participantes evaluados (anonimizada)

ID	Perfil	Rol aproximado	Contexto de uso principal
U1	Operativo	Jefatura de campo o producción	Supervisión diaria y reportes
U2	Operativo	Jefatura de campo o producción	Coordinación de faenas y registros
U3	Operativo	Encargado de producción	Seguimiento de rendimiento
U4	Operativo	Administración	Control de variables productivas



U5	Gerencial	Administración	Planificación y análisis consolidado
U6	Gerencial	Administración	Toma de decisiones estratégicas

Durante las sesiones, los participantes interactuaron con el sistema verbalizando percepciones, dudas y razonamientos mientras completaban escenarios representativos del uso real, definidos a partir de tareas críticas identificadas en fases anteriores del diseño:

Escenarios utilizados en la prueba:

1. Generar una nueva predicción con datos reales o simulados.
2. Revisar indicadores climáticos y productivos asociados a una predicción.
3. Comparar predicciones entre distintas temporadas o escenarios productivos.

Las tareas fueron ejecutadas sin asistencia directa, salvo aclaraciones mínimas destinadas a mantener el contexto del escenario. Durante la interacción se registraron de forma sistemática las verbalizaciones espontáneas, los puntos de detención, los momentos de confusión, los errores cometidos y los patrones de exploración visual observados.

Como métricas cualitativas y observacionales se consideraron:

- Dificultades para comprender etiquetas, gráficos o mensajes del sistema.
- Cantidad y tipo de errores cometidos durante la ejecución de tareas.
- Tiempo relativo requerido para completar cada escenario.
- Comentarios asociados a claridad visual, flujo de navegación y retroalimentación del sistema.

El análisis de estas observaciones permitió identificar fricciones cognitivas, evaluar la intuición del flujo de navegación y detectar oportunidades de mejora en la jerarquía visual y en los mecanismos de retroalimentación. Los hallazgos del Thinking Aloud fueron posteriormente contrastados con los resultados cuantitativos de la escala SUS, permitiendo una validación integral de la experiencia de usuario del sistema.

6.4.2 Resultados de la validación final

El estudio se enfocó en tres dimensiones principales:

- Claridad visual: percepción de legibilidad, jerarquía y organización de la información.
- Flujo de interacción: facilidad para completar tareas sin confusión o pasos redundantes.
- Satisfacción general: nivel de confianza y agrado durante la experiencia de uso.

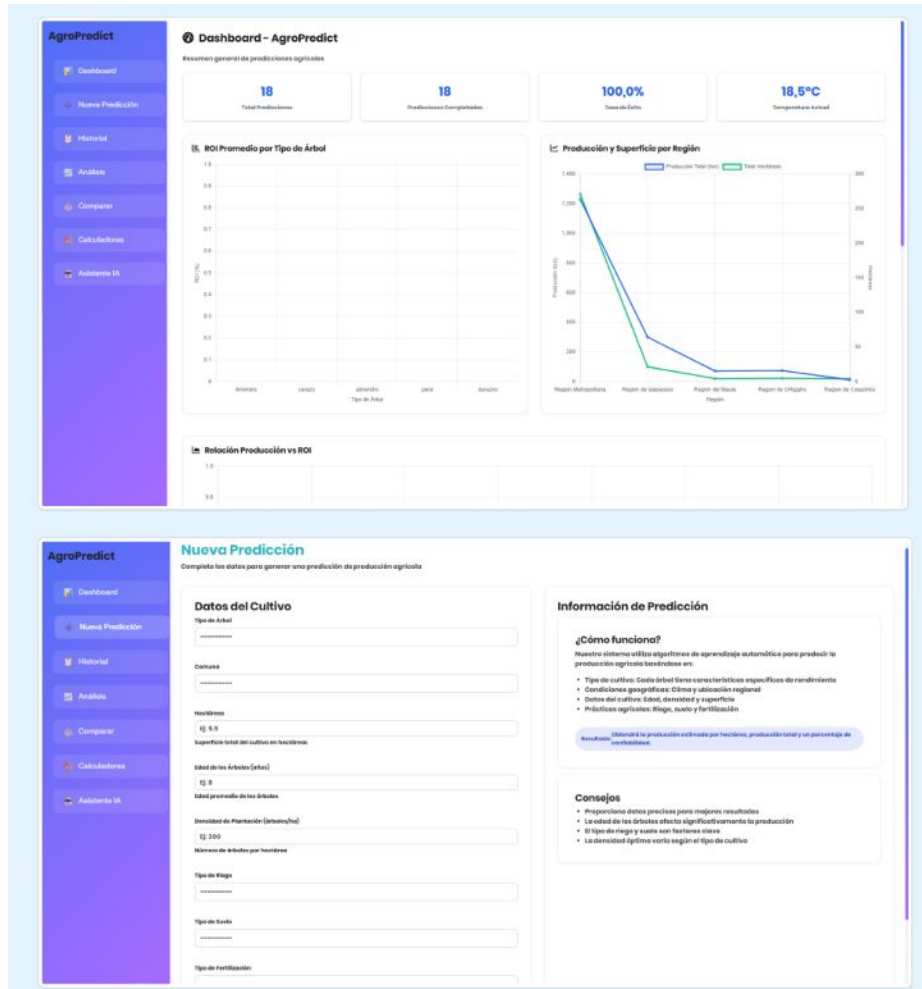


Figura 6.9. Validación final: Vista del Dashboard principal de AgroPredict

La Figura 6.9 muestra la vista del Dashboard principal utilizada durante la validación final, donde los usuarios accedieron a un resumen general de predicciones, métricas clave y accesos directos a las funcionalidades principales del sistema.

AgroPredict

Nueva Predicción

Completa los datos para generar una predicción de producción agrícola

Datos del Cultivo

Tipo de Arbol

Comuna

Nombre

Superficie total del cultivo en hectáreas

Edad de los Árboles (años)

Edad promedio de los árboles

Densidad de Plantación (árboles/ha)

Número de árboles por hectárea

Tipo de Riego

Tipo de Suelo

Tipo de Fertilización

Información de Predicción

¿Cómo funciona?

Nuestro sistema utiliza algoritmos de aprendizaje automático para predecir la producción agrícola basándose en:

- Tipo de cultivo: Cada árbol tiene características específicas de rendimiento
- Condiciones geográficas: Clima y ubicación regional
- Datos del cultivo: Edad, densidad y superficie
- Prácticas agrícolas: Riego, suelo y fertilización

Resultados: Obtendrá la producción estimada por hectárea, producción total y un porcentaje de confiabilidad.

Consejos

- Proporcione datos precisos para mejores resultados
- La edad de los árboles afecta significativamente la producción
- El tipo de riego y suelo son factores clave
- La densidad óptima varía según el tipo de cultivo

AgroPredict

Almendro

Comuna: Matipo, Region Metropolitana

Nombre: 20

Superficie total del cultivo en hectáreas: 8

Edad de los Árboles (años): 8

Edad promedio de los árboles: 8

Densidad de Plantación (árboles/ha): 250

Número de árboles por hectárea: 2000

Tipo de Riego: Gotico

Tipo de Suelo: Arcilloso

Tipo de Fertilización: Mixto

Guardar Predicción Cancelar

¿Cómo funciona?

Nuestro sistema utiliza algoritmos de aprendizaje automático para predecir la producción agrícola basándose en:

- Tipo de cultivo: Cada árbol tiene características específicas de rendimiento
- Condiciones geográficas: Clima y ubicación regional
- Datos del cultivo: Edad, densidad y superficie
- Prácticas agrícolas: Riego, suelo y fertilización

Resultados: Obtendrá la producción estimada por hectárea, producción total y un porcentaje de confiabilidad.

Consejos

- Proporcione datos precisos para mejores resultados
- La edad de los árboles afecta significativamente la producción
- El tipo de riego y suelo son factores clave
- La densidad óptima varía según el tipo de cultivo

Figura 6.10. Validación final: Vista de ingreso de datos para una nueva predicción

En la Figura 6.10 se presenta la vista de ingreso de datos, evaluada durante las pruebas Thinking Aloud para analizar la claridad del formulario, la comprensión de etiquetas y la secuencia de ingreso de información.

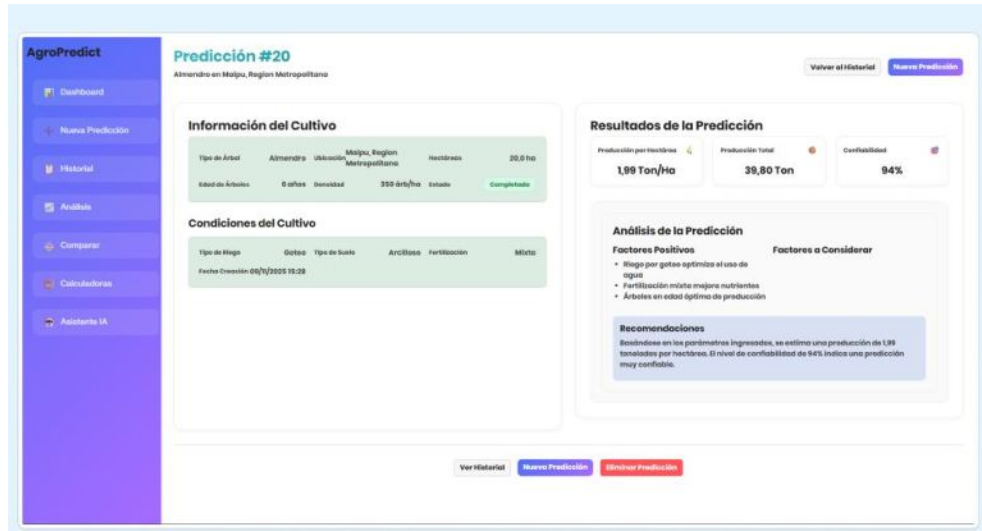


Figura 6.11. Validación final: Resultados de la predicción

La Figura 6.11 muestra la vista de resultados utilizada en la validación final, donde los usuarios interpretaron indicadores clave, gráficos y recomendaciones generadas por el sistema.

Esta versión representa la consolidación del diseño visual y funcional del sistema, tras integrar los hallazgos de las iteraciones previas. Durante la validación, los participantes destacaron la claridad de lectura, la coherencia de los paneles y la retroalimentación inmediata del sistema como los atributos más positivos.

Los resultados cuantitativos obtenidos mediante la escala SUS evidencian una evolución positiva de la usabilidad a lo largo de los tres sprints de desarrollo. El detalle completo de los puntajes obtenidos por sprint, por ítem y por participante se presenta en el Anexo D.

Los resultados muestran una tendencia de mejora continua, evidenciando el impacto directo de las iteraciones de diseño sobre la experiencia del usuario. El aumento del puntaje SUS hasta 83.1 en el Sprint 3 ubica a AgroPredict dentro del rango de usabilidad "Excelente", según los criterios de Bangor et al. [5].

Estos resultados, junto con las observaciones cualitativas recopiladas mediante la técnica Thinking Aloud, confirman que la interfaz cumple con estándares internacionales de usabilidad, manteniendo consistencia visual, predictibilidad y una curva de aprendizaje mínima.

6.4.3 Síntesis final de la fase

El detalle de las respuestas promedio por ítem y sprint, junto con los comentarios cualitativos obtenidos, se presenta en el Anexo D, donde se evidencia la evolución progresiva del puntaje SUS y la mejora de la experiencia de usuario.

7 Resultados: AgroPredict

El resultado del proceso de diseño UI/UX se materializa en una versión funcional del sistema AgroPredict, actualmente implementada como MVP de demostración en la Feria de Software 2025.

Si bien el sistema se encuentra operativo, se proyectan mejoras y extensiones de funcionalidad para su versión productiva definitiva.

7.1 Estructura general del sistema

El sistema se compone de cinco módulos principales, diseñados para cubrir las necesidades de perfiles administrativos y gerenciales, permitiendo un acceso rápido a información predictiva, análisis de resultados y herramientas de apoyo a la toma de decisiones.

Tabla 7.1. Tabla de módulos principales con sus propósitos y elementos destacados

Módulo	Propósito UX	Elementos destacados
Dashboard	Ofrecer una visión general de resultados recientes y alertas.	KPIs, accesos rápidos, tarjetas visuales
Nueva Predicción	Guiar el ingreso de variables predictivas	Campos agrupados y validación paso a paso
Resultados	Mostrar los datos predictivos de manera visual y comprensible	Gráficos, indicadores, nivel de confianza
Historial	Permitir revisar predicciones previas	Tabla interactiva con filtros
Calculadoras	Proporcionar herramientas de apoyo a la gestión.	Agrupación de campos y herramientas

La Figura 7.1 presenta el módulo Dashboard, eje central del sistema, que entrega una vista consolidada de resultados, métricas de predicción y alertas. Su diseño enfatiza la claridad visual y la interpretación inmediata de los datos mediante indicadores gráficos.

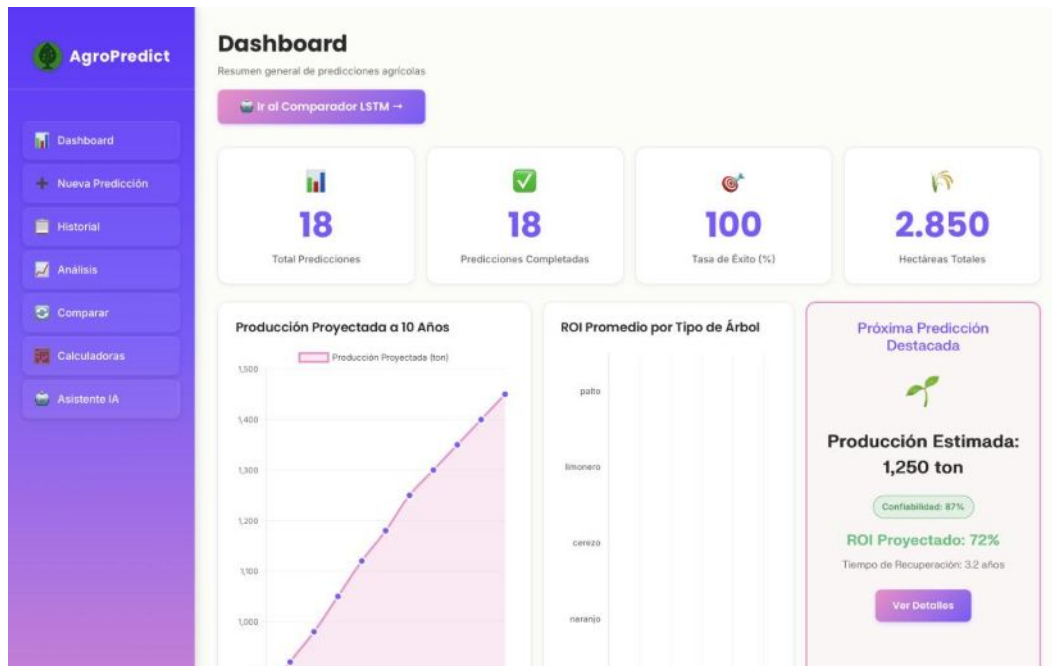


Figura 7.1. Vista general del módulo Dashboard

La Figura 7.2 muestra el flujo de creación de una nueva predicción, compuesto por formularios secuenciales con validaciones dinámicas y mensajes de retroalimentación inmediata.

El proceso se estructura para reducir la carga cognitiva y evitar errores en la introducción de variables.

The 'Nueva Predicción' form is designed to collect necessary data for generating a prediction. It includes a '¿Cómo funciona?' section explaining the system's use of machine learning algorithms. The form is divided into two main sections: 'Datos del Cultivo' (Cultivation Data) and 'Información de los Árboles' (Tree Information). The 'Datos del Cultivo' section includes dropdown menus for 'Tipo de Árbol' and 'Comuna', and a text input for 'Hectáreas' with an example of 5.5. The 'Información de los Árboles' section includes a text input for 'Edad de los Árboles (años)' with an example of 8.

Figura 7.2. Flujo de creación de nueva predicción

Las interfaces finales completas del sistema AgroPredict, correspondientes a los distintos módulos descritos (Dashboard, Nueva Predicción, Resultados, Historial y Calculadoras), se presentan en detalle en el Anexo E, donde se incluyen capturas representativas de cada vista en su versión final de alta fidelidad.

7.1.1 Decisiones soportadas por la información proporcionada por AgroPredict

Durante el levantamiento con stakeholders se identificaron decisiones recurrentes por rol y horizonte temporal (diario, semanal/mensual y temporada), lo que permitió traducir hallazgos del Discovery en requerimientos de información dentro de la interfaz (KPIs, alertas, resultados visuales, nivel de confianza e historial). En consecuencia, se presenta un mapeo sintético entre la información entregada por AgroPredict y ejemplos de decisiones que puede respaldar en niveles operativo, táctico y estratégico.

Esta orientación se alinea con las preguntas de levantamiento centradas en decisiones por rol y frecuencia (ver Anexo A).

Tabla 7.2. Mapeo entre información entregada por AgroPredict y decisiones respaldadas

Nivel de decisión	Perfil principal	Información / funcionalidad en AgroPredict	Ejemplos de decisiones respaldadas
Operativo	Jefe/a de campo	Dashboard: KPIs y alertas	Repriorizar labores del día según alertas; enfocar supervisión en cuarteles/sectores con métricas críticas.
Operativo	Jefe/a de campo	Resultados: indicadores, gráficos y nivel de confianza	Decidir ejecución inmediata vs. monitoreo adicional cuando la confianza es baja; validar consistencia antes de informar a administración.
Táctico	Administrativo	Nueva Predicción: ingreso guiado y validación paso a paso	Estandarizar captura de variables; calendarizar levantamiento de datos y coordinación del equipo según periodos críticos.
Táctico	Administrativo	Historial: consultas, filtros y trazabilidad de predicciones	Comparar semanas/meses; detectar patrones recurrentes para ajustar planificación de recursos y coordinación interna.
Táctico	Administrativo	Análisis/Comparación de predicciones (revisión histórica)	Seleccionar escenarios de trabajo (conservador/optimista) y definir planes de contingencia según variaciones observadas.
Estratégico	Gerencial	Dashboard consolidado: métricas agregadas y alertas macro	Definir prioridades de gestión; reasignar recursos a nivel global según desempeño o riesgos observados.

Estratégico	Gerencial	Resultados consolidados + confianza (para reportabilidad)	Sustentar lineamientos de planificación productiva de mediano/largo plazo con evidencia comparable.
Estratégico	Gerencial	Calculadoras / herramientas de apoyo	Evaluar alternativas y supuestos en planificación; reducir fricción entre dato técnico y decisión de negocio.

Este mapeo operacionaliza el objetivo del sistema: traducir resultados predictivos en información clara y utilizable para apoyar decisiones diferenciadas por rol y nivel, sin exigir conocimientos técnicos avanzados para interpretar los resultados.

7.2 UI Kit: sistema visual

El UI Kit define la identidad visual del sistema AgroPredict, asegurando coherencia, escalabilidad y consistencia entre los distintos módulos de la plataforma.

Su diseño integra los principios de accesibilidad visual, retroalimentación perceptible y consistencia estructural, basados en las Heurísticas de Nielsen y la norma ISO 9241-210.

Incluye las especificaciones de color institucional, tipografía, botones, iconografía, espaciado y micro interacciones, permitiendo una experiencia uniforme y reconocible en todo el sistema.

Los componentes fueron diseñados para mantener una jerarquía visual clara y adaptabilidad entre entornos de escritorio y dispositivos móviles.

La Figura 7.3 resume visualmente el conjunto del sistema, mostrando la paleta de colores, la tipografía base, los componentes interactivos principales, el espaciado modular y la iconografía empleada en la interfaz.

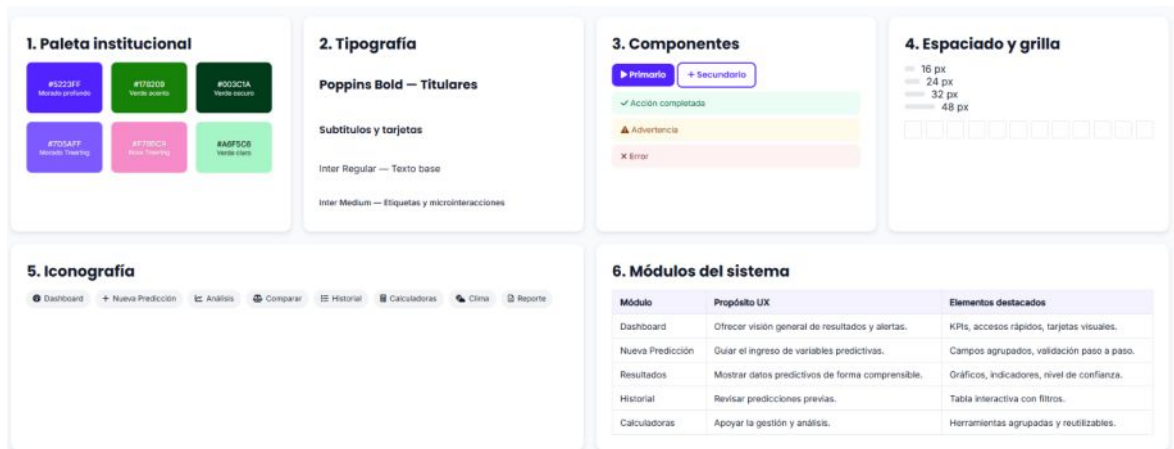


Figura 7.3. Extracto del sistema visual (UI Kit) con componentes reutilizables

8 Discusión

El desarrollo de AgroPredict permitió reflexionar sobre los desafíos y alcances del diseño centrado en el usuario aplicado a sistemas predictivos en el contexto agrícola. A lo largo del proceso se evidenciaron logros relevantes en términos de usabilidad y comprensión de la información, así como también limitaciones y desafíos propios de este tipo de soluciones digitales, los cuales se analizan a continuación.

8.1 Aspectos positivos

Los resultados obtenidos durante el proceso de diseño y validación muestran avances significativos en la calidad de la interfaz y de la experiencia de usuario. Estos aspectos positivos reflejan el impacto directo de las iteraciones sucesivas y del uso sistemático de métricas estandarizadas de evaluación.

En primer lugar, se observa un incremento sostenido del puntaje SUS, que evolucionó desde un valor mínimo de 68.5 en el Sprint 2 hasta alcanzar 83.1 en el Sprint 3. Este aumento evidencia una mejora progresiva en la percepción de usabilidad del sistema, situándolo finalmente en el rango de "excelente" según los criterios de Bangor et al., lo que valida empíricamente las decisiones de diseño implementadas.

Asimismo, se identificó una mejora significativa en la claridad y coherencia visual de la interfaz, especialmente en la organización jerárquica de la información, el uso consistente de colores y tipografías, y la estructuración de los flujos de interacción. Estos cambios contribuyeron a reducir la carga cognitiva de los usuarios y facilitaron la interpretación de los resultados predictivos.

Finalmente, la participación de los usuarios y la incorporación de su retroalimentación durante las distintas etapas del proceso permitió ajustar el diseño a necesidades reales, fortaleciendo la alineación entre la interfaz y los perfiles administrativos y gerenciales definidos. Este enfoque iterativo fue clave para mejorar la aceptación del sistema y aumentar la confianza en su uso.

8.2 Desafíos del diseño centrado en el usuario

A pesar de los avances conseguidos, el proceso evidenció una serie de desafíos inherentes al diseño de herramientas digitales orientadas al sector agrícola, los cuales deben ser considerados en desarrollos futuros.

Uno de los principales desafíos fue traducir información técnica y predictiva compleja a un lenguaje visual comprensible para usuarios no técnicos. La necesidad de mantener precisión en los datos, sin sobrecargar la interfaz con términos estadísticos o modelos abstractos, exigió un equilibrio constante entre exactitud técnica y claridad comunicacional.

Otro desafío relevante consistió en diseñar para distintos niveles de alfabetización digital, ya que los usuarios potenciales presentan experiencias heterogéneas en el uso de plataformas tecnológicas. Esto implicó la adopción de flujos simples, retroalimentación explícita y elementos visuales familiares que facilitaran el aprendizaje y la navegación.

Finalmente, se identificó la dificultad de conciliar la precisión técnica del sistema con una estética visual simple y limpia. La incorporación de nuevas funcionalidades, especialmente durante el Sprint 2, evidenció cómo el aumento de capacidades puede

impactar negativamente en la percepción de usabilidad si no se gestiona adecuadamente la densidad visual y la jerarquía de información.

8.3 Impacto en los usuarios

El rediseño de la interfaz fortaleció la confianza de los usuarios en el sistema, redujo la carga cognitiva asociada a la interpretación de los resultados y aumentó la satisfacción general durante la experiencia de uso. Los participantes reportaron una mayor comprensión de las predicciones generadas y una mayor facilidad para interpretar indicadores clave, lo que valida la efectividad del enfoque de diseño centrado en el usuario aplicado en AgroPredict.

Además de las evaluaciones formales realizadas durante las iteraciones de diseño, la exhibición del sistema en la Feria de Software 2025 permitió observar reacciones espontáneas de asistentes externos al proyecto. Si bien esta instancia no constituyó una prueba controlada de usabilidad, las percepciones recogidas complementaron los hallazgos documentados previamente. En particular, se destacaron comentarios positivos relacionados con la claridad de los gráficos, la responsividad de la interfaz y la coherencia visual general del sistema.

La recepción positiva del público reforzó la efectividad de las decisiones de diseño implementadas y confirmó la solidez del enfoque centrado en el usuario aplicado en AgroPredict, evidenciando su potencial para una futura adopción en entornos agrícolas reales.

A partir de lo anterior, en términos de aporte, el diseño de la interfaz no se limita a presentar resultados predictivos, sino que organiza la información según el nivel de decisión del usuario de acuerdo con las necesidades de decisión identificadas por perfil (operativo, táctico y estratégico). Esto se materializa mediante KPIs, alertas, visualizaciones con nivel de confianza y mecanismos de consulta histórica, permitiendo que distintos perfiles transformen datos en decisiones concretas según su horizonte temporal y responsabilidades. De este modo, AgroPredict contribuye a reducir la fricción entre el dato técnico y su aplicación práctica en gestión agrícola.

8.4 Lecciones aprendidas

La experiencia acumulada durante el desarrollo de AgroPredict permitió identificar aprendizajes clave relacionados con las prácticas de diseño, la participación de usuarios y el uso de métricas de evaluación. Estas lecciones constituyen un aporte relevante tanto para la evolución futura del sistema como para proyectos similares en el ámbito de la agricultura digital.

En primer lugar, se constató que la participación temprana y continua de los usuarios mejora significativamente la pertinencia del diseño. La incorporación de entrevistas exploratorias, sesiones de Thinking Aloud y evaluaciones iterativas permitió detectar problemas de comprensión y uso desde etapas iniciales, evitando retrabajos posteriores y asegurando que las decisiones de diseño respondieran a necesidades reales del contexto agrícola.

Asimismo, se evidenció que la consistencia visual influye directamente en la percepción de fiabilidad y profesionalismo del sistema. La estandarización de colores, tipografías, componentes y patrones de interacción contribuyó a generar una experiencia más



predecible, reduciendo la carga cognitiva y fortaleciendo la confianza de los usuarios en los resultados entregados por la plataforma.

Finalmente, el uso de métricas estandarizadas de usabilidad, como la escala SUS [4]–[6], demostró ser fundamental para cuantificar objetivamente los avances logrados entre iteraciones. Estas métricas permitieron respaldar las decisiones de diseño con evidencia empírica, facilitando la comparación entre versiones del sistema y validando el impacto real de los ajustes implementados en la experiencia de usuario.

8.5 Limitaciones

Como todo proceso de diseño y validación, este proyecto presentó ciertas limitaciones que condicionaron el alcance de los resultados y deben ser consideradas al interpretar los hallazgos obtenidos. Reconocer estas restricciones permite contextualizar adecuadamente las conclusiones y orientar futuras instancias de mejora y validación.

En primer lugar, si bien las pruebas de usabilidad se realizaron con seis participantes consistentes a lo largo de los sprints, no todos los evaluadores correspondían a usuarios finales plenamente insertos en el sector agrícola productivo. Algunos participantes representaban perfiles operativos o administrativos con conocimientos afines, pero sin desempeño directo y permanente en labores agrícolas, lo que pudo influir en la forma de interpretar ciertos flujos y resultados del sistema.

Asimismo, el diseño se centró en entornos de escritorio, priorizando el uso administrativo y gerencial del sistema. En esta etapa no se abordó en profundidad el diseño táctil ni la adaptación específica a dispositivos móviles, aspecto relevante considerando el uso en terreno que caracteriza al sector agrícola.

Finalmente, algunas funcionalidades del sistema permanecen en estado de desarrollo o prototipo, dado que AgroPredict se implementó como un MVP de demostración. Esto implica que ciertos flujos y módulos aún no reflejan la totalidad de escenarios productivos reales, limitando la validación completa del sistema en contextos operativos de largo plazo.

8.6 Trabajo futuro

A partir de las limitaciones identificadas y de la retroalimentación obtenida durante las distintas instancias de evaluación, se proyectan diversas líneas de trabajo orientadas a fortalecer la experiencia de usuario y ampliar las capacidades de la plataforma AgroPredict en escenarios productivos reales.

En primer lugar, se propone ampliar la validación con usuarios finales del sector frutícola, incorporando agricultores, administradores de campo y tomadores de decisiones con experiencia directa en contextos productivos. Esto permitiría evaluar el sistema en situaciones reales de uso, aumentando la validez externa de los resultados y ajustando la interfaz a necesidades específicas del entorno agrícola.

Asimismo, resulta relevante diseñar versiones adaptativas y táctiles, considerando el uso del sistema en dispositivos móviles y tablets. La incorporación de un enfoque mobile-first permitiría mejorar la accesibilidad del sistema en terreno, respondiendo a las dinámicas propias del trabajo agrícola fuera de la oficina.

Como línea complementaria, se plantea integrar analítica de interacción, mediante el registro de eventos de uso, tiempos de tarea y patrones de navegación. Estas métricas permitirían evaluar la experiencia de usuario de manera longitudinal, identificando oportunidades de mejora continua basadas en el comportamiento real de los usuarios.

Finalmente, se propone implementar mecanismos de carga progresiva, tales como Skeleton Screens, con el objetivo de mejorar la percepción de rendimiento del sistema y mantener la continuidad visual durante los procesos de carga y cálculo de datos predictivos. Esta mejora resulta especialmente relevante en contextos con conectividad limitada o procesamiento intensivo, frecuentes en el ámbito agrícola.

9 Conclusiones y Trabajo Futuro

El proceso de diseño y evaluación de AgroPredict permitió demostrar que la aplicación de un enfoque de diseño centrado en el usuario puede mejorar significativamente la comprensión e interpretación de sistemas predictivos en el contexto agrícola. A través de la integración del modelo del doble diamante [9], las Heurísticas de Nielsen [3], las normas ISO 9241 [1], [2] y el uso de métricas estandarizadas como la escala SUS [4], fue posible desarrollar una interfaz visualmente coherente, cognitivamente accesible y funcional para perfiles administrativos y gerenciales no técnicos.

Los objetivos específicos definidos en la Sección 3 fueron abordados de manera sistemática a lo largo de las distintas fases del proyecto. La identificación de necesidades y dificultades de los usuarios, el diseño de una arquitectura de información clara, la construcción de un sistema visual consistente y la evaluación iterativa de la usabilidad permitieron refinar progresivamente la propuesta. La evolución positiva de los puntajes SUS —alcanzando un valor de 83.1 en el último sprint— respalda empíricamente la efectividad de las decisiones de diseño implementadas y valida el impacto del proceso iterativo sobre la experiencia de usuario.

Asimismo, la integración de retroalimentación cualitativa obtenida mediante sesiones de Thinking Aloud y observaciones contextuales permitió ajustar aspectos críticos como la jerarquía visual, la navegación y la retroalimentación del sistema. Como resultado, la versión final presentada demuestra una mejora tangible en claridad, eficiencia y satisfacción percibida, consolidando una base sólida para la implementación futura de AgroPredict en entornos productivos reales.

En cuanto al trabajo futuro, se proyecta la implementación del sistema en contextos agrícolas reales, lo que permitirá validar su desempeño en escenarios productivos de largo plazo. Asimismo, se considera el desarrollo de versiones móviles y adaptativas para su uso en terreno, junto con la incorporación de métricas de interacción que posibiliten una evaluación longitudinal de la usabilidad. Finalmente, se propone integrar mecanismos de carga progresiva, como pantallas esqueleto (Skeleton Screens), con el fin de mejorar la percepción de rendimiento y asegurar una experiencia fluida incluso en contextos de conectividad limitada o alto procesamiento de datos.

Agradecimientos

A mi madre, Cecilia, y a mi abuelita, Fidelina, mis pilares de siempre, quienes con esfuerzo y amor me entregaron todo lo necesario para seguir mis sueños.

A mi tata Juan, que partió en 2021, cuyo recuerdo me inspira día a día.



A mi padrino César y a mi tío Juan, también ingenieros de la USM, quienes desde mi infancia me inculcaron la pasión por la tecnología y las ganas de aprender frente a un computador. Aunque hoy la distancia nos separe, su ejemplo y apoyo han sido fundamentales para que hoy esté aquí.

A mi padre, Rodrigo, por su apoyo constante, incluso en la distancia.

A mis amigos de toda la vida, por mantener una amistad sólida que me ha acompañado hasta hoy.

Finalmente, agradezco a todo el equipo Treering – AgroPredict, por la dedicación, colaboración y entusiasmo con que enfrentamos cada desafío. Trabajar con ustedes hizo que este proceso fuera más grato, simple y enriquecedor, permitiéndome concentrarme en lo verdaderamente importante.

A todos ellos, gracias por fortalecer lo bueno y darme las herramientas para crecer y mejorar; este logro también les pertenece.

10 Referencias

- [1] International Organization for Standardization, ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 11: Guidance on usability, ISO, 1998.
- [2] International Organization for Standardization, ISO 9241-210: Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems, ISO, 2019.
- [3] J. Nielsen, “Heuristic evaluation,” in Usability Inspection Methods, J. Nielsen and R. L. Mack, Eds. New York, NY: John Wiley & Sons, 1994, pp. 25–62.
- [4] J. Brooke, “SUS: A ‘quick and dirty’ usability scale,” in Usability Evaluation in Industry, P. W. Jordan, B. Thomas, I. L. McClelland, and B. Weerdmeester, Eds. London, U.K.: Taylor & Francis, 1996, pp. 189–194.
- [5] A. Bangor, P. Kortum, and J. T. Miller, “An empirical evaluation of the System Usability Scale,” *Int. J. Human-Computer Interaction*, vol. 24, no. 6, pp. 574–594, 2008, doi: 10.1080/10447310802205776.
- [6] J. R. Lewis, “The factor structure of the System Usability Scale,” in *Human Centered Design*, M. Kurosu, Ed. Berlin, Germany: Springer, 2009, pp. 94–103, doi: 10.1007/978-3-642-02806-9_12.
- [7] J. J. Garrett, *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*, 2nd ed. Berkeley, CA: New Riders, 2011.
- [8] D. A. Norman, *The Design of Everyday Things, Revised and Expanded ed.* New York, NY: Basic Books, 2013.
- [9] Design Council, *Eleven Lessons: Managing Design in Eleven Global Brands*, London, U.K.: Design Council, 2007.
- [10] T. Brown, *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*, New York, NY: HarperCollins, 2009.
- [11] H. Sharp, Y. Rogers, and J. Preece, *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*, 6th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2023.
- [12] F. J. Ferrández-Pastor, J. M. García-Chamizo, M. Nieto-Hidalgo, J. Mora-Martínez, and J. Mora-Pascual, “Precision agriculture design method using a distributed

- computing architecture on Internet of Things context,” *Sensors*, vol. 18, no. 6, p. 1731, 2018, doi: 10.3390/s18061731.
- [13] A. Kempelis, C. Dimoulas, and G. Kalliris, “Computer vision and machine learning-based predictive analysis for urban agricultural systems,” *Future Internet*, vol. 16, no. 2, p. 44, 2024, doi: 10.3390/fi16020044.
- [14] A. Shams, N. Dey, and A. S. Ashour, “Enhancing crop recommendation systems with explainable artificial intelligence: A study on agricultural decision-making,” *Neural Computing and Applications*, vol. 36, no. 2, pp. 1123–1139, 2024, doi: 10.1007/s00521-023-09391-2.
- [15] D. Garg, S. Garg, and A. Kaur, “Towards a multimodal system for precision agriculture using IoT and machine learning,” *arXiv preprint, arXiv:2107.04895*, 2021.
- [16] Adam Fard UX Studio, *Stakeholder Interview Template: 120+ Questions*. 2020. [Online]. Available: <https://adamfard.com>
- [17] Food and Agriculture Organization of the United Nations, “Digital Agriculture: Transforming Agricultural Practices for a Sustainable Future,” *FAO*, Rome, 2022.
- [18] K. A. Ericsson and H. A. Simon, *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*, Rev. ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1993.

11 Anexos

Esta sección reúne material complementario referido en el cuerpo del informe (instrumentos, diagramas, figuras y datos crudos).

Anexo A. Instrumento de entrevista y síntesis cualitativa de la fase Descubrir

Este anexo reúne material complementario asociado a la fase Descubrir, con el fin de transparentar el instrumento aplicado y facilitar la trazabilidad del levantamiento de información. Incluye el esquema metodológico, el mapa de empatía general y las preguntas guía utilizadas en las entrevistas exploratorias. Su contenido sirve como respaldo de los criterios utilizados para construir los User Persona y orientar las decisiones de arquitectura de información.

A.1 Esquema metodológico aplicado



Figura A.1. Esquema metodológico de la fase “Descubrir”

A.2 Mapa de empatía consolidado



Figura A.2. Mapa de empatía consolidado de perfiles entrevistados

A.3 Preguntas guía de entrevista (instrumento)

1. ¿Qué decisiones toma semanalmente basadas en datos productivos o climáticos?
2. ¿Qué información considera indispensable para confiar en una predicción?
3. ¿Qué elementos visuales le facilitan leer resultados (KPIs, gráficos, tablas, alertas)?
4. ¿Qué términos o conceptos suelen generar confusión en reportes técnicos?
5. ¿Cómo prefiere ingresar información: ¿manual, importación o ambos?
6. ¿Qué acciones realiza con mayor frecuencia (crear predicción, revisar, comparar, exportar)?
7. ¿Qué frustraciones ha tenido con herramientas digitales similares?
8. ¿Qué salida espera del sistema (pantalla, PDF/CSV, comparación histórica, recomendaciones)?

Anexo B. Diagramas conceptuales de tareas del sistema

Este anexo presenta diagramas conceptuales de tareas para funcionalidades secundarias del sistema (p. ej., historial, análisis y comparación).

Estos diagramas describen la secuencia general de acciones y decisiones del usuario, y se incluyen como apoyo visual complementario (no corresponden a un User Flow formal estandarizado).

B.1 Flujo conceptual de tareas del módulo Historial de Predicciones

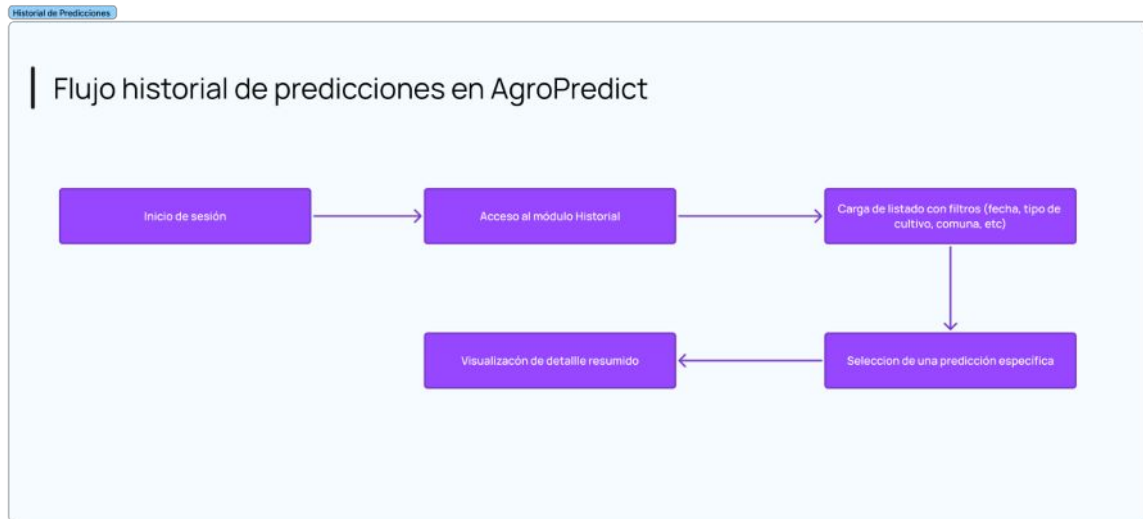


Figura B.1. Esquema conceptual del proceso de revisión de predicciones históricas

B.2 Flujo conceptual de tareas del módulo Análisis de Predicciones

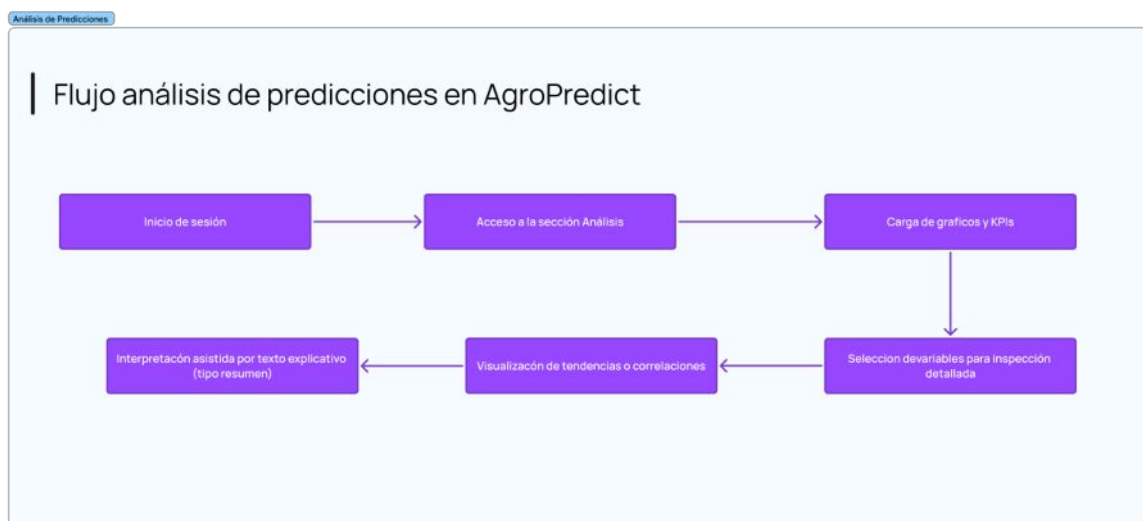


Figura B.2. Esquema conceptual del proceso de análisis de resultados predictivos

B.3 Flujo conceptual de tareas del módulo Comparación de Predicciones

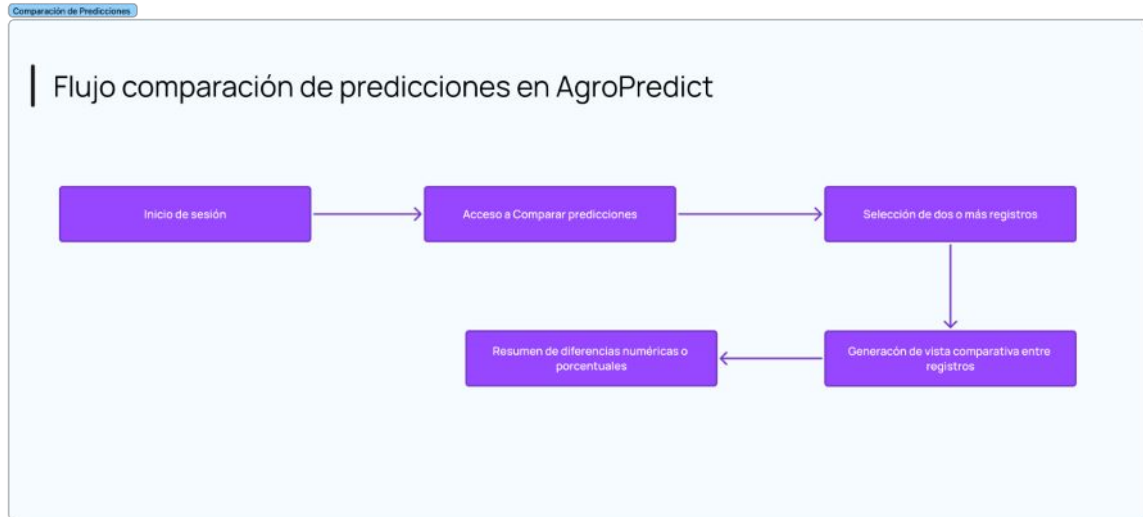


Figura B.3. Esquema conceptual del proceso de comparación entre predicciones

Anexo C. Prototipos intermedios y módulos secundarios

Este anexo reúne prototipos intermedios (media fidelidad) y capturas de módulos secundarios, incorporados como evidencia visual complementaria del proceso iterativo de diseño.

C.1 Wireframes (media fidelidad)

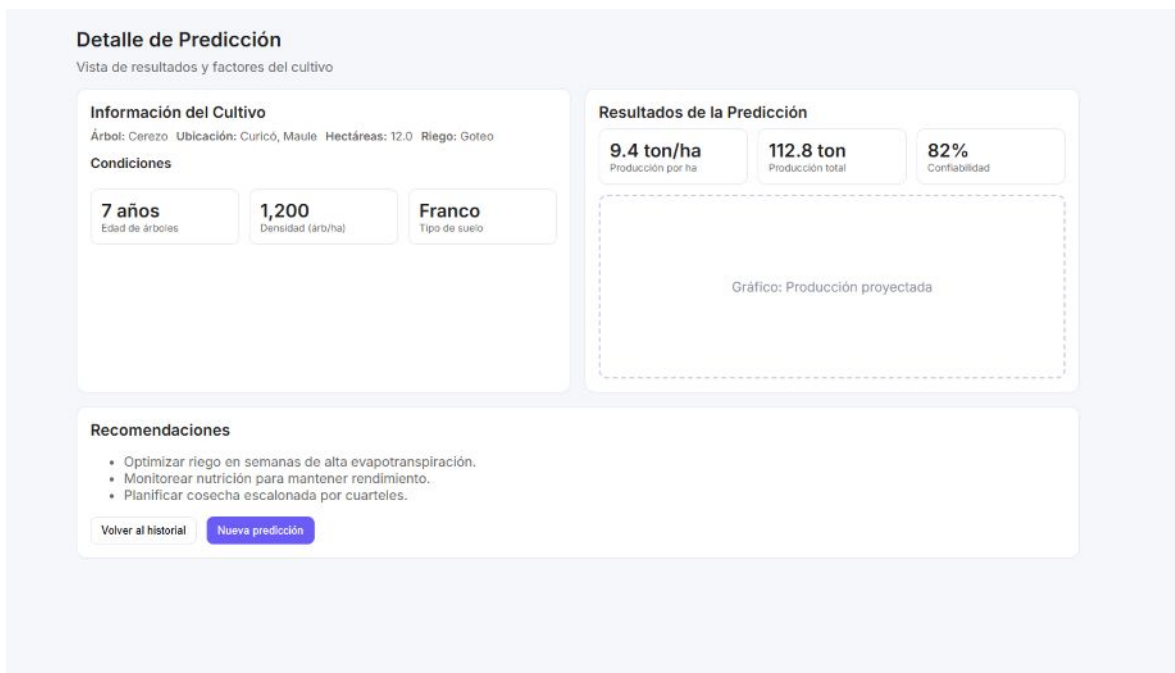


Figura C.1. Wireframe de Detalle de Predicción (media fidelidad)

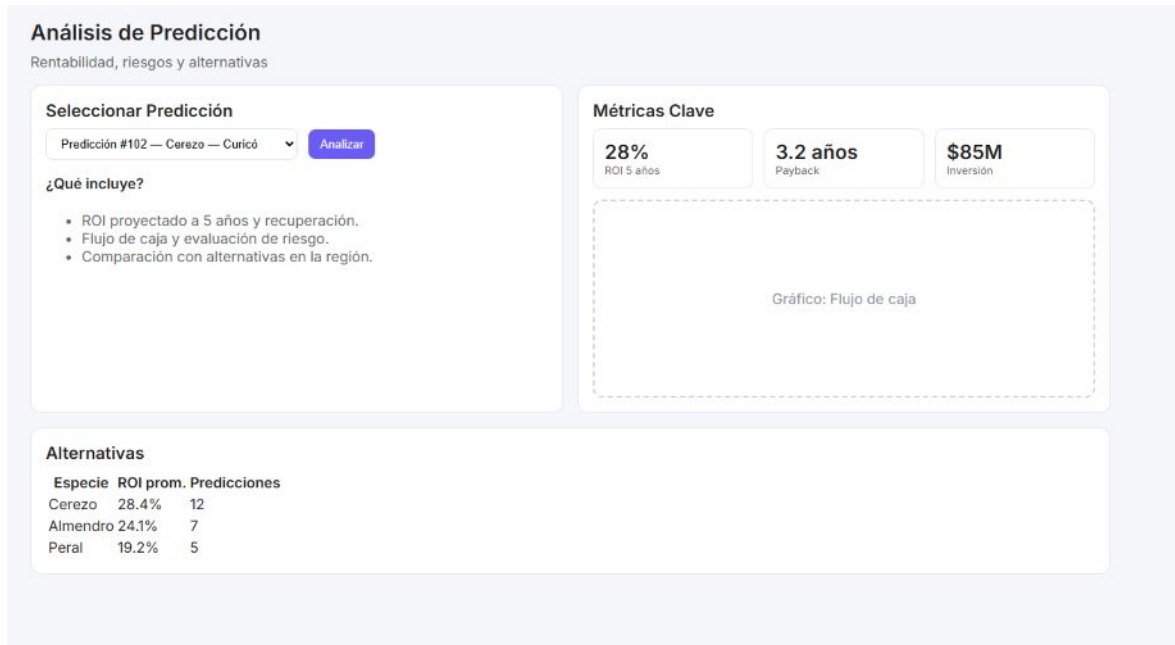


Figura C.2. Wireframe de Análisis de Predicción (media fidelidad)

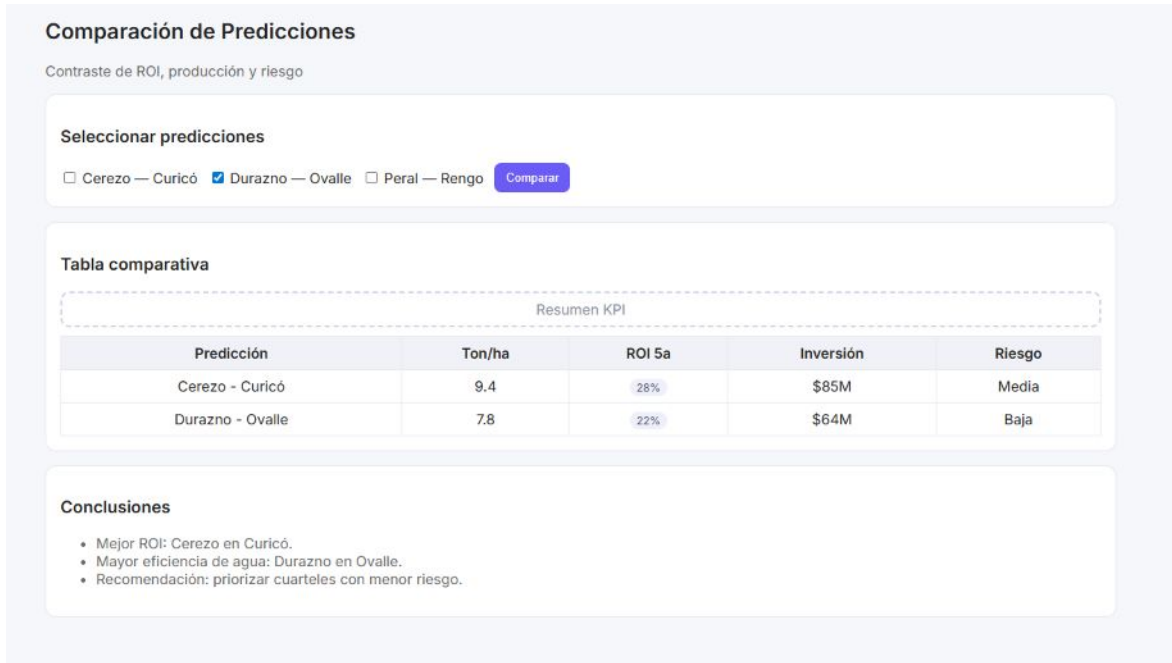


Figura C.3. Wireframe de Comparación de Predicciones (media fidelidad)

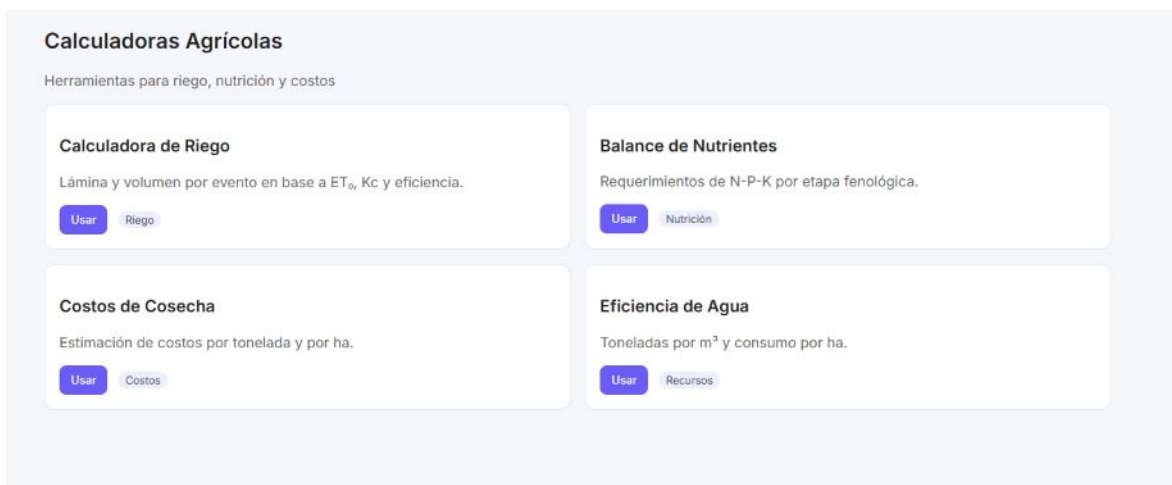


Figura C.4. Wireframe de Calculadoras Agrícolas (media fidelidad)

Nueva Predicción

Complete los datos del cultivo

Datos del Cultivo

Tipo de árbol Seleccione...	Comuna Seleccione...
Hectáreas Ej: 10.0	Edad árboles Ej: 6
Densidad plantación árb/ha	Tipo de riego Goteo
Tipo de suelo Franco	Fertilización Mixta

[Cancelar](#) [Generar Predicción](#)

Información

- El modelo estima producción por hectárea, producción total y confiabilidad.
- Use datos reales para mejorar la precisión.
- Los resultados pueden variar según manejo y clima.

Estado de proceso y mensajes

Figura C.5. Wireframe de Nueva Predicción (media fidelidad)

AgroPredict

Predicción #19
Almendro en Maipú, Región Metropolitana

[Volver al Historial](#) [Nueva Predicción](#)

Información del Cultivo

Tipo de Árbol	Almendro	Ubicación	Maipú, Región Metropolitana	Hectáreas	55,0 ha
Edad de Árboles	8 años	Densidad	55 árb/ha	Estado	Completada

Condiciones del Cultivo

Tipo de Riego	Goteo	Tipo de Suelo	Limoso	Fertilización	Mixta
---------------	-------	---------------	--------	---------------	-------

Fecha Creación 09/11/2025 00:36

Resultados de la Predicción

Producción por Hectárea	Producción Total	Confiabilidad
2,26 Ton/Ha	124,29 Ton	88%

Análisis de la Predicción

Factores Positivos

- Riego por goteo optimiza el uso de agua
- Fertilización mixta mejora nutrientes
- Árboles en edad óptima de producción

Factores a Considerar

Recomendaciones

Basándose en los parámetros ingresados, se estima una producción de 2,26 toneladas por hectárea. El nivel de confiabilidad de 88% indica una predicción muy confiable.

[Ver Historial](#) [Nueva Predicción](#) [Eliminar Predicción](#)

Figura C.6. Vista final del módulo Detalle de Predicción (alta fidelidad)

Figura C.7. Vista final del módulo Análisis de Predicción (alta fidelidad)

Predicción	Ubicación	Hectáreas	Producción (ton/ha)	ROI Proyectado (1 año)	Inversión (€)	ROI por Ha (€/ha)	Consumo Agua (m³/ha)	Eficiencia (ton/ha)	Riesgo
Almendro ID: 19	Maipo Región Metropolitana	55,0	2,26	-	-	0,45	5000	0,0005	
Limonero ID: 18	Puente Alto Región Metropolitana	5,5	15,95	-	-	0,45	6000	0,0027	

Figura C.8. Vista final del módulo Comparación de Predicciones (alta fidelidad)

Anexo D. Resultados completos de evaluación SUS (datos)

Este anexo presenta los resultados crudos de la escala SUS (System Usability Scale) aplicada a los mismos seis participantes en tres sprints. Se incluye el promedio por ítem y sprint, y el detalle individual por participante, con el fin de transparentar los cálculos reportados en el Capítulo 6.

Tabla D.1. Resultados promedio de la escala SUS por Sprint

Ítem SUS	Descripción resumida	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3
1	Considero que usaría este sistema con frecuencia	3.8	3.5	4.4
2	Encuentro el sistema innecesariamente complejo	2.2	2.8	1.7
3	Creo que el sistema es fácil de usar	4	3.6	4.6
4	Necesitaría ayuda técnica para usarlo	2.4	2.9	1.8
5	Las funciones del sistema están bien integradas	3.7	3.4	4.5
6	Hay demasiada inconsistencia en el sistema	2.3	2.7	1.6
7	La mayoría de las personas aprendería a usarlo rápidamente	4.1	3.7	4.7
8	El sistema es confuso o poco claro	2.5	3	1.9
9	Me siento muy confiado usando el sistema	3.9	3.4	4.5
10	Necesito aprender muchas cosas antes de usarlo correctamente	2.6	3.1	1.9
	Cálculo SUS promedio	74.2	68.5	83.1
	Nivel de usabilidad	Bueno	Aceptable	Excelente

Tabla D.2. Puntajes individuales SUS – Sprint 1

Ítem	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Promedio
1	4	4	3	4	4	3	3.8
2	2	2	3	2	2	2	2.2
3	4	4	4	3	4	4	4
4	3	2	2	3	2	3	2.4
5	4	4	3	4	3	4	3.7
6	2	3	2	2	2	2	2.3



7	4	4	4	3	4	4	4.1
8	3	2	3	2	3	2	2.5
9	4	4	3	4	4	4	3.9
10	3	2	3	3	2	3	2.6

Tabla D.3. Puntajes individuales SUS – Sprint 2

Ítem	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Promedio
1	4	3	4	3	3	4	3.5
2	3	3	3	2	3	3	2.8
3	4	3	4	3	4	3	3.6
4	3	3	3	3	3	3	2.9
5	4	3	4	3	3	3	3.4
6	3	3	2	3	3	3	2.7
7	4	4	3	4	3	4	3.7
8	3	3	3	3	3	3	3
9	4	3	3	3	3	4	3.4
10	3	3	3	3	3	3	3.1

Tabla D.4. Puntajes individuales SUS – Sprint 3

Ítem	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Promedio
1	4	4	5	4	5	4	4.4
2	2	1	2	2	1	2	1.7
3	5	4	5	5	4	5	4.6
4	2	2	1	2	2	2	1.8
5	5	4	4	5	5	4	4.5
6	2	1	2	1	2	1	1.6
7	5	5	4	5	5	4	4.7
8	2	2	2	2	1	2	1.9
9	5	4	4	5	5	4	4.5
10	2	2	2	2	2	2	1.9

Anexo E. Interfaces finales del sistema AgroPredict

Este anexo presenta capturas representativas de las vistas principales del sistema en su versión final de alta fidelidad.

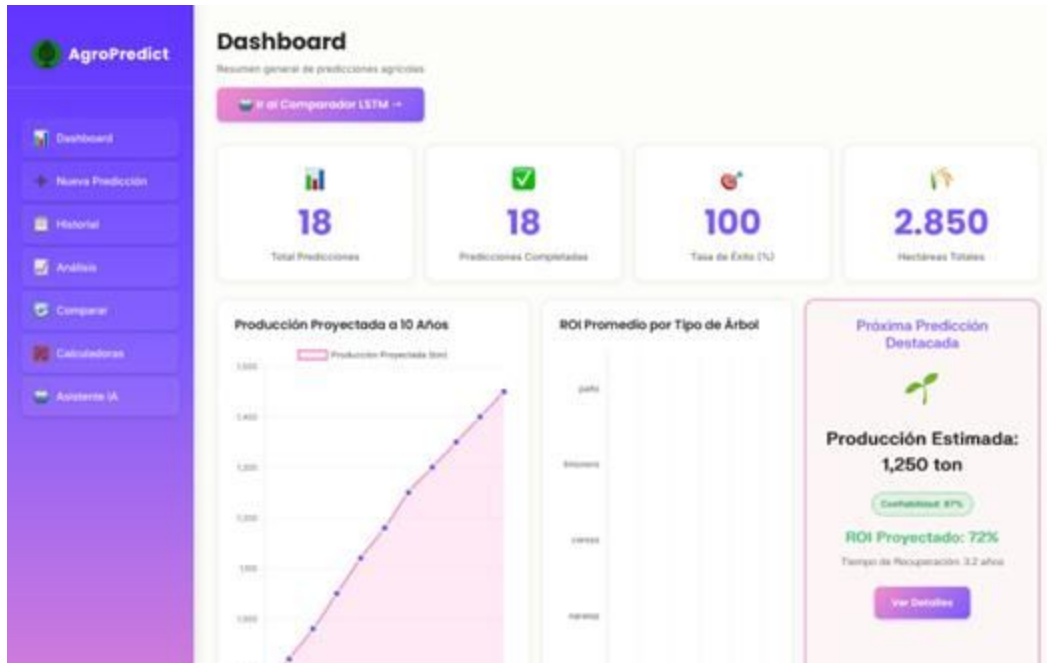


Figura E.1. Vista final del Dashboard principal del sistema AgroPredict

The 'Nueva Predicción' form is designed to collect user input for generating a new agricultural prediction. It includes an explanatory section on how the system works, based on machine learning algorithms that analyze various factors.

¿Cómo funciona?
Nuestro sistema utiliza algoritmos de aprendizaje automático para predecir la producción agrícola basándose en:

- **Tipo de cultivo:** Cada árbol tiene características específicas de rendimiento.
- **Condiciones geográficas:** Clima y ubicación regional.
- **Datos del cultivo:** Edad, densidad y superficie.
- **Prácticas agrícolas:** Riego, suelo y fertilización.

Datos del Cultivo

Tipo de Árbol *
Comuna *
Hectáreas *

Información de los Árboles

Edad de los Árboles (años) *

Figura E.2. Vista final del módulo Nueva Predicción del sistema AgroPredict.

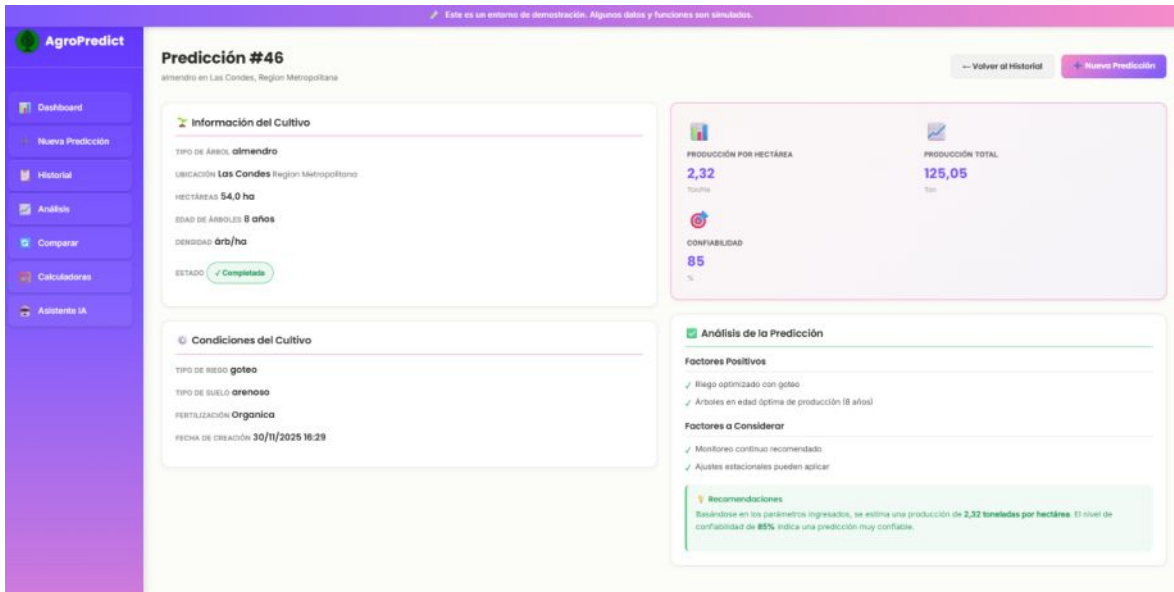


Figura E.3. Vista final de Resultados predictivos del sistema AgroPredict.

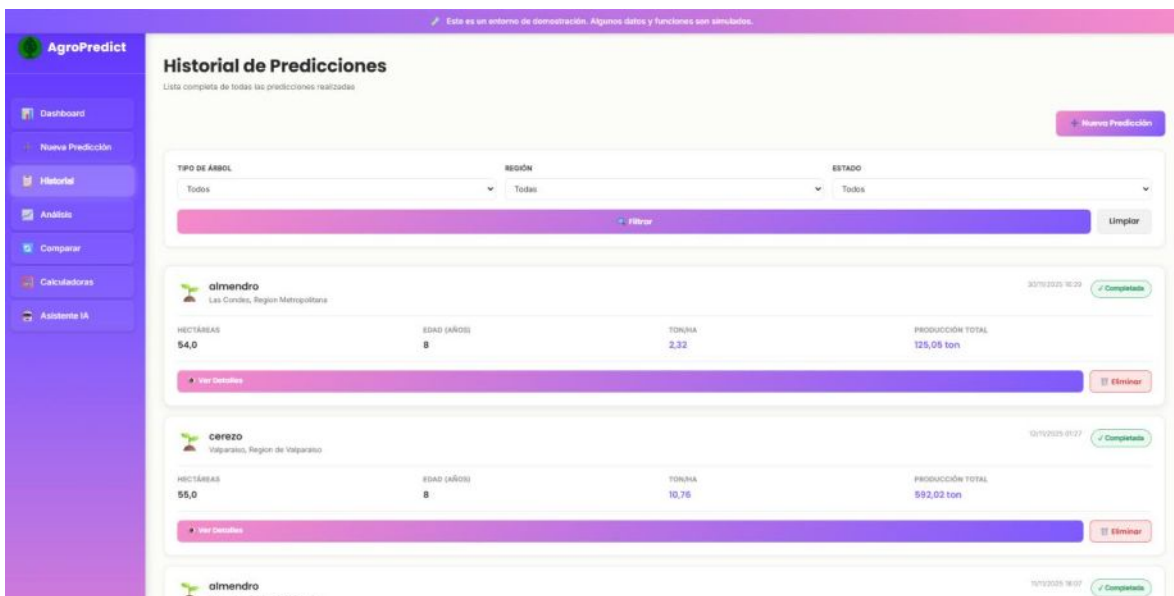


Figura E.4. Vista final de Historial de predicciones del sistema AgroPredict.

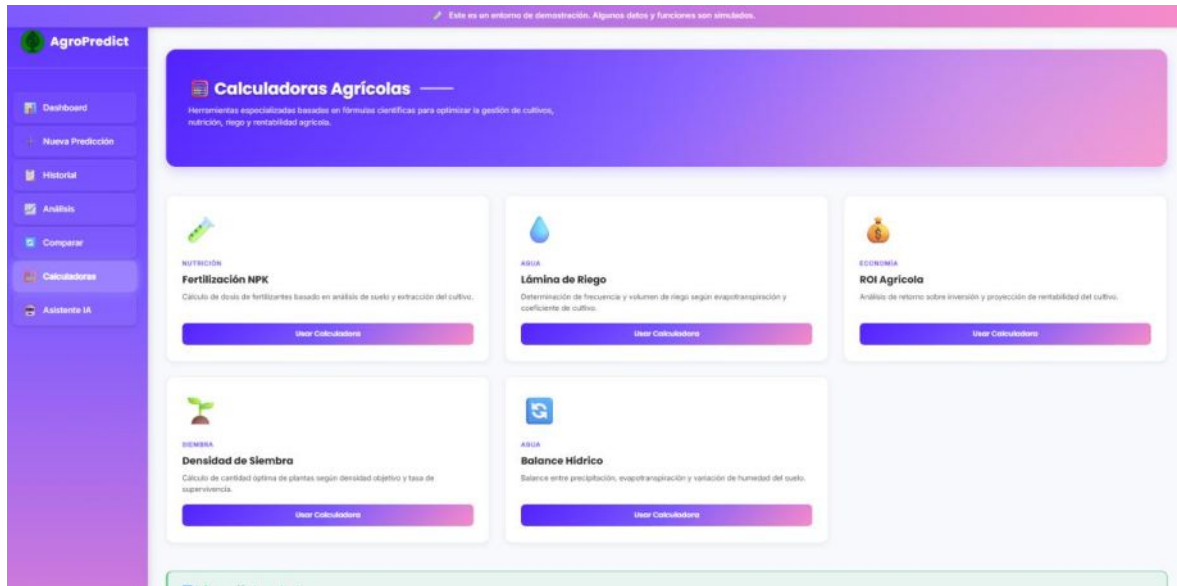


Figura E.5. Vista final de Calculadoras del sistema AgroPredict.