



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA E INFORMÁTICA
INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

Diseño UX aplicado al desarrollo de un asistente virtual para entornos industriales

Bastian Leandro López García

bastian.lopezg@usm.cl

Luis Felipe Rojas Concha
Profesor Guía

Francis Gloria Fuentes Chacana
Profesor Correferente

Resumen: En entornos industriales, la consulta de manuales técnicos suele ser lenta y compleja debido a que la información suele estar dispersa, en diversos formatos e idiomas, generando tiempos muertos, dependencia de expertos y riesgos operativos. La solución propuesta es ATLAS, un asistente virtual que entrega respuestas en lenguaje natural fundamentadas en manuales reales, mostrando evidencia y advertencias cuando corresponde, para apoyar decisiones seguras en terreno.

El proyecto se desarrolla con un enfoque centrado en el usuario, orientado a una interfaz clara, accesible y consistente que facilite la interacción de operarios y supervisores. Se aplicaron entrevistas, construcción de personas, task/user flows, prototipado de alta fidelidad y pruebas de usabilidad. La evaluación considera tareas cronometradas, la encuesta System Usability Scale (SUS) para usabilidad percibida y una escala de confianza asociada a la visibilidad de la evidencia.

Como resultado, se obtuvo un diseño que reduce el tiempo de respuesta, mejora la trazabilidad de las indicaciones y eleva la confianza del usuario al operar con información verificada. Este trabajo muestra cómo un diseño centrado en la experiencia de usuario (UX) riguroso transforma un desafío operativo en una solución efectiva y segura.

Palabras Clave: Experiencia de usuario, Asistente virtual, Diseño centrado en el usuario, evidencia técnica, trazabilidad, industria.



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

Título del trabajo: Diseño UX aplicado al desarrollo de un asistente virtual para entornos industriales

Nombre del candidato(a): Bastian Leandro López García

Carrera / Grado: ingeniería en Informática

Campus: Viña del mar Departamento: Departamento de 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.

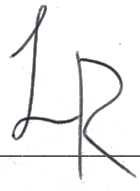
El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

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

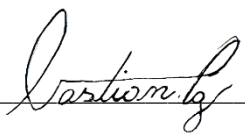
Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

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

Fecha: 10 / 03 / 2026 Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 10/03/2026 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

1.1 Contexto

En la operación y el mantenimiento de equipos industriales, el acceso oportuno a información técnica correcta, vigente y verificable es un factor crítico para la seguridad y la productividad de los usuarios. La documentación suele estar dispersa y en diferentes formatos e idiomas, y la consulta con frecuencia ocurre en terreno, bajo presión temporal y condiciones de entorno exigentes (brillo, ruido, uso de guantes, interrupciones). En este contexto, una interfaz que ofrezca respuestas claras, rápidas y con evidencia visible para aumentar la confiabilidad puede significar una importante reducción en los errores, reducir los tiempos muertos y apoyar la toma de decisiones de forma segura.

1.2 Descripción del problema

Actualmente las empresas invierten tiempos significativos en la capacitación y resolución de problemas operativos debido a que la información requerida no es de fácil acceso, está en diferentes idiomas o está en lenguaje técnico, lo que ocasiona que la búsqueda manual de ésta y su interpretación correcta genere tiempos muertos de maquinaria y dependencia de personal experto. Esto deriva en procesos lentos y costosos, disminuye la eficiencia general de los proyectos y puede incrementar el riesgo operacional. Al mismo tiempo que interfaces poco claras y sin evidencia disminuyen la confianza del usuario lo que eleva la probabilidad de errores críticos. Por ello la visibilidad de fuentes y advertencias es clave para una adopción rápida y confiable del producto.

1.3 Solución propuesta y enfoque metodológico

La solución propuesta fue un asistente técnico inteligente con una interfaz conversacional que entiende preguntas en lenguaje natural y entrega respuestas basadas directamente en los manuales reales, con evidencia visible y verificable, advertencias para pasos críticos y escalamiento al experto cuando corresponda. El diseño prioriza condiciones de uso industrial.

El enfoque metodológico utilizado se basa en el doble diamante, combinando con investigación contextual, prototipado progresivo y pruebas formativas con métricas cuantitativas y cualitativas: Tareas cronometradas, tasa de éxito, usabilidad percibida, etc.

La iteración actual entrega prototipos de alta fidelidad y módulos claves. En una ronda formativa preliminar se observó reducción del tiempo y de los errores críticos en el uso de las funcionalidades, además de una mayor claridad en la lectura de advertencias y aumento en la confianza percibida al exhibir el manual y la página de donde se extrae la información además del enlace para revisar dicha página directamente desde el manual técnico referenciado.

1.4 Organización del documento

La Sección 2 presenta la descripción del problema y la solución propuesta; la Sección 3 establece el objetivo general del proyecto y los objetivos específicos de la tesina; la Sección 4 describe la metodología y el plan de trabajo; la Sección 5 desarrolla el marco teórico; la Sección 6 detalla el proceso de diseño; la Sección 7 contiene la discusión de la propuesta y las contribuciones; la Sección 8 expone conclusiones y trabajo futuro; la Sección 9 tiene los agradecimientos; la Sección 10 contiene las referencias utilizadas y la Sección 11 reúne los anexos.

2 Descripción del problema y solución

2.1 Situación actual

Los manuales técnicos del área industrial de la empresa se encuentran dispersos en un repositorio digital corporativo en distintos formatos y en múltiples idiomas, además de existir una trazabilidad limitada en el uso que se le da a la información.

El proceso de cómo se resuelve cuando hay una duda o falla operativa en la actualidad es el siguiente:

1. El operador detecta una falla o tiene una duda técnica.
2. Consulta con su jefe de área.
3. De no tener la respuesta, el jefe de área valida la criticidad de la consulta y la hace llegar a personal experto.
4. El experto busca la información requerida en un drive corporativo en el que se encuentran los manuales de todas las maquinarias con las que cuenta la empresa.
5. El experto interpreta la información según el idioma o nivel técnico requerido y compila la respuesta.
6. La respuesta se transfiere al equipo en terreno donde se aplica la solución entregada.

En este flujo se pueden identificar una variedad de puntos deficientes como son los extensos tiempos de búsqueda y verificación de la información requerida, la barrera idiomática a la que se enfrenta el usuario, una trazabilidad limitada, dependencia de personal experto, riesgo de descontextualización, dependencia de personal intermediario entre el operario y el personal experto y tiempos muertos de maquinaria, por lo que el proyecto busca acelerar y facilitar el acceso a la información a través de una interfaz que permita a operarios y supervisores obtener, comprender y ejecutar información verificable y entendible de forma rápida y segura.

2.2 Problema central

Se busca reducir los tiempos de detención y la dependencia de soporte experto al acelerar el acceso a la información técnica solicitada a través de una interfaz que permita a operarios y supervisores obtener, comprender y ejecutar información técnica con evidencia verificable, en español y entendible, de forma rápida y segura, específica para su contexto de trabajo.

2.3 Consecuencias y relevancia

Los tiempos muertos y escalamientos implican costos y afectan directamente la productividad del proyecto. Al mismo tiempo, interfaces poco claras y sin evidencia en industrias con operaciones críticas aumentan la carga cognitiva, disminuyen la confianza y elevan la probabilidad de errores; la visibilidad de fuentes y advertencias es clave para una adopción confiable.

2.4 Orientación general hacia la solución

La propuesta se concreta en un asistente conversacional para entornos industriales que entrega respuestas fundamentadas en la documentación técnica disponible en la empresa, con evidencia visible, advertencias claras para asegurar la seguridad operacional y trazabilidad de extremo a extremo. El diseño prioriza condiciones reales

de uso y reduce la dependencia de expertos mediante contexto previo, claridad de instrucciones y mecanismos de escalamiento cuando la evidencia es insuficiente. Los lineamientos clave son:

- Mostrar evidencia de origen: Cada respuesta muestra el manual y la página donde se encuentra la información solicitada además de un botón que lleva directamente a la sección referenciada del manual.
- Definir contexto: Selector obligatorio del equipo y modelo de la maquinaria antes de preguntar para reducir el tiempo de respuesta y ajustar la respuesta a la necesidad real del usuario.
- Seguridad: Advertencias en pasos críticos para resguardar la seguridad del operario.
- Fluidez: Las respuestas se muestran en un lenguaje claro, con pasos numerados y resumen de los contenidos y acciones a realizar.
- Trazabilidad: Monitoreo de las preguntas hechas por los usuarios y las respuestas entregadas por el modelo para control y medición de métricas.
- Diseño orientado a terreno: Diseño de alto contraste en el chat, flujo de trabajo intuitivo y pantallas de carga para latencia de la red.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar y validar la interfaz de usuario de un asistente virtual para la consulta de manuales técnicos en entornos industriales, orientado a reducir tiempos de detención, disminuir la dependencia de expertos y aumentar la seguridad, la eficiencia y la confianza mediante respuestas rápidas, precisas y trazables.

3.2 Objetivos específicos

- Investigar y levantar requisitos de experiencia de usuario (UX) mediante entrevistas y observación de tareas críticas, construyendo User Persona y definiendo escenarios de uso prioritarios.
- Modelar los flujos de trabajo mediante Task Flow y User Flow, identificando puntos de dolor y oportunidades de mejora.
- Prototipar interfaces de alta fidelidad aplicando criterios de accesibilidad y contexto industrial (modo guantes, alto contraste y lenguaje claro), definiendo el selector de contexto y los mecanismos de evidencia y trazabilidad.
- Evaluar la UX mediante tareas cronometradas, tasa de éxito, errores críticos, SUS (usabilidad percibida) y escala de confianza, estableciendo criterios de aceptación para analizar los resultados.

4 Metodología y plan de trabajo

4.1 Metodología aplicada

La metodología escogida combina técnicas cualitativas y cuantitativas para diseñar una solución centrada en el usuario que mejore la consulta de manuales técnicos en entornos industriales. Se apoya en un modelo Doble Diamante (Descubrir, Definir, Desarrollar, Entregar) [1], el cual se aplicó de manera iterativa, permitiendo retroalimentar cada

fase según los hallazgos obtenidos durante la investigación, el prototipado y las pruebas con usuarios, todo esto con el objetivo de aumentar la eficiencia, la trazabilidad y la confianza de los operarios integrando métodos de investigación contextual, prototipado progresivo y evaluaciones basadas en métricas objetivas (tiempo, tasa de éxito, errores críticos) y subjetivas (SUS y confianza).

4.2 Fases del proyecto

1. investigación y recolección de datos (Descubrir)

Se inició con el estudio del problema desde los actores clave (operarios y supervisores) para identificar sus necesidades específicas y expectativas en pos de comprender las tareas reales, las limitaciones del entorno y los puntos de dolor asociados a la consulta de manuales a través de:

- Entrevistas y observación contextual: mapeo de tareas reales y puntos de dolor.
- Análisis de documentación disponible: Análisis del inventario de manuales digitalizados para entender su distribución y la tipología de los contenidos.

Resultado: Comprensión profunda de los usuarios, sus tareas reales y los puntos críticos en la consulta de manuales técnicos.

2. Síntesis de hallazgos y definición de criterios (Definir)

Se procesaron los datos obtenidos luego de la investigación para formular los problemas de diseño y establecer los arquetipos de usuarios.

- Mapas de empatía y Personas: se construyeron perfiles representativos para la toma de decisiones y entendimiento de dolores, metas y capacidades digitales de los futuros usuarios.
- Agrupar la información obtenida y definir objetivos a alcanzar.

Resultado: Definición del problema central y caracterización de los perfiles de usuario (User Personas).

3. Proceso de diseño (Desarrollar)

A partir de los criterios definidos, se desarrollaron soluciones progresivas desde bocetos conceptuales hasta prototipos de alta fidelidad, con especial énfasis en la claridad, seguridad y la evidencia visible.

- Flujos de trabajo: Task Flow representativo del proceso actual y User Flow asociado al uso de ATLAS para definición de pasos críticos.
- Prototipos de baja fidelidad (wireframes): exploración rápida de alternativas.
- Prototipos de alta fidelidad: aplicación de criterios de interfaz de usuario (UI) para contexto industrial:
 - Modo guantes: Espaciado suficiente, alto contraste.
 - Selector de contexto: marca/equipo/categoría previa a la consulta.
 - Trazabilidad: visualización y registro de consultas y respuestas para usos de supervisión y análisis administrativo.

Resultado: Prototipos validados y guía de diseño para la validación.

4. Validación y evaluación continua (Entregar)

En esta fase final se formalizó el plan de pruebas y se validó la solución mediante sesiones controladas con usuarios.

- Diseño de las pruebas: Se definieron tareas cronometradas específicas (localizar información, validar advertencias, abrir fuente anclada).
- Definición de métricas e indicadores:
 - **Eficiencia:** tiempo por tarea.
 - **Eficacia:** tasa de éxito, errores críticos.
 - **Usabilidad y confianza percibida:** Cuestionario SUS (objetivo ≥ 70) y escala de confianza.
- **Ejecución y análisis:** La solución se validó comparando el desempeño obtenido contra las estimaciones del proceso actual.
- Definición de oportunidades de mejora.

Resultado: Las pruebas mostraron reducción significativa de tiempos, alza en tasa de éxito y mejor percepción de usabilidad; se documentaron hallazgos, se priorizaron mejoras para futuras iteraciones.

Finalmente, los resultados de cada iteración alimentan nuevas versiones del prototipo, cerrando el ciclo del Doble Diamante y asegurando que la solución final esté sustentada en evidencia empírica y validación con usuarios reales.

4.3 Cronograma

A continuación, la Tabla 1 presenta el cronograma de actividades del proyecto, abarcando el desarrollo completo entre los meses de mayo y noviembre.

Tabla 1: Cronograma del desarrollo UX del proyecto.

Actividades	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Realizar entrevistas preliminares.	X						
Realizar investigación contextual.	X						
Definir User persona.		X					
Realizar mapas de empatía.		X					
Crear Task Flow.		X					
Definir criterios de éxito.			X				
Crear User Flow.				X			
Creación de prototipos de baja fidelidad.				X			
Creación de prototipos de alta fidelidad.					X		
Ejecución de pruebas con usuarios.						X	
Definición de impacto y trabajo futuro.							X

5 Marco teórico

5.1 Experiencia del usuario

La experiencia de usuario (UX) es un elemento clave en el diseño de la interfaz de usuario (UI), refiriéndose al conjunto de percepciones y reacciones que tiene una persona al interactuar con un producto o sistema, tal como menciona la norma ISO 9241-210 donde la UX se define como “las percepciones y respuestas de un usuario resultantes del uso y/o uso anticipado de un sistema o servicio” [2]. Esto no solo abarca los aspectos tradicionales de la usabilidad como es el uso de la interfaz, sino también aspectos emocionales como la confianza en el sistema, la satisfacción percibida y como el producto se adapta al contexto de los usuarios. Es decir, la UX incluye todos los factores de diseño y también los factores subjetivos como las emociones y sentimientos que juntos determinan si la interacción global resulta positiva o negativa para el usuario [3]. Diversos autores mencionan que el concepto de UX surgió como una evolución de la ergonomía clásica que, con el auge de los sistemas informáticos, la disciplina amplió su alcance de la usabilidad tradicional hacia una visión con un todo integral, donde las partes interactúan y están interconectadas, centrada en la relación humano-máquina y la búsqueda de experiencias satisfactorias [3].

5.2 Dimensiones de la UX

La experiencia de usuario es multidimensional. Por ejemplo, Morville (2005) propuso un modelo en “colmena” con siete atributos clave que un producto debe lograr para ofrecer una UX positiva [4]. Estos atributos son:

- Útil: El sistema aporta utilidad real, satisfaciendo una necesidad del usuario (tiene función y propósito claros).
- Usable: Es fácil de usar y aprender, permitiendo al usuario lograr sus objetivos con eficacia y eficiencia.
- Deseable: Resulta atractivo en lo visual o emocional, generando motivación y afinidad del usuario con el producto.
- Encontrable: Su contenido y funciones son fáciles de encontrar; la navegación e información están bien organizadas.
- Accesible: Puede ser utilizado por personas con diferentes habilidades y entornos.
- Creíble: Genera confianza, el usuario percibe al sistema y su información como fiables y verídicos.
- Valioso: Aporta valor tanto al usuario (satisfacción, productividad) como al negocio u organización que provee el sistema.

Este modelo ilustra que la usabilidad, si bien crucial, es solo uno de varios componentes de la UX. En resumen, la UX abarca qué tan bien funciona un sistema y que siente el usuario al usarlo.

5.3 Importancia de la UX en sistemas técnicos e industriales

En contextos de sistemas técnicos la UX adquiere una importancia estratégica. Una buena UX no solo mejora la satisfacción del usuario, sino que puede aumentar la productividad y reducir errores. Estudios en automatización industrial señalan que interfaces intuitivas, accesibles y adaptables permiten a los operadores trabajar de forma más eficiente y segura, aprovechando mejor las tecnologías disponibles [4]. Por el contrario, una mala experiencia de uso en sistemas técnicos puede provocar resistencia a adoptar la herramienta, uso incorrecto de las funciones, mayores cargas de trabajo para el usuario e incluso situaciones de riesgo en entornos críticos. Por ello, actualmente el diseño centrado en el usuario es considerado fundamental incluso en sistemas de ingeniería tradicionalmente orientados solo a funciones técnicas. Invertir en UX en estos sistemas técnicos conlleva beneficios como: menor necesidad de soporte debido a que el sistema es auto explicativo, reducción de costes de capacitación, disminución de errores humanos y mejora de la confiabilidad global del sistema. En suma, los fundamentos de UX como garantizar utilidad, usabilidad, atracción, confianza, etc. son tan relevantes en entornos industriales y profesionales como en productos de consumo, pues en todos los casos se busca optimizar la interacción humano-tecnología para lograr resultados exitosos [3][4].

5.4 Diseño y evaluación de la experiencia de usuario

Evaluar la UX de un sistema implica medir en qué grado la experiencia percibida cumple con los principios de un buen diseño. Existen métricas y modelos estándar para apreciar distintos aspectos de la UX, desde la usabilidad básica hasta factores como la carga cognitiva o la confianza del usuario. A continuación, se presentarán algunos principios y criterios clave de evaluación aplicables al diseño de un asistente virtual:

Usabilidad y satisfacción (SUS): Un instrumento ampliamente utilizado es el System Usability Scale (SUS), un cuestionario de usabilidad de 10 ítems que produce un puntaje global de satisfacción del usuario con la interfaz [5]. SUS permite, mediante preguntas sobre la facilidad de uso, complejidad percibida, necesidad de apoyo, etc., cuantificar de forma rápida la usabilidad percibida de un sistema. Valores altos de SUS (por encima de 68, en la escala 0-100) suelen indicar que el producto es fácil de usar y satisfactorio en términos generales [5]. Dado que la usabilidad es un requisito básico de la UX, obtener un buen SUS es a menudo condición necesaria de un buen diseño UX.

Confianza y aceptación del usuario: Un criterio cualitativo pero vital en UX es la confianza del usuario en el sistema. En el caso de asistentes virtuales inteligentes, la confianza determina si el usuario seguirá las recomendaciones del asistente y hasta qué punto dependerá de él. Un diseño debe inspirar confianza mediante comportamientos predecibles, transparencias en las sugerencias y evidencia de fiabilidad. La investigación en automatización y factores humanos sugiere que los usuarios calibran su confianza según la consistencia y la claridad con que el sistema comunica su estado y limita sus errores [6]. Por ello, se evalúa si el asistente muestra explicaciones entendibles, si permite cierto grado de control al usuario y si provee evidencia técnica al dar respuestas como referencias a fuentes de datos o manuales. Encuestas o entrevistas pueden medir la percepción de confianza. Un nivel adecuado de confianza es aquél en que el usuario confía en las indicaciones correctas del asistente, pero conserva sentido crítico ante posibles fallos generando una confianza calibrada. Un UX bien diseñado debe fomentar ese equilibrio, evitando tanto la desconfianza total, que lleva al desuso del asistente, como la sobreconfianza peligrosa.

Accesibilidad y criterios industriales específicos: Dentro de la evaluación de UX, se incluyen criterios de accesibilidad, entendida en términos de adecuación a condiciones especiales de uso. En entornos industriales, es necesario considerar directrices de accesibilidad industrial, tales como:

- Compatibilidad con uso de guantes: El diseño de la interfaz debe prever un "*modo guantes*" u opciones que permitan operar el sistema con guantes de seguridad puestos. Esto implica botones más grandes ya que la precisión del tacto disminuye con guantes. Este tamaño mínimo reduce errores de toque y facilita la interacción a usuarios con dedos grandes o con poca destreza, cumpliendo lineamientos de accesibilidad táctil [7].
- Contraste de visualización elevado: Las interfaces deben usar esquemas de color de alto contraste que sean visibles bajo iluminación industrial intensa o a la luz solar directa. Un contraste adecuado facilita la legibilidad en condiciones adversas.
- Trazabilidad de acciones y datos: Es importante que el sistema registre y muestre la trazabilidad de las operaciones realizadas. Cada comando o consulta al asistente debe quedar documentado con marca de tiempo, autor y resultado para fines de auditoría y mejora continua. Esta trazabilidad incrementa la confianza del entorno industrial en el asistente, al proporcionar evidencia de qué se hizo y por qué. Además, facilita diagnosticar errores y aprender de experiencias pasadas.

Al evaluar un asistente virtual industrial, comprobar que cumple con estos criterios especiales forma parte de la evaluación integral de UX.

En resumen, la evaluación de la UX de un asistente virtual implica combinar métricas cuantitativas (usabilidad percibida, carga cognitiva, tiempos de tarea) con criterios cualitativos (confianza, accesibilidad contextual) para obtener un panorama completo. Estas evaluaciones permiten iterar sobre el diseño y garantizar que el asistente no solo funcione correctamente, sino que resulte útil, usable y aceptado en el entorno específico para el cual fue concebido.

5.5 UX en entornos industriales

El dominio industrial presenta características particulares que condicionan el diseño UX de un asistente virtual. Las condiciones de uso en fábricas, plantas o entornos de mantenimiento difieren sustancialmente de las de un usuario promedio en una oficina tranquila. A continuación, se describen las principales particularidades del entorno industrial que impactan en la experiencia de usuario y cómo deben afrontarse desde el diseño:

Decisiones bajo presión de tiempo: En la industria es común que los operarios deban tomar decisiones rápidas bajo situaciones de presión, por ejemplo, ante alarmas de una máquina, tiempos de parada muy costosos, o incidencias que detienen la producción. Esta urgencia significa que el asistente virtual debe proveer información clara y relevante de inmediato, sin requerir al usuario navegar por menús complejos ni leer largos textos en momentos críticos. La interfaz debe estar diseñada para destacar lo urgente con alertas visuales llamativas y ofrecer soluciones o recomendaciones *paso a paso* fáciles de seguir. Además, un asistente conversacional en estos casos debe interpretar correctamente comandos breves o preguntas directas, incluso si el usuario está bajo estrés y no formula la consulta perfectamente. Un diseño que apoye la toma de

decisiones rápidas puede marcar la diferencia entre resolver un problema a tiempo o incurrir en fallos. Por ello, probar el sistema en escenarios simulados de emergencia o alta presión es parte esencial de validar la UX industrial.

Trazabilidad y evidencia técnica: Las industrias suelen estar altamente reguladas y requieren documentar todas las acciones. Cuando un operador sigue las indicaciones de un asistente virtual, por ejemplo, para calibrar un equipo o solucionar una avería, es importante que quede registro de qué se hizo, quién lo hizo y con qué fundamentos. La trazabilidad en UX significa que el sistema debe no solo guiar al usuario, sino también generar un registro histórico de las interacciones. Idealmente, el asistente podría justificar sus recomendaciones mostrando referencias a evidencia técnica, como los manuales de la maquinaria correspondiente. Esto cumple una doble función: por un lado, aumenta la confianza del usuario (al saber que las sugerencias del asistente se basan en datos reales o documentos oficiales, y no son "ocurrencias"), y, por otro lado, genera un rastro verificable para auditorías o análisis posteriores. Desde el diseño UX aplicado, esto implica incorporar en la interfaz elementos como: enlaces o citas a los documentos técnicos relevantes que el usuario pueda desplegar y comprender con facilidad además de un historial de actividad visible. Por ejemplo, si el asistente recomienda reemplazar un filtro, deberá indicar la página del manual donde consta esa indicación. Asimismo, la organización debe poder acceder los registros de conversaciones con el asistente para revisar qué falló en caso de un incidente. Considerar la trazabilidad y evidencia en el diseño hace al asistente más útil en entornos industriales donde la responsabilidad y la calidad son primordiales.

Condiciones físicas y tecnológicas del entorno: A diferencia de una oficina convencional, el entorno industrial presenta condicionantes físicos que desafían la UX. Por un lado, los operadores pueden trabajar en planta, expuestos a ruido ambiental, vibraciones de maquinaria o iluminación deficiente/excesiva como puede ser la luz solar directa en exteriores, por ejemplo. Si el asistente es únicamente de voz, el ruido interferirá con el reconocimiento del habla; por tanto, podrían requerirse micrófonos especiales o un modo de activación manual lo que dificulta su implementación y adopción por parte de los usuarios y empresas. Visualmente, las pantallas deben ser legibles bajo sol o polvo, por lo que se prefiere alto contraste y tipografías grandes. El personal suele llevar guantes, cascos, gafas de seguridad, etc., lo que limita la forma de interacción: quizás no puedan usar un teclado físico con facilidad ni controles táctiles pequeños. Por lo que en algunos casos la mejor solución UX es proporcionar interfaces multimodales, como, por ejemplo, un asistente que pueda alternar entre comandos de voz y consultas escritas, según lo que resulte más práctico en cada situación. Asimismo, el hardware tal vez sea un dispositivo móvil de gama media-baja de especificaciones modestas, así que la aplicación debe ser ligera y eficiente, optimizada para no consumir mucha batería ni requerir procesamiento excesivo. En síntesis, el diseño UX para entornos industriales debe adaptarse a: entornos ruidosos, usuarios con equipo de protección e iluminación variable. Solo incorporando estas consideraciones desde el inicio se logrará una buena experiencia real para los usuarios en el terreno.

En conjunto, estos desafíos reflejan que el contexto de uso industrial conlleva requerimientos adicionales a la UX más allá de los habituales. El diseñador UX debe comprender profundamente las tareas, condiciones y limitaciones del entorno operativo para crear un asistente virtual verdaderamente útil. Incluir a usuarios finales (operarios, técnicos) en pruebas de campo es fundamental para descubrir problemas inesperados y garantizar que la solución final encaje en la rutina industrial sin fricciones. Un asistente virtual bien diseñado para la industria es aquel que permanece útil incluso en situaciones

críticas o adversas, aumentando la seguridad, eficiencia y comodidad del trabajo en planta en lugar de entorpecerlo.

5.6 Trabajos relacionados

El interés por aplicar asistentes virtuales y tecnologías conversacionales en contextos industriales ha crecido en años recientes, dando lugar a varios estudios y desarrollos relevantes. A continuación, se revisan algunos trabajos relacionados que sirven de antecedentes para este proyecto, abarcando asistentes conversacionales técnicos, sistemas de ayuda basados en conocimiento, y enfoques de diseño para entornos de alta confiabilidad.

Asistentes conversacionales en contextos técnicos: Una revisión sistemática de la literatura realizada por Pereira et al. (2023) examinó las aplicaciones de asistentes virtuales en el contexto de la Industria 4.0 [8]. Dicho estudio identificó relativamente pocos trabajos académicos enfocados en asistentes conversacionales industriales, lo que sugiere que es un área emergente. La mayoría de los casos de uso reportados se concentran en apoyar tareas de mantenimiento, operación de máquinas y capacitación técnica [8]. Por ejemplo, varios asistentes conversacionales se han desarrollado para proveer soporte en mantenimiento predictivo, permitiendo a los técnicos consultar el estado de equipos o solicitar diagnósticos en lenguaje natural. En general, la literatura indica que estos asistentes pueden facilitar el acceso a información compleja en planta (como datos de sensores o historiales de fallas) de forma más amigable que las interfaces tradicionales. Sin embargo, Pereira et al. destacan que muchos trabajos están en fase prototipal y que faltan estudios extensivos sobre su aceptación por parte de los operarios y su impacto en la eficiencia operativa [8]. Esto refuerza la motivación de investigaciones como la presente tesina, donde se busca profundizar en criterios de UX específicos para asegurar el éxito de dichas herramientas conversacionales en la industria.

Sistemas de ayuda basados en evidencia (knowledge-based): Un enfoque notable en contextos técnicos es diseñar asistentes que actúen como una puerta de acceso conversacional al conocimiento acumulado de la empresa (manuales, bases de datos de fallos, procedimientos). Un caso ejemplar es el proyecto EKIN desarrollado por un consorcio tecnológico en 2022, el cual implementó un asistente conversacional para mantenimiento industrial capaz de brindar información de manuales técnicos a través de lenguaje natural [9]. En esta solución, el operario puede preguntar al asistente cómo resolver un determinado problema de una máquina, y el sistema extrae la respuesta pertinente del manual de mantenimiento, presentándola de forma dialogada. Se combinan técnicas de *Question Answering* avanzadas y sistemas de diálogo para que el asistente entregue contenido preciso y contextual sin que el usuario deba hojear físicamente los manuales [9]. Durante las pruebas del proyecto, técnicos y estudiantes interactuaron con el asistente por voz y este mostró en pantalla las secciones relevantes del documento que contenían la solución buscada. Esto ejemplifica un sistema de ayuda basado en evidencia técnica: cada recomendación viene acompañada de la referencia al procedimiento oficial, reforzando la confianza y permitiendo aprendizaje. Otros desarrollos similares incluyen bots integrados con sistemas de gestión del conocimiento o con datos de IoT industrial, que responden preguntas como "¿Cuál fue la última vez que se calibró este sensor?" o "Muéstrame la tendencia de temperatura del horno en las últimas 8 horas", extrayendo esos datos de manera transparente para el usuario. Estos trabajos relacionados demuestran que un asistente virtual puede actuar como un copiloto digital del operario, proporcionándole información accionable y verificada al

instante. Un desafío reportado es garantizar la actualización continua de la base de conocimiento para que las respuestas estén alineadas con los cambios en equipos o procedimientos; por ello, se enfatiza la importancia de integrar el asistente con los sistemas de gestión de la documentación técnica de la planta [9].

Diseños para alta confiabilidad y eficiencia: En industrias de alto riesgo o altamente competitivas como puede ser la aeroespacial o la manufactura avanzada, existe una larga tradición de enfocar el diseño de sistemas en maximizar la confiabilidad, seguridad y eficiencia. Aunque históricamente estos esfuerzos se centraron más en la ingeniería de sistemas que en la UX, actualmente se reconoce que una buena UX contribuye directamente a la confiabilidad al reducir la probabilidad de error humano. Autores en el campo de sistemas dependientes introdujeron el concepto de “dependability”, que abarca atributos como confiabilidad, disponibilidad, seguridad, mantenibilidad y robustez [10]. Un sistema interactivo bien diseñado para entornos críticos debe apoyar todos estos atributos: por ejemplo, interfaces que minimicen ambigüedades incrementan la seguridad, y una buena presentación de la información mejora la conciencia situacional del operador, reduciendo tiempos de respuesta y evitando paros innecesarios. Asimismo, organizaciones de alta confiabilidad (HRO) suelen implementar rigurosos procesos de user testing y entrenamiento, reconociendo que el usuario es parte del sistema. En términos de trabajos relacionados, se pueden citar guías y normativas del sector: por ejemplo, estándares como ISA 101 para diseño de Interfaz Hombre-Máquina (HMI) en sistemas de control industrial, que incorporan principios de UX como consistencia, prioridad a alarmas y simplicidad gráfica orientados a la eficiencia y seguridad. Si bien no son “asistentes virtuales” per se, estos lineamientos alinean el diseño de cualquier interfaz industrial. La incorporación de un asistente conversacional debe alinearse con dichos principios: debe ser fiable (responder consistentemente y sin colgarse), seguro (no inducir a acciones erróneas), y eficiente (agilizar las tareas, no ralentizarlas). Los casos de estudio en sectores críticos muestran que pequeñas mejoras de UX han prevenido accidentes y ahorrado costos sustanciales al reducir errores humanos. Esto respalda la idea de que invertir en diseño UX aplicado a alta confiabilidad tiene retornos muy positivos [10].

En síntesis, los trabajos relacionados evidencian un panorama en el que los asistentes virtuales industriales aún están en etapas iniciales de exploración, pero con resultados prometedores. Se han identificado las ventajas de integrar estas herramientas para apoyar al personal en la toma de decisiones y acceso a información, especialmente cuando se fundamentan en bases de conocimiento sólidas. Al mismo tiempo, provenientes de disciplinas de fiabilidad y seguridad, contamos con marcos de diseño que orientan cómo debe ser la interacción hombre-máquina para minimizar errores y maximizar la eficiencia en entornos críticos.

6 Proceso de diseño

6.1 Investigación contextual (Descubrir)

La primera etapa del proceso de diseño se orientó a comprender en detalle cómo se resuelven hoy las dudas técnicas en terreno y de qué manera los distintos actores interactúan con los manuales y demás fuentes de información. El objetivo fue identificar el flujo real de trabajo, los puntos de dolor y restricciones del contexto industrial (tiempo, seguridad, equipamiento disponible), y levantar requisitos iniciales para el diseño del asistente virtual ATLAS.

6.1.1 Entrevistas semiestructuradas y observación contextual

Se realizaron entrevistas semiestructuradas individuales a una muestra de 6 participantes de distintos perfiles involucrados en la operación y mantenimiento de equipos industriales, principalmente operarios y supervisores. La selección de participantes buscó cubrir diferentes niveles de experiencia, familiaridad con los manuales técnicos y responsabilidades dentro del proceso productivo, con el fin de obtener una visión amplia de las necesidades y fricciones actuales.

Las entrevistas se centraron en temas como:

- Cómo se detectan y comunican las fallas o dudas técnicas;
- Qué pasos sigue cada perfil para buscar información en los manuales o en otros canales;
- Herramientas y soportes utilizados (*drive* corporativo, carpetas físicas, contactos expertos, correos, etc.);
- Tiempos involucrados y principales obstáculos percibidos;
- Grado de confianza en la información disponible y en las respuestas entregadas por terceros.

Este levantamiento permitió evidenciar patrones comunes: alta dependencia de “personal experto” para interpretar manuales complejos, dificultades para localizar rápidamente la sección adecuada de un documento extenso, presencia de manuales en otros idiomas y dudas respecto a si la versión consultada es la más actualizada. También se identificó la importancia de contar con advertencias claras en pasos críticos, dado que muchas decisiones se toman en contextos de presión de tiempo y riesgo operacional. Complementariamente, se realizó un estudio contextual para entender las situaciones a las que se enfrentan operarios y supervisores durante sus tareas diarias. Esta investigación permitió comprender condiciones que no siempre emergen en el discurso, como el uso de guantes y elementos de protección personal (EPP) que dificultan la manipulación de dispositivos, niveles de ruido que limitan la comunicación verbal y acceso restringido a computadores de oficina. Se observaron además estrategias informales para “saltarse” el uso de manuales, como repetir soluciones memorizadas o recurrir a información de fuentes no oficiales.

La combinación de entrevistas e investigación proporcionó una visión clara y real del proceso actual de búsqueda de información técnica. En conjunto, estos permitieron identificar puntos críticos como: la dispersión de fuentes, la falta de trazabilidad sobre qué documento se consultó, la sobrecarga de los expertos y la ausencia de un canal único que entregue respuestas claras, contextualizadas y respaldadas por evidencia. Estos hallazgos constituyen la base para la síntesis posterior en mapas de empatía y personas, así como para la definición del problema de diseño.

6.1.2 Análisis de documentación y estado actual de los manuales

En paralelo al trabajo de campo con usuarios, se llevó a cabo un análisis de la documentación técnica disponible en la organización. El propósito de esta revisión fue identificar cómo se almacenan, organizan y consultan hoy los manuales, instructivos y otros documentos relevantes, evaluando su preparación para ser utilizados como fuente principal del asistente virtual.

Para ello se revisaron repositorios digitales corporativos y carpetas compartidas. El análisis consideró aspectos como: tipo de documento (manual de operación, de mantenimiento, instructivo de seguridad, fichas técnicas, diagramas), formato de archivo (PDF nativo, escaneos, imágenes), idioma, estructura interna (índices,

secciones, tablas, advertencias), mecanismos de versionado y presencia o ausencia de metadatos (nombre estandarizado, código de equipo, fecha de emisión, versión, etc.). Los resultados mostraron un ecosistema documental heterogéneo y poco normalizado. Los manuales se encuentran en un repositorio digital corporativo coexistiendo versiones antiguas y actualizadas sin una política clara de eliminación o marcaje. Una parte importante del material está en formato PDF escaneado o imagen, lo que dificulta la búsqueda textual. Además, muchos documentos están en otros idiomas, lo que obliga a los usuarios a interpretar o traducir técnicamente la información. En la mayoría de los casos, no existen metadatos consistentes que permitan filtrar por equipo, modelo o criticidad, y la trazabilidad de qué documento se utilizó para una decisión concreta es prácticamente inexistente.

Este diagnóstico confirma que el problema no se limita a la interacción humana con los manuales, sino también a la forma en que estos se gestionan a nivel de sistema. A partir de este análisis se desprenden requisitos clave para ATLAS: la necesidad de integrar una fuente heterogénea de información, asociar cada respuesta a un documento y página concretos, y permitir que el usuario acote el contexto de búsqueda (por ejemplo, por equipo o modelo) para reducir ruido y ambigüedad.

En síntesis, la investigación contextual combinó la mirada sobre las prácticas reales de los usuarios con un examen sistemático de la documentación disponible. Esta doble perspectiva permitió comprender tanto la experiencia cotidiana de búsqueda de información como las limitaciones estructurales del ecosistema de manuales, proporcionando una base sólida para las etapas de síntesis y diseño descritas en las secciones siguientes.

6.2 Síntesis de hallazgos y definición de criterios (Definir)

A partir de la investigación contextual se hizo necesario condensar los hallazgos en artefactos que permitieran al equipo tomar decisiones de diseño coherentes y medibles. Esta etapa combinó herramientas de síntesis (user personas y mapas de empatía) y la definición de métricas e instrumentos de evaluación que luego se utilizarían en las pruebas de usabilidad del asistente ATLAS.

6.2.1 User Personas y Mapas de empatía

Para sintetizar los hallazgos de la investigación contextual y orientar las decisiones de diseño hacia las necesidades reales de los trabajadores, se procedió primero a la creación de Arquetipos de Usuario (*User Personas*). Estos perfiles ficticios, basados en los datos reales recopilados durante las entrevistas, representan a los grupos principales que interactuarán con el sistema.

Se definieron dos perfiles clave para ATLAS:

1. **Juan Morales (Operario de Maquinaria):** Representa al usuario que requiere soluciones inmediatas. Su principal dolor es la dificultad técnica de los manuales y la presión por reducir tiempos muertos. Valora la simplicidad y la seguridad (ver Figura 1).
2. **Carlos Riquelme (Supervisor Técnico):** Representa al perfil encargado de la gestión y el soporte. Sus necesidades giran en torno a la trazabilidad de la información, la centralización de manuales y la capacidad de supervisar que los equipos sigan procedimientos estandarizados, como se representa en la Figura 2.

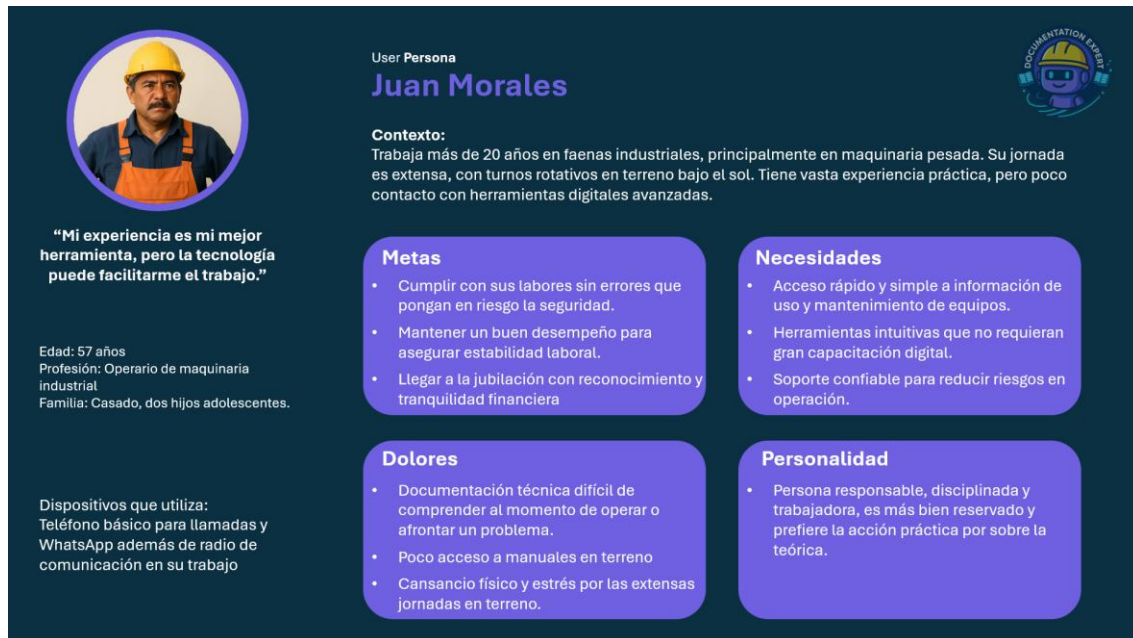


Figura 1. User Persona "Operador"

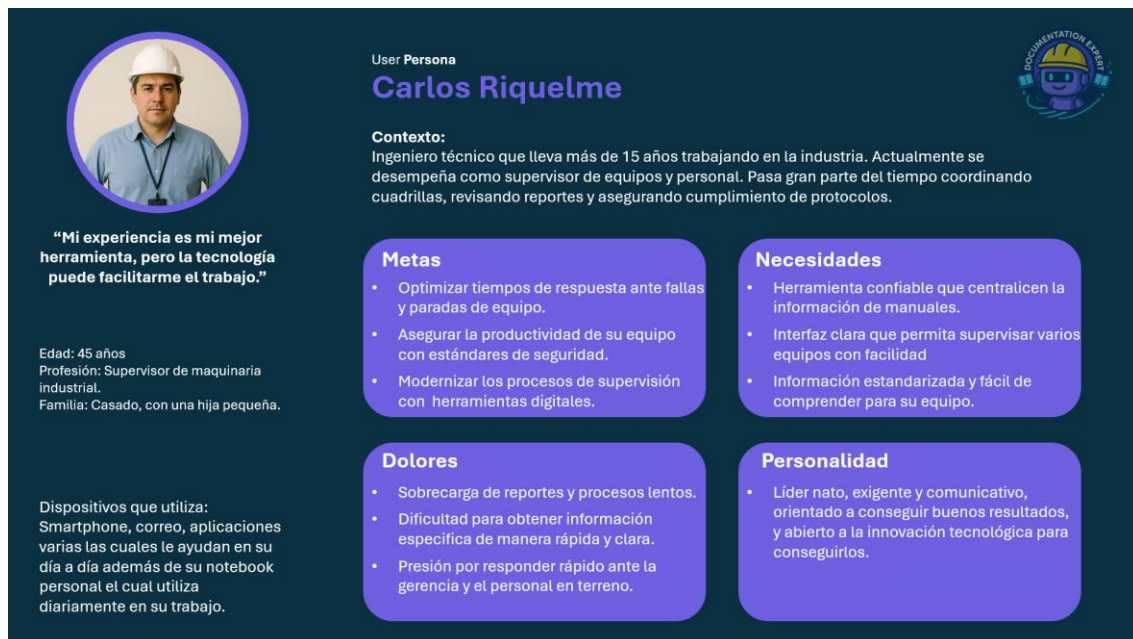


Figura 2. User Persona "Administrador"

Posteriormente, para profundizar en la experiencia emocional y cognitiva de estos perfiles, se elaboraron Mapas de Empatía. Esta herramienta permitió desglosar lo que estos usuarios *piensan, sienten, ven, dicen y hacen* durante una jornada típica de falla técnica.

El mapa de empatía del operario (Figura 3) reveló patrones críticos:

- Piensa y siente: Preocupación por la seguridad y miedo a equivocarse bajo presión. Desconfianza inicial ante herramientas digitales complejas.
- Ve: Información dispersa y manuales en idiomas que no domina.
- Hace: Depende de la radio y del conocimiento informal de compañeros ("boca a boca") en lugar de consultar la fuente oficial debido a la dificultad de acceso.
- Le duele: Los tiempos muertos y la dependencia del experto para tareas que podría resolver autónomamente si tuviera la información clara.

Esta jerarquización confirmó que ATLAS no solo debe entregar datos, sino generar confianza y seguridad para mitigar la ansiedad operativa detectada en el mapa de empatía.



Figura 3. Mapa de empatía Usuario operador.

De igual manera, se desarrolló el mapa de empatía correspondiente al perfil de Supervisor Técnico para comprender sus necesidades de gestión y control. Este artefacto se encuentra disponible en detalle en el Anexo A (Figura A1), evidenciando la importancia que este perfil otorga a la trazabilidad y a la eficiencia de los reportes.

Estas personas se convirtieron en referencia central durante el resto del proceso: se utilizaron para discutir decisiones de interfaz ("¿esto ayuda a nuestro perfil operario?", "¿el supervisor puede ver rápidamente la evidencia?") y para asegurar que las pruebas de usabilidad reprodujeran situaciones verosímiles del entorno industrial.

6.3 Flujos y prototipado (Desarrollar)

Con los objetivos y criterios de evaluación definidos, la siguiente etapa se centró en dar forma concreta a la experiencia de uso de ATLAS. Esto implicó modelar los flujos actuales y futuros y construir prototipos de distinta fidelidad que permitieran validar decisiones antes de llegar a desarrollo.

6.3.1 Modelado de Task Flow y User Flow.

Como punto de partida se construyó un Task Flow que describe el proceso actual que sigue un operario, quien es el usuario final afectado por la problemática, para resolver una duda técnica sin el apoyo de ATLAS. Este modelo (ver Figura 4) se enfoca en la secuencia lineal de acciones que el usuario principal debe realizar desde la detección de una incidencia hasta la ejecución de la solución.

El análisis de este flujo revela que, tras detectar una falla y notificarla, el operario entra en un estado de espera pasiva. Durante este tiempo muerto, que puede extenderse desde 45 minutos hasta más de 2 horas, ocurre un proceso burocrático invisible para él, pero crítico para la operación: la solicitud debe ser recibida por un supervisor que valida su criticidad y, frecuentemente, la escala a un personal experto. Este último debe abandonar sus funciones para buscar manualmente la información en repositorios digitales, interpretar manuales complejos y redactar una respuesta simplificada. Solo entonces la solución regresa a través de la cadena de mando hasta llegar al operario. Esta "caja negra" de gestión manual evidencia una alta dependencia de terceros para obtener información que debería estar disponible de inmediato. A partir de este diagnóstico de ineficiencia, se diseñó el User Flow asociado al uso de ATLAS (ver Figura 5). Mientras que el Task Flow actual representa la fricción y la espera, el User Flow propuesto detalla el recorrido autónomo que tendrá el usuario dentro de la aplicación para obtener esa misma respuesta de forma directa, eliminando los intermediarios.



Figura 4. Task Flow desde la detección de una incidencia hasta la resolución sin ATLAS

A partir de ese diagnóstico se diseñó el User Flow asociado al uso de ATLAS. Mientras que el task flow se centra en las acciones globales del proceso, el user flow detalla el recorrido del usuario por las distintas pantallas y estados del sistema para completar una tarea concreta.

El User Flow incluyó, entre otros, los siguientes pasos:

1. Punto de entrada (acceso a ATLAS desde dispositivo disponible en planta).
2. Inicio de sesión con credenciales válidas.
3. Selección del contexto (equipo, línea, modelo) para acotar la búsqueda.
4. Formulación de la consulta en lenguaje natural.
5. Presentación de la respuesta con la evidencia asociada.
6. Registro de trazabilidad para supervisión.

Además, se marcaron en el diagrama los puntos críticos donde el sistema debe pedir confirmaciones explícitas e información completa antes de que el usuario avance de paso. El detalle de este recorrido se muestra en el diagrama de la Figura 5.

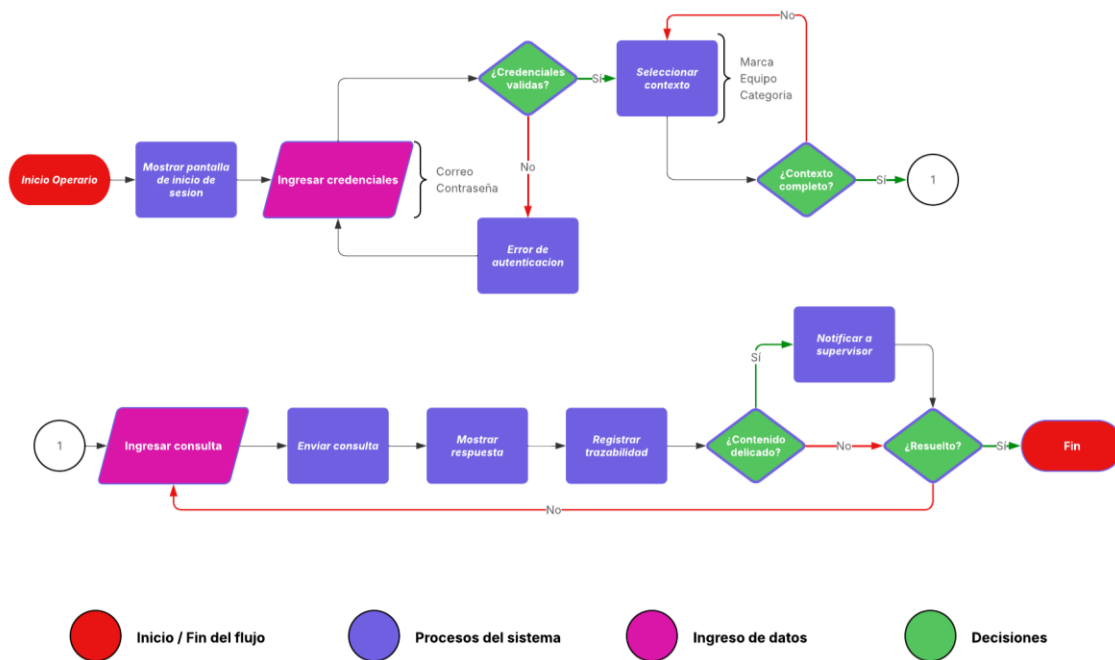


Figura 5. User Flow para la búsqueda de instrucciones de mantenimiento con ATLAS.

6.3.2 Prototipos de baja fidelidad

Sobre la base del user flow definido se desarrollaron **prototipos de baja fidelidad**, cuyo objetivo principal fue explorar rápidamente distintas alternativas de distribución de contenidos, jerarquías visuales y componentes funcionales sin invertir aún en detalle gráfico.

Los prototipos consistieron en bocetos y wireframes simples de las pantallas clave:

- vista de selección de contexto;
- interfaz de consulta (*Navbar*, campo de pregunta y botones de envío);
- vista de respuesta con evidencia (advertencias explícitas, texto de respuesta, referencias a secciones del manual de donde se extrajo la información relevante para resolver la consulta ingresada y botón para acceder al documento original que contiene la información citada);
- módulo de trazabilidad.

La baja fidelidad permitió iterar con rapidez sobre distintas opciones de layout y navegación, ya que estos artefactos son rápidos de construir y fáciles de modificar en función del *feedback* del equipo y de los primeros usuarios consultados.

En esta etapa se evaluaron, por ejemplo:

- distintas ubicaciones para la información del contexto activo en la interfaz del chat;
- alternativas para mostrar advertencias de seguridad de manera notoria sin saturar la pantalla;
- formas de mostrar el nombre del manual y la página de donde se obtuvo la información utilizada por el sistema para la creación de la respuesta.

En algunos casos se construyeron wireflows, combinando wireframes con flechas que indicaban la secuencia de interacción según el user flow definido, lo que ayudó a validar que no existieran pantallas redundantes o pasos innecesarios. A continuación, las Figura 6 y 7 presentan los wireframes de la interfaz de consulta y la vista de respuesta, respectivamente.

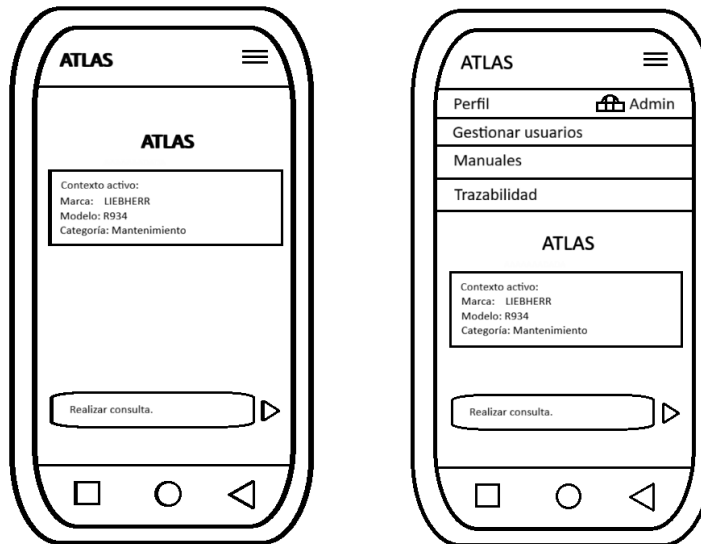


Figura 6. Wireframe de baja fidelidad de la interfaz de consulta de ATLAS y despliegue de menú para navegar por las pantallas en dispositivos móviles.



Figura 7. Wireframe de baja fidelidad, vista de respuesta.

Complementariamente, se diseñaron esquemas para validar la estructura de navegación previa y posterior a la consulta. Los wireframes correspondientes al flujo de selección de

contexto y a la vista de trazabilidad administrativa se encuentran detallados en el Anexo B (Figuras B1 y B2).

Los prototipos de baja fidelidad se utilizaron en sesiones internas de revisión y en pruebas con usuarios clave, capturando comentarios cualitativos que orientaron las decisiones de diseño que se formalizarían en los prototipos de alta fidelidad.

6.3.3 Prototipos de alta fidelidad orientados al contexto industrial

Una vez validadas las decisiones estructurales y la definición de flujos, se procedió a la creación de prototipos de alta fidelidad. Estos artefactos no fueron diseñados con el propósito de ser evaluados directamente por el usuario final, sino que sirvieron como el plano de referencia funcional para el equipo de desarrollo. Su objetivo principal fue establecer las directrices de usabilidad y arquitectura de interfaz, más allá de las definiciones estéticas finales.

A diferencia de una guía de estilo visual rígida donde colores y tipografías son definitivos, este prototipado se centró en definir la experiencia de interacción en condiciones industriales, priorizando:

- Disposición: Se definió la posición estratégica y el tamaño de los elementos interactivos (botones, selectores).
- Jerarquía de la Información: Se estableció el orden estricto de lectura para garantizar la seguridad: primero se visualizan las advertencias críticas, seguidas de la respuesta técnica y, finalmente, la referencia al manual (evidencia).
- Definición de Módulos y Navegación: Se estructuró la solución definiendo los módulos funcionales indispensables para la operación y administración y el cómo interactúan entre sí:
 - Control de Acceso: Pantalla de inicio de sesión (Login).
 - Operación: Selector de contexto y Chat interactivo.
 - Gestión: Administración de usuarios y de manuales técnicos.
 - Auditoría: Módulo de trazabilidad de consultas.
- Elementos Mínimos Viables: Se especificaron los componentes esenciales de la interfaz, como la barra de navegación (*navbar*), el área de contexto activo y los mecanismos de *feedback* visual, que debían estar presentes en la versión final del producto.

Estos prototipos, ajustados a los formatos de dispositivos disponibles en planta, actuaron como la especificación técnica para la construcción del software. La entrega de este modelo permitió al equipo de desarrollo centrarse en otros aspectos como la integración de la IA, teniendo ya resuelta la estructura de interacción necesaria para el entorno industrial. Fue sobre el producto funcional resultante, construido bajo estas directrices estructurales, aunque con posibles refinamientos visuales propios del desarrollo, donde finalmente se ejecutaron las pruebas de usabilidad descritas en la sección 6.4. El resultado visual final del selector de contexto y la interfaz de chat se pueden observar en las figuras 8 y 9. Estas representan las interfaces principales de interacción con el operario.

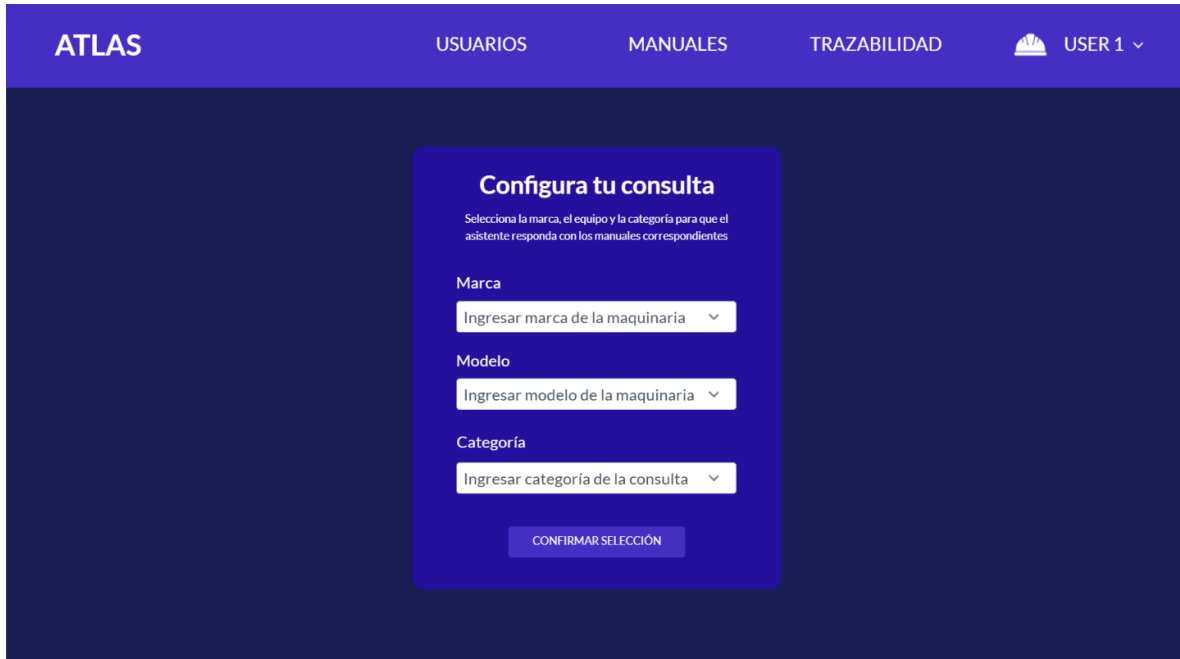


Figura 8. Prototipo de alta fidelidad, vista Selector de contexto de ATLAS.

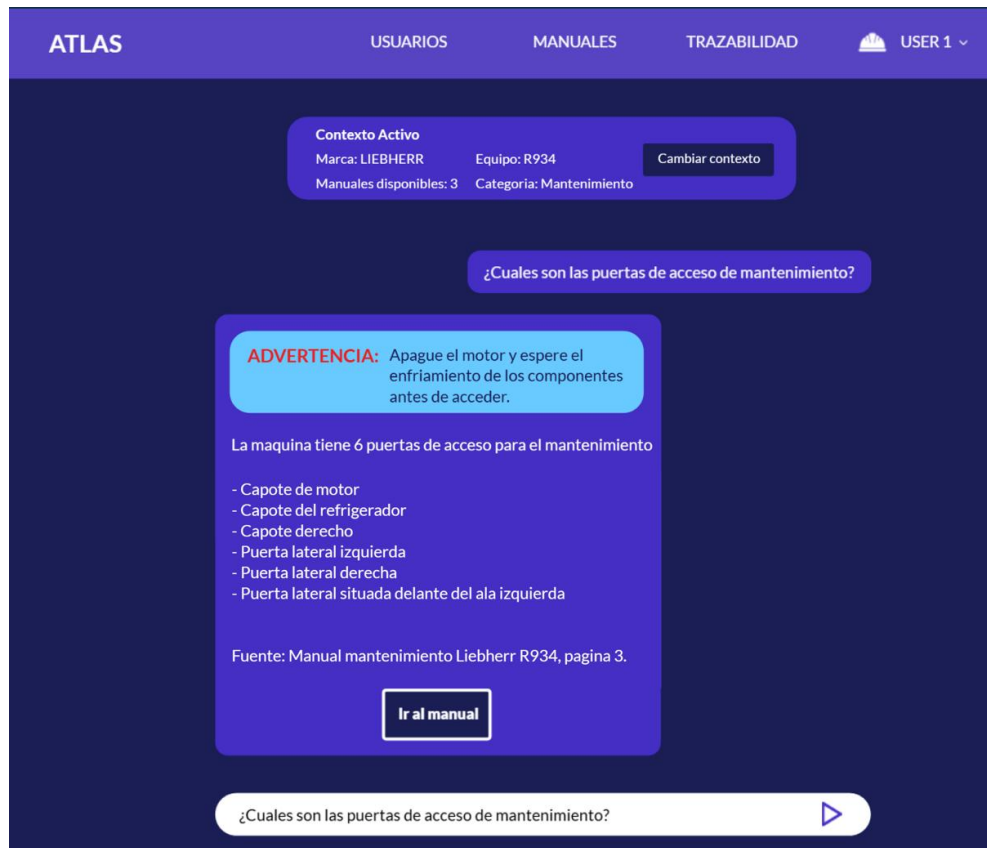


Figura 9. Prototipo de alta fidelidad, vista de respuesta de ATLAS.

Complementando lo anterior, a continuación, se presentan las interfaces de gestión y administración que conforman el ecosistema completo de ATLAS: la vista de inicio de sesión (Figura 10), la administración de usuarios (Figura 11), la gestión de manuales (Figura 12) y el módulo de trazabilidad (Figura 13).

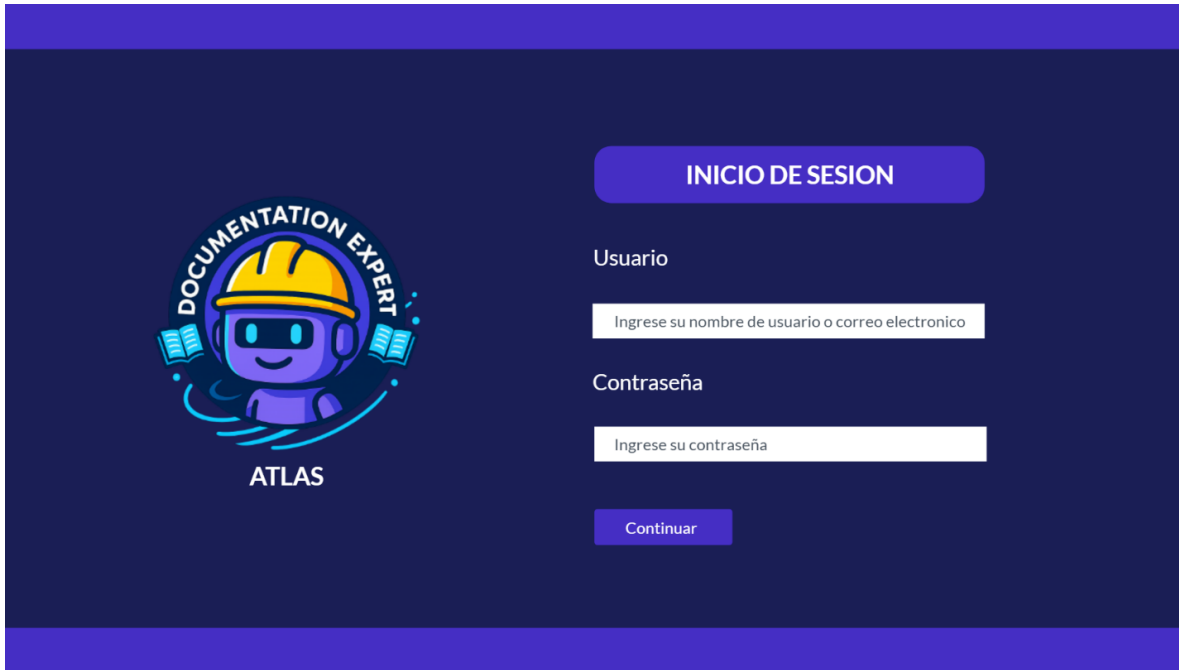


Figura 10. Wireframe de alta fidelidad, vista Inicio de sesión de ATLAS.

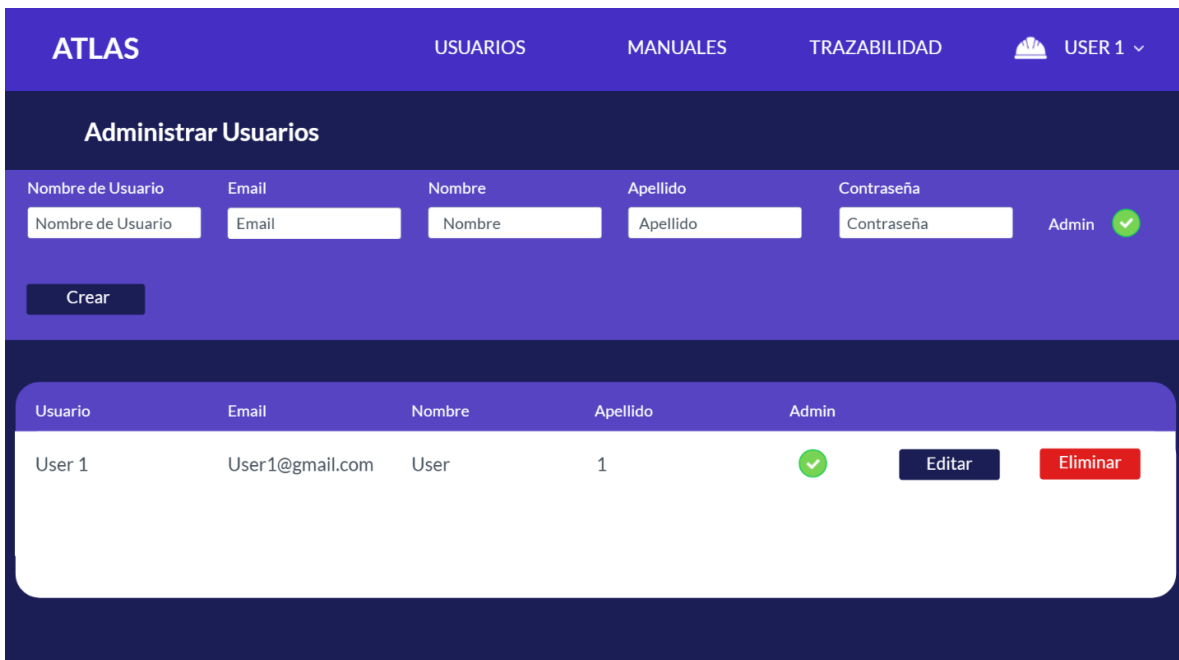


Figura 11. Wireframe de alta fidelidad, vista Usuarios de ATLAS.



ATLAS USUARIOS MANUALES TRAZABILIDAD USER 1

Gestión de manuales

Registrar manual

Nombre del manual

Categoría

Descripción

Nombre de la marca

Nombre del equipo

Archivo PDF

Subir archivo

Figura 12. Wireframe de alta fidelidad, vista Manuales de ATLAS.

ATLAS USUARIOS MANUALES TRAZABILIDAD USER 1

Trazabilidad de chats

Usuarios registrados

Usuario 1
usuario1@gmail.com 2

Sesiones del usuario

Usuario 1
12/09/2025, 10:34 am 4

Usuario 1
18/09/2025, 09:47 am

Detalles de la conversación Usuario 1

Usuario

¿Cuales son las puertas de acceso de mantenimiento?

Agente

La máquina tiene 4 puertas de acceso para el mantenimiento. Estas son:

- Capote de motor
- Capote del refrigerador
- Puerta lateral derecha
- Puerta lateral izquierda

Fuente: Manual mantenimiento R105, pagina 6

Figura 13. Wireframe de alta fidelidad, vista Trazabilidad de ATLAS.

6.4 Evaluación y mejora (Entregar)

Esta etapa final del proceso se enfoca en validar la efectividad de la solución propuesta frente a los métodos tradicionales de consulta. A continuación, se detalla el diseño experimental, las métricas seleccionadas y los resultados obtenidos tras la ejecución de las pruebas con usuarios.

6.4.1 Diseño de pruebas y definición de tareas

Para validar la efectividad de la solución propuesta frente a los métodos tradicionales de consulta, se diseñó un protocolo de pruebas de usabilidad basado en tareas críticas. Estas tareas no solo evalúan la funcionalidad técnica, sino también la curva de aprendizaje y la capacidad del usuario para operar el sistema de forma autónoma. La selección de estas tareas no fue arbitraria, sino que responde directamente a los "dolores" detectados en la fase de investigación: la lentitud en la búsqueda, el riesgo de ignorar advertencias de seguridad y la falta de verificación de la fuente.

Estas pruebas fueron diseñadas para ser ejecutadas por una muestra de 6 participantes, compuesta por perfiles mixtos de operarios y supervisores, asegurando así la representatividad de los usuarios reales definidos en la etapa de investigación.

Se definieron tres tareas estandarizadas que los participantes deben completar utilizando ATLAS:

- **Tarea 1 – Resumen de procedimiento:** El usuario debe solicitar al sistema "Resumen de puertas de acceso para mantenimiento" para un equipo específico, configurando previamente el entorno de búsqueda (Contexto: Liebherr / R934/Mantenimiento).
 - **Justificación:** Evalúa la capacidad del sistema para filtrar información por contexto y entregar una respuesta sintetizada, atacando el problema de los "tiempos muertos". Desde la perspectiva del usuario, evalúa la intuitividad del flujo de interacción (selector de contexto y chat) para ser utilizado sin necesidad de asistencia o capacitación previa de gran nivel, validando así la claridad de la interfaz.
- **Tarea 2 – Localización de advertencias:** El usuario debe identificar las advertencias de seguridad que el sistema despliega antes de mostrar los pasos técnicos.
 - **Justificación:** Es crítica para la seguridad industrial. Busca comprobar si el diseño visual resalta adecuadamente los riesgos, mitigando el error humano. Se busca comprobar si el diseño visual y la jerarquía de la información logran captar la atención del usuario de manera clara e inmediata, asegurando que los riesgos sean percibidos antes de la instrucción operativa.
- **Tarea 3 – Verificación de fuente (Evidencia):** El usuario debe navegar desde la respuesta generada en el chat hacia el documento original (PDF) utilizando el enlace anclado al botón bajo la información de la referencia.
 - **Justificación:** Evalúa la transparencia y trazabilidad del sistema, factores determinantes para aumentar la confianza del operario en la herramienta. Mide la facilidad de navegación entre la interfaz conversacional y el visor documental, validando que el usuario comprenda la relación directa entre la respuesta de la IA y el manual oficial, lo que resulta indispensable para impulsar su confianza en el sistema.

6.4.2 Definición de métricas y criterios de éxito

Para objetivar el desempeño de ATLAS, se establecieron métricas cuantitativas y cualitativas con metas claras, alineadas con los objetivos específicos del proyecto. Estas métricas se contrastarán con los resultados obtenidos en las pruebas de usuario.

Métricas de Eficiencia y Eficacia:

- **Tiempo a Completitud de Tarea (TCT):** Se mide el tiempo en segundos desde que el usuario comienza con el flujo del software con el inicio de sesión, hasta que completa con éxito cada una de las tareas establecidas.
 - *Meta:* $TCT \leq 120$ segundos. Se busca una reducción drástica respecto al proceso manual actual, el cual al no ser un proceso estandarizado, no fue posible asignarle un tiempo específico, pero basándonos en la información obtenida de la investigación contextual, para efectos de la comparación, definiremos un tiempo estimado de 45 minutos desde que se realiza la consulta hasta que es recibida por el usuario operador.
- **Tasa de Éxito:** Porcentaje de tareas completadas correctamente sin asistencia externa.
 - *Meta:* $\geq 90\%$. Dado que es un entorno industrial crítico, el sistema debe ser intuitivo y libre de errores críticos.

Métricas de Percepción y Confianza:

- **System Usability Scale (SUS):** Se utilizará el cuestionario estandarizado SUS para medir la usabilidad percibida.
 - *Meta:* Puntaje ≥ 70 . Según los estándares de Jeff Sauro [11], esto ubicaría a la aplicación en una categoría de "Aceptable" a "Buena", indicando una interfaz fácil de usar.
- **Escala de Confianza:** Se diseñó una métrica específica ("Escala de Confianza") basada en una escala de Likert de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 (Totalmente de acuerdo), evaluando tres ítems:
 - "Confío en esta respuesta para trabajar seguro"
 - "La evidencia presentada fue suficiente".
 - "Entendí los pasos y advertencias sin dudas"

Meta: Promedio $> 4,0$. Esto validaría que la inclusión de la fuente (PDF y número de página) efectivamente aumenta la credibilidad del asistente frente al operario.

6.4.3 Ejecución de las pruebas

Tal como se mencionó anteriormente, las pruebas se realizaron con la muestra de 6 participantes, seleccionados para representar perfiles mixtos de los usuarios reales del sistema (operadores de maquinaria y supervisores). Para esta evaluación se utilizó la versión funcional del software ATLAS, desarrollada bajo las especificaciones de alta fidelidad.

Las sesiones se llevaron a cabo de manera individual. A cada participante se le solicitó completar las tres tareas secuenciales definidas anteriormente (Resumen, Advertencias, Fuente) bajo condiciones controladas. Se cronometró el desempeño y, al finalizar, los usuarios respondieron el cuestionario SUS y la encuesta de confianza.

6.4.4 Resultados Cuantitativos (Eficiencia y Eficacia)

Los datos recopilados demuestran un alto desempeño del sistema frente a las metas propuestas.

Tasa de Éxito: El 100% de los participantes completó las tres tareas con éxito. No se registraron fracasos ni abandonos, lo que indica que la interfaz es intuitiva y permite resolver los objetivos sin asistencia externa.

- **Meta:** $\geq 90\%$
- **Resultado:** 100% (Meta cumplida).

Tiempo de Completitud de Tarea (TCT): Se midió el tiempo total necesario para obtener la información requerida.

- El promedio global de tiempo fue de 76,83 segundos.
- La Tarea 2 (Localizar advertencias) fue la más rápida (promedio 7 segundos), validando la visibilidad de las alertas de seguridad.
- La Tarea 1 (Obtener el resumen) tomó más tiempo (promedio 61 segundos) debido a la naturaleza de ingreso de la consulta y lectura, pero igualmente se mantuvo dentro de lo esperado, sin amenazar con afectar el flujo al punto de superar el límite establecido.
- **Meta:** ≤ 120 segundos.
- **Resultado:** 76,83 segundos (Meta superada).

El desglose de los tiempos obtenidos por cada participante se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2: Resultados obtenidos en la prueba de Tiempo de Completitud de Tarea.

TPR (seg.)	TAREA 1	TAREA 2	TAREA 3	Total
Participante 1	52	7	9	68
Participante 2	48	3	7	58
Participante 3	93	11	16	120
Participante 4	68	5	9	82
Participante 5	50	4	6	60
Participante 6	55	13	5	73
Promedio	61,00	7,17	8,67	76,83

6.4.5 Resultados de Usabilidad (SUS) y Confianza

Más allá de la rapidez, se evaluó cómo se sintieron los usuarios utilizando la herramienta. **System Usability Scale (SUS):** Tras aplicar la fórmula estándar de SUS, se obtuvo un puntaje promedio de 82,08. Los puntajes individuales oscilaron entre 55 y 95. Según la escala de interpretación de Sauro [11], un puntaje de 82,08 sitúa a ATLAS en el rango de "Excelente", muy por encima del promedio de la industria (68). Esto sugiere que el sistema es altamente aceptable y fácil de aprender.

- **Meta:** ≥ 70
- **Resultado:** 82,08

La distribución de los puntajes de usabilidad otorgados por los participantes se encuentra en la Tabla 3.

Tabla 3: Distribución de puntajes SUS por participante.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	SUS
Participante 1	4	2	5	2	5	2	4	1	4	2	82,5
Participante 2	5	1	5	1	5	1	4	1	5	2	95,0
Participante 3	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	55,0
Participante 4	4	2	4	2	3	1	3	2	5	2	75,0
Participante 5	5	2	5	1	5	1	4	1	5	1	95,0
Participante 6	4	1	5	1	3	1	5	1	4	1	90,0
Promedio											82,08

Escala de Confianza: La métrica de confianza, crítica para la adopción en industria, arrojó resultados muy positivos. Se pidió a los usuarios calificar del 1 al 5 su confianza en la respuesta y la utilidad de la evidencia.

- El promedio general de confianza fue de 4,39 / 5,0.
- Destaca la Tarea 3 (Fuente), donde la confianza alcanzó un promedio de 4,62, confirmando la hipótesis de que ver el manual y la página exacta aumenta significativamente la credibilidad del asistente.
- **Meta:** > 4,0
- **Resultado:** 4,39

Para un análisis pormenorizado del desempeño, el desglose de los puntajes de confianza obtenidos en cada una de las tres tareas, así como la tabla consolidada de cumplimiento de objetivos, pueden ser consultados en el Anexo C.

Conclusión de la Evaluación: Los resultados validan la propuesta de diseño. ATLAS no solo es más rápido que el proceso manual estimado, sino que genera un nivel de confianza y usabilidad que habilita su implementación en entornos reales. Todos los indicadores de éxito definidos en la etapa de síntesis fueron alcanzados y superados.

7 Discusión de la propuesta y contribuciones

El desarrollo de ATLAS no solo implicó un desafío técnico en términos de arquitectura de software e integración de inteligencia artificial, sino que representó un profundo ejercicio de adaptación al contexto humano y operativo de la industria. A continuación, se discuten los principales hallazgos desde la perspectiva del equipo de desarrollo, abordando los desafíos del entorno, las limitaciones logísticas y el impacto final de la solución.

7.1 Desafíos específicos del área industrial

Uno de los retos más significativos para el equipo de desarrollo, compuesto por estudiantes de ingeniería informática, fue la inmersión en un dominio ajeno a la realidad académica y tecnológica habitual: el entorno industrial de maquinaria pesada. Existía una brecha inicial considerable entre la visión técnica del software y la realidad operativa de la planta.

El proceso de investigación contextual y las entrevistas semiestructuradas resultaron fundamentales para cerrar esta brecha. Fue necesario "ponerse en los zapatos" del operario para comprender que las condiciones de uso no son ideales: el ruido ambiental dificulta la concentración, el uso de guantes limita la precisión táctil y la presión por reducir tiempos muertos genera un estrés que no existe en el entorno de desarrollo. Asimismo, se identificó el desafío de diseñar para usuarios que no necesariamente son nativos digitales. A diferencia del equipo de desarrollo, acostumbrado a interfaces complejas, el perfil del usuario final requería una interacción directa, sin ambigüedades y con una tolerancia al error mínima. Entender estas necesidades latentes, más allá de los requerimientos funcionales explícitos, fue clave para pivotar el diseño hacia una interfaz de alto contraste y flujos lineales, priorizando la claridad sobre la sofisticación visual innecesaria.

7.2 Limitaciones encontradas durante el proceso

Si bien la metodología de diseño planteada fue rigurosa, la ejecución del proyecto enfrentó limitaciones logísticas inherentes a la colaboración entre un equipo académico y una empresa en plena operación productiva.

La principal limitante fue la disponibilidad y sincronización de agendas. Coordinar los tiempos del equipo de desarrollo con los turnos de los operarios y supervisores resultó complejo, dado que la prioridad de la empresa es la continuidad operacional. Esto restringió las ventanas de tiempo disponibles para realizar entrevistas, observaciones en terreno y sesiones de validación.

Esta restricción temporal impactó directamente en la selección de los instrumentos de evaluación. Inicialmente, se contempló la aplicación del cuestionario NASA Task Load Index (NASA-TLX) para medir la carga mental de trabajo de forma detallada. Sin embargo, debido al tiempo limitado que los trabajadores podían dedicar a las pruebas de usabilidad sin afectar sus labores, se tomó la decisión estratégica de desestimar dicha herramienta. Se optó por priorizar métricas más ágiles y directas, como el cuestionario SUS y la Escala de Confianza, que permitieron obtener datos robustos sobre la usabilidad y la aceptación del sistema sin extender excesivamente las sesiones de prueba.

7.3 Impacto y comentarios recibidos

A pesar de las limitaciones, los resultados obtenidos en la fase de evaluación validan el impacto positivo de la propuesta. Las métricas alcanzadas, como una tasa de éxito del 100% en las tareas críticas y un tiempo promedio de respuesta inferior a los 80 segundos, sugieren que la implementación de ATLAS tiene el potencial de mejorar sustancialmente la eficiencia de los procesos de mantenimiento.

El impacto más relevante, sin embargo, se observa en la dimensión cualitativa de la confianza. Haber logrado un puntaje de 4,39/5,0 en la escala de confianza indica que la solución ataca el problema central de la incertidumbre en la información técnica. Al entregar respuestas verificables, el software no solo agiliza el trabajo, sino que empodera al operario para tomar decisiones seguras.

Finalmente, es crucial destacar que ATLAS es el resultado de un proceso iterativo constante alimentado por el *feedback* de los involucrados, donde podemos incluir tanto trabajadores como profesores y compañeros. Funcionalidades críticas del sistema final no nacieron de la propuesta inicial de los estudiantes, sino de los comentarios recibidos durante las validaciones:

- **Acceso directo a la fuente:** La incorporación de un botón para abrir el manual PDF exactamente en la página citada fue una sugerencia directa para facilitar la verificación visual de diagramas, algo que el texto por sí solo no podía suplir.
- **Trazabilidad para supervisión:** La creación del módulo de historial, que permite ver las preguntas realizadas y las respuestas generadas, respondió a la necesidad de los supervisores de auditar el uso de la herramienta y detectar falencias recurrentes en la maquinaria o en la capacitación del personal.

Sin esta retroalimentación honesta y directa por parte de los usuarios finales, el equipo de desarrollo difícilmente habría logrado una herramienta que se ajustara tan precisamente a las necesidades del terreno.

8 Conclusión

El desarrollo de esta tesina partió de una problemática latente en la industria moderna: la desconexión entre la gran cantidad de documentación técnica disponible y la capacidad real de los operarios para acceder a ella de manera eficiente en situaciones críticas. La propuesta de ATLAS se planteó no solo como una solución de software, sino como un ejercicio de diseño centrado en el usuario orientado para entornos de alta complejidad.

Tras finalizar el ciclo de diseño y evaluación, se puede concluir que la integración de principios de Experiencia de Usuario (UX) en herramientas industriales es un factor determinante para la seguridad y la productividad operativa. La validación empírica demostró que es posible reducir significativamente la brecha de conocimiento técnico sin necesidad de largas capacitaciones, siempre que la interfaz respete las condiciones del entorno y las capacidades del usuario.

Los resultados obtenidos en las pruebas de usabilidad confirman la hipótesis central del proyecto: la transparencia y la evidencia visible son los pilares de la confianza en la automatización. Al obtener un puntaje SUS de 82,08 (superior al promedio de la industria) y una Tasa de Éxito del 100% en tareas críticas, se demuestra que ATLAS logra transformar un proceso tradicionalmente lento y dependiente de expertos en una interacción autónoma y fluida.

Un hallazgo fundamental fue el impacto de la "Evidencia Técnica Anclada". Los operarios valoraron por encima de otras funciones la capacidad de ver el manual original y la página exacta de donde provenía la respuesta, reflejado en un resultado promedio de 4,62/5 en la escala de confianza para dicha tarea como se puede ver en la tabla C3 presente en anexos. Esto ratifica que, en entornos de riesgo, la Inteligencia Artificial o los asistentes virtuales no deben ser "cajas negras", sino facilitadores transparentes que entregan certeza y trazabilidad.

Finalmente, este trabajo evidencia que la metodología de Diseño Centrado en el Usuario, aplicada a través de la investigación contextual y la creación de arquetipos de usuario, permitió al equipo de desarrollo superar las barreras de dominio. Entender que el usuario lleva guantes, trabaja bajo ruido y siente presión por la continuidad operacional, fue lo que diferenció a ATLAS de un simple buscador de documentos, convirtiéndolo en una herramienta de apoyo real a la toma de decisiones.

8.1 Cumplimiento de objetivos

A continuación, se detalla el cumplimiento de los objetivos específicos planteados al inicio de esta investigación:

- **Investigar y levantar requisitos UX:** Se cumplió mediante la realización de entrevistas semiestructuradas e investigación contextual, lo que permitió modelar los User Personas y Mapas de Empatía, identificando dolores críticos como la barrera idiomática y la dispersión documental.
- **Modelar los flujos de trabajo:** Se logró contrastar el Task Flow actual con el User Flow propuesto en ATLAS, simplificando la cadena de decisión, prescindiendo de dependencia de otros actores para la respuesta de una duda, aumentando la autonomía del operador y eliminando tiempos muertos de espera.
- **Diseñar el flujo de navegación y plantilla de respuesta:** Se diseñó una interfaz que prioriza la seguridad, integrando advertencias visuales de alto contraste y una estructura de respuesta que obliga a la validación del contexto (Marca/Modelo) antes de entregar información técnica.
- **Prototipar interfaces de alta fidelidad:** Se entregó un prototipo funcional y navegable, adaptado a criterios de accesibilidad industrial (botones grandes para modo guantes, tipografía legible y *feedback* de estado del sistema).
- **Evaluar la UX:** Se cumplió exitosamente al ejecutar un protocolo de pruebas con métricas objetivas (TCT, Tasa de Éxito) y subjetivas (SUS, Confianza), cuyos



resultados validaron la usabilidad y permitieron priorizar mejoras para futuras iteraciones.

8.2 Trabajo futuro

Si bien ATLAS ha demostrado ser una solución viable y eficaz en su etapa de prototipo validado, el camino hacia una implementación productiva completa abre nuevas líneas de trabajo:

1. **Validación y refinamiento continuo:** Se contempla la realización de nuevas pruebas con un grupo más amplio de usuarios para recopilar mayor retroalimentación, lo que permitirá refinar la propuesta actual y asegurar la mejora continua del sistema.
2. **Soporte Offline y Sincronización:** Dado que muchas faenas industriales operan en zonas sin conectividad estable, un desarrollo futuro importante es dotar a ATLAS de capacidades offline para consultas básicas sin internet.
3. **Interfaz de Voz con Cancelación de Ruido:** Aunque se desestimó en esta etapa por la contaminación acústica, la implementación de modelos de reconocimiento de voz (Speech-to-Text) entrenados específicamente para filtrar ruido industrial permitiría una operación "manos libres", ideal para situaciones donde el operario tiene ambas manos ocupadas.
4. **Expansión de la Base de Conocimiento:** Escalar el sistema para que procese no solo manuales PDF, sino también planos en CAD, diagramas eléctricos interactivos e historiales de fallas anteriores, convirtiendo al asistente en un gestor de conocimiento integral.

9 Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por la fortaleza y la guía para alcanzar esta meta. Este logro es un tributo a mis padres; gracias por ser el pilar de mi vida, por su amor y apoyo incondicional y por enseñarme que con perseverancia todo es posible. A mi hermana, por su complicidad y apoyo constante y a mi perro Blacky, por su leal compañía.

A toda mi familia, agradecer por su aliento y apoyo en cada desafío. Un reconocimiento especial a quienes ya no están físicamente, pero que sé que me acompañan desde el cielo; este triunfo también es para ustedes.

Finalmente, gracias a mis amigos, a mis compañeros de universidad y a mis profesores. Agradezco el compañerismo y el aprendizaje compartido.

Sin el apoyo de cada uno de ustedes, este capítulo no habría tenido el mismo final.



10 Referencias

- [1] British Design Council, "The 'Double Diamond' Design Process Model," 2005. [En línea]. Disponible en: <https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/the-double-diamond/>
- [2] International Organization for Standardization, *Ergonomía de la interacción hombre-sistema - Parte 210: Diseño centrado en el usuario para sistemas interactivos*, ISO 9241-210, 2010.
- [3] F. Del Giorgio Solfa, G. Amendolaggine y T. A. Alvarado Wall, "La experiencia de usuario como evolución de la ergonomía," *Arte e Investigación*, no. 14, p. 9, 2018.
- [4] P. Morville, "Experience Design Unplugged," en *ACM SIGGRAPH Web Program 2005*, 2005, Art. no. 10.
- [5] J. Brooke, "SUS: A quick and dirty usability scale," en *Usability Evaluation in Industry*, P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester y A. L. McClelland, Eds. Londres, U.K.: Taylor & Francis, 1996, pp. 189-194.
- [6] J. D. Lee y K. A. See, "Trust in automation: Designing for appropriate reliance," *Human Factors*, vol. 46, no. 1, pp. 50-80, 2004.
- [7] World Wide Web Consortium (W3C), "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 Success Criterion 2.5.5: Target Size," 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/target-size.html>.
- [8] R. Pereira, C. Lima, T. Pinto y A. Reis, "Virtual Assistants in Industry 4.0: A Systematic Literature Review," *Electronics*, vol. 12, no. 19, p. 4096, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/electronics12194096>.
- [9] Tekniker, "Una solución en lenguaje natural por voz para el mantenimiento industrial," Fundación Tekniker, España, Nota de prensa, mar. 7, 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.vicomtech.org/es/actualidad/detalle/425_ekin-una-solucion-en-lenguaje-natural-por-voz-para-el-mantenimiento-industrial.
- [10] A. Avizienis, J. C. Laprie, B. Randell y C. Landwehr, "Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing," *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, vol. 1, no. 1, pp. 11-33, 2004.
- [11] J. Sauro, "Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS)," Measuring U, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://measuringu.com/sus/>.

11 Anexos

11.1 Anexo A: Mapa de Empatía

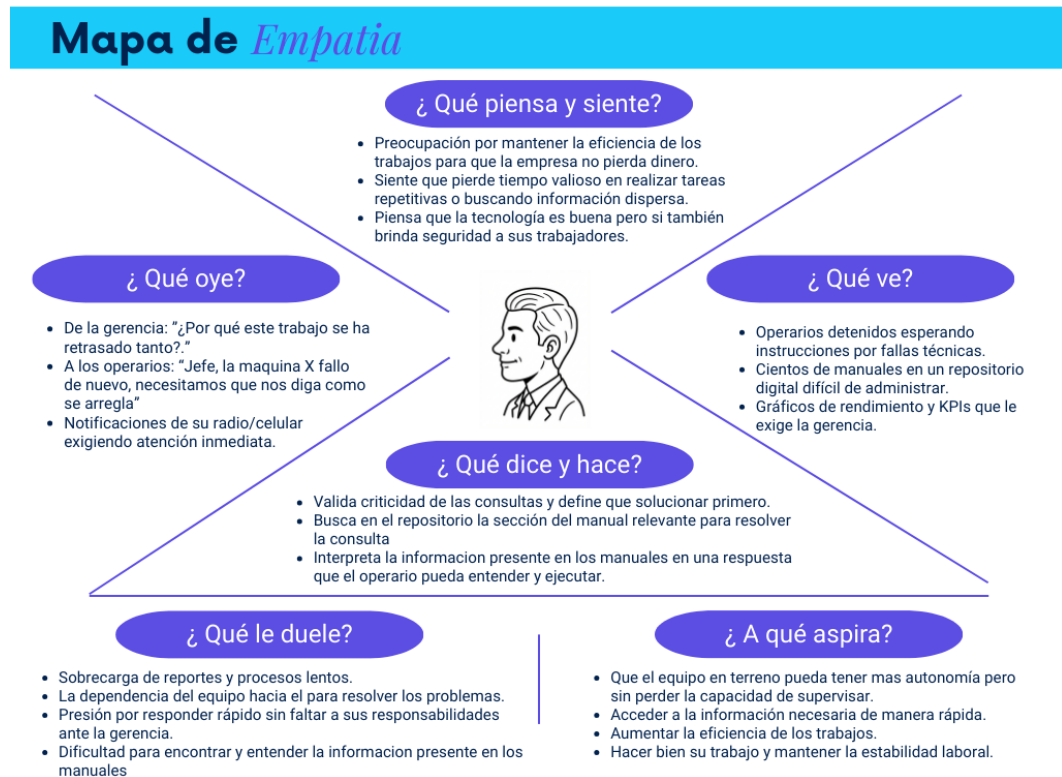


Figura A1. Mapa de empatía Usuario administrador.

11.2 Anexo B: Wireframes de Baja Fidelidad

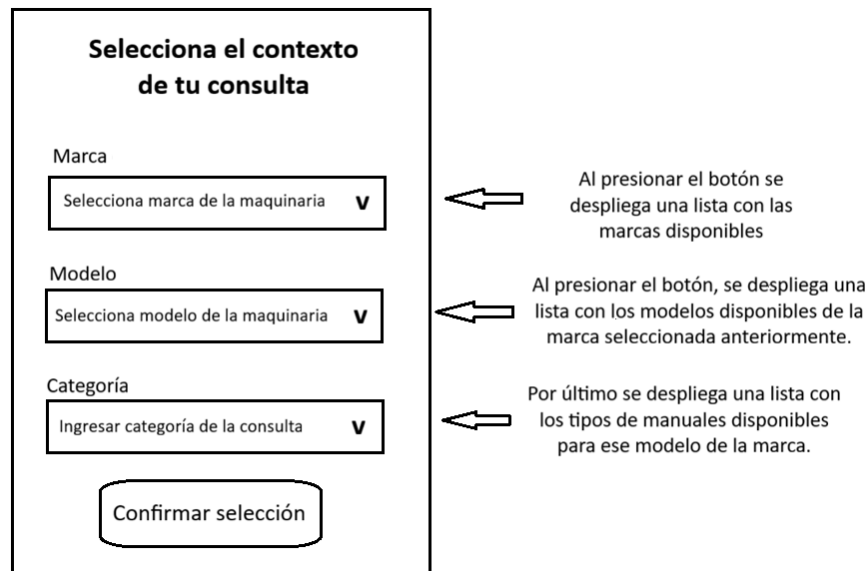


Figura B1. Wireframe de baja fidelidad, vista Selector de contexto.

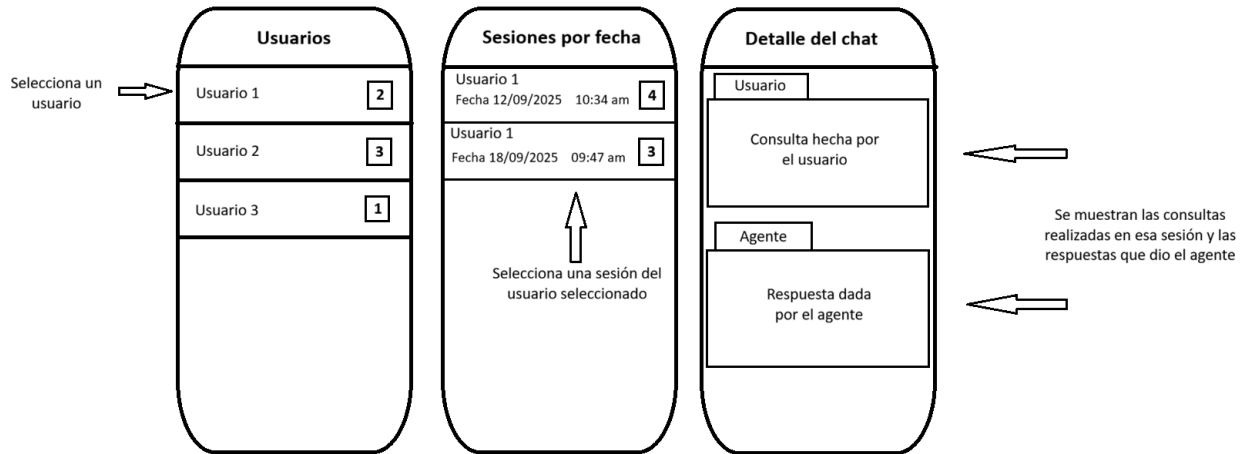


Figura B2. Wireframe de baja fidelidad, vista Trazabilidad.

11.3 Anexo C: Tablas de Resultados Detallados

Tabla C1: Resultados escala de confianza para tarea 1.

Part.	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Promedio exacto	Redondeo
P1	4	4	5	4,33	4,3
P2	5	5	4	4,67	4,7
P3	3	3	4	3,33	3,3
P4	4	4	4	4,00	4,0
P5	5	5	5	5,00	5,0
P6	4	5	4	4,33	4,3

Tabla C2: Resultados escala de confianza para tarea 2.

Part.	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Promedio exacto	Redondeo
P1	4	4	5	4,33	4,3
P2	5	5	5	5,00	5,0
P3	3	3	4	3,33	3,3
P4	4	4	4	4,00	4,0
P5	5	5	5	5,00	5,0
P6	4	4	4	4,00	4,0

Tabla C3: Resultados escala de confianza para tarea 3.

Part.	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Promedio exacto	Redondeo
P1	5	5	5	5,00	5,0
P2	5	5	4	4,67	4,7
P3	4	4	3	3,66	3,7
P4	5	4	4	4,33	4,3
P5	5	5	5	5,00	5,0
P6	5	5	5	5,00	5,0

Tabla C4: Resultados obtenidos por los participantes en las pruebas realizadas.
Éxito (E=Éxito, P=Éxito parcial, F=Fracaso)

Participante.	SUS	Tarea	TCT (seg.)	Éxito	Confianza
P1	82,5	T1	52	E	4,3
		T2	7	E	4,3
		T3	9	E	5,0
P2	95,0	T1	48	E	4,7
		T2	3	E	5,0
		T3	7	E	4,7
P3	55,0	T1	93	E	3,3
		T2	11	E	3,3
		T3	16	E	3,7
P4	75,0	T1	68	E	4,0
		T2	5	E	4,0
		T3	9	E	4,3
P5	95,0	T1	50	E	5,0
		T2	4	E	5,0
		T3	6	E	5,0
P6	90,0	T1	55	E	4,3
		T2	13	E	4,0
		T3	5	E	5,0



Tabla C5: Media aritmética de resultados por tarea.

Tarea	Promedio TCT (s)	Éxito	Parcial	Fracaso	Promedio Confianza
T1 (Resumen)	61,00	6/6	0/6	0/6	4,27
T2 (Advertencias)	7,17	6/6	0/6	0/6	4,27
T3 (Fuente)	8,67	6/6	0/6	0/6	4,62

Tabla C6: Objetivos establecidos vs Resultados obtenidos.

	Objetivos	Resultados
SUS	Mayor a 70	82,08
Tiempo de Completitud de Tarea	Menor a 120 segundos total.	76,83
Tasa de éxito	Mayor a 90%	100%
Escala de confianza	Mayor a 4	4,39