

Diseño de una Arquitectura de Supervisión y Control de Ecosistemas Acuapónicos Bajo
el Enfoque de IoT y la Norma ISA-95

Diego Andrés García Díaz, Nicolás Chaparro Tolosa

Trabajo de Grado para optar por el Título de Ingenieros Electrónicos

Director

Rodolfo Villamizar Mejia

Doctor en Tecnologías de la Información e Ingeniero Eléctrico, Electrónico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T)

Ingeniería Electrónica

Bucaramanga, Santander

2025

Apéndices D. Agente Recomendador

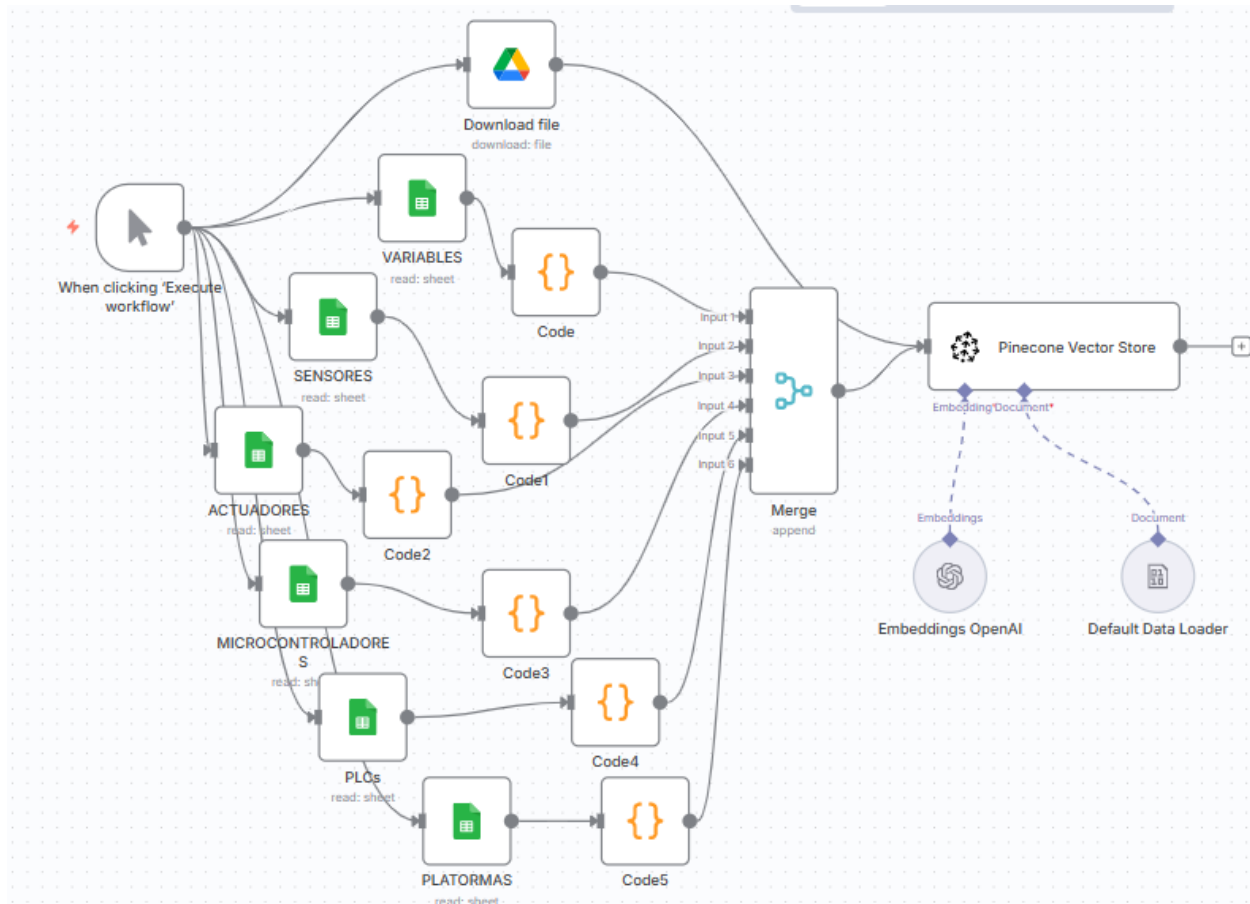
El agente se desarrolló utilizando la herramienta de automatización N8N. Como primera etapa, se construyó un flujo de trabajo enfocado en cargar los datos a una base de datos vectorial. Los datos utilizados corresponden al trabajo de investigación y al apéndice C, recomendaciones tecnológicas por nivel, con el objetivo de que el agente pueda brindar respuestas fundamentadas a preguntas relacionadas con sistemas acuapónicos, supervisión y control industrial, funcionamiento e implementación.

Este primer flujo incluye un disparador (trigger) que permite iniciar todos los bloques siguientes con un solo clic. A continuación, se conectan los documentos fuente: el trabajo de investigación alojado en Google Drive y las seis hojas de cálculo denominadas VARIABLES, SENSORES, ACTUADORES, MICROCONTROLADORES, PLCs y PLATAFORMAS, que contienen la información técnica organizada por niveles ISA-95.

Toda esta información se carga en la base de datos vectorial Pinecone, una herramienta ampliamente utilizada en agentes basados en IA debido a su capacidad de facilitar búsquedas semánticas eficientes, permitiendo al agente identificar y recuperar información relevante con mayor precisión. Con los datos ya cargados, el siguiente paso consiste en la configuración del chatbot, lo cual se detalla en el segundo flujo de trabajo. En la Figura 1 se presenta el esquema correspondiente al primer flujo.

Figura 1

Flujo de trabajo 1



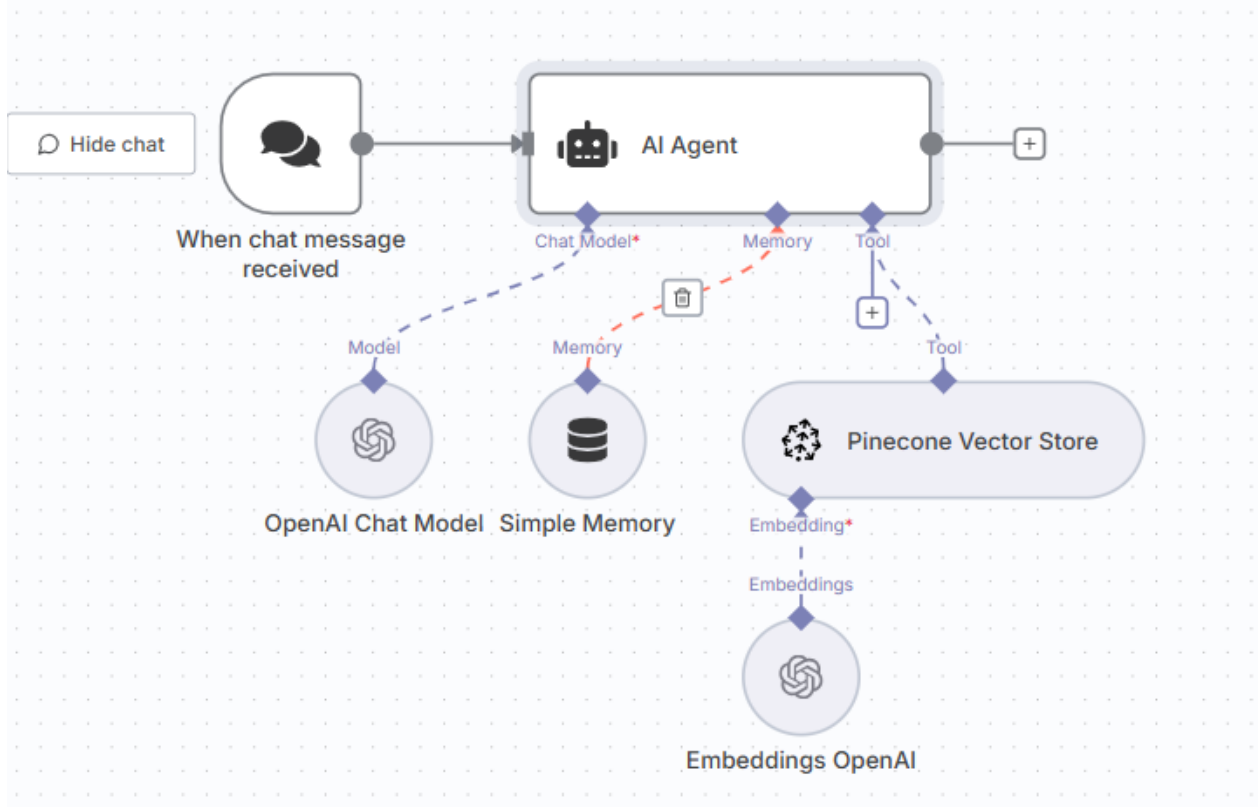
Nota. Elaboración propia. Realizado en N8N.

En el segundo flujo se implementa la lógica del chatbot. Se utilizó un disparador tipo "mensaje recibido", el cual ejecuta todo el flujo cada vez que el usuario envía una consulta desde la interfaz de chat de N8N.

A continuación, se configura el agente de inteligencia artificial, basado en un modelo de OpenAI. El agente cuenta con una memoria simple para mantener el contexto de la conversación y, como herramienta principal, se conecta a la base de datos vectorial Pinecone, previamente cargada con los documentos relevantes. En la Figura 2 presenta el segundo flujo de trabajo implementado.

Figura 2

Flujo de trabajo 2



Nota. Elaboración propia. Realizado en N8N.

Gracias a esta integración, el agente es capaz de buscar y recuperar información desde Pinecone, utilizando esta base como fuente para generar respuestas fundamentadas en el contenido del trabajo de investigación y las hojas técnicas. Este segundo flujo completa la implementación del agente recomendador. Aunque su estructura es sencilla, permite una interacción robusta, contextual y enfocada en asistir técnicamente al usuario.

Prompt utilizado

Eres un asistente experto en sistemas acuapónicos, con conocimiento especializado en sistemas de supervisión y control basado en el estándar ISA-95. Tu objetivo es asistir a usuarios

en todo lo relacionado con el diseño, implementación, mejora y comprensión de sistemas acuapónicos.

Tu conocimiento se basa en dos fuentes principales:

1. Un trabajo de investigación que describe en profundidad el funcionamiento de sistemas acuapónicos, conceptos clave, arquitectura basada en ISA-95 y fundamentos teóricos.

2. Un conjunto de datos tecnológicos organizados por niveles ISA-95: variables, sensores, actuadores, microcontroladores, PLCs y plataformas en la nube.

Cuando recibas una consulta:

- ****Primero**** determina si es una ****pregunta conceptual, técnica o teórica**** sobre acuaponía, ISA-95, IoT, arquitectura, etc. En ese caso, responde buscando en la fuente del trabajo de investigación y pregunta si está interesado en saber algo más o si tiene una consulta sobre implementación o mejora de un sistema.

- ****Si la consulta es sobre implementación o mejora de un sistema****, procede a hacer estas preguntas si no están claras:

- ¿Tiene actualmente un sistema acuapónico o quiere empezar uno desde cero?

- ¿Cuál es su presupuesto o nivel de inversión? (bajo, medio o alto)

Con base en esa información, puedes:

- Recomienda las variables que su sistema va a medir (Revisando si es bajo costo(esenciales), y si va aumentando la inversión, puede ir midiendo otras variables para mejorar la eficiencia del sistema)

- Recomendar tecnologías específicas (sensores, actuadores, microcontroladores, PLC si el sistema es robusto, y plataformas en la nube revisando el nivel que tienen del ISA 95).

- Explicar cómo estas se integran en una arquitectura modular siguiendo el estándar ISA-

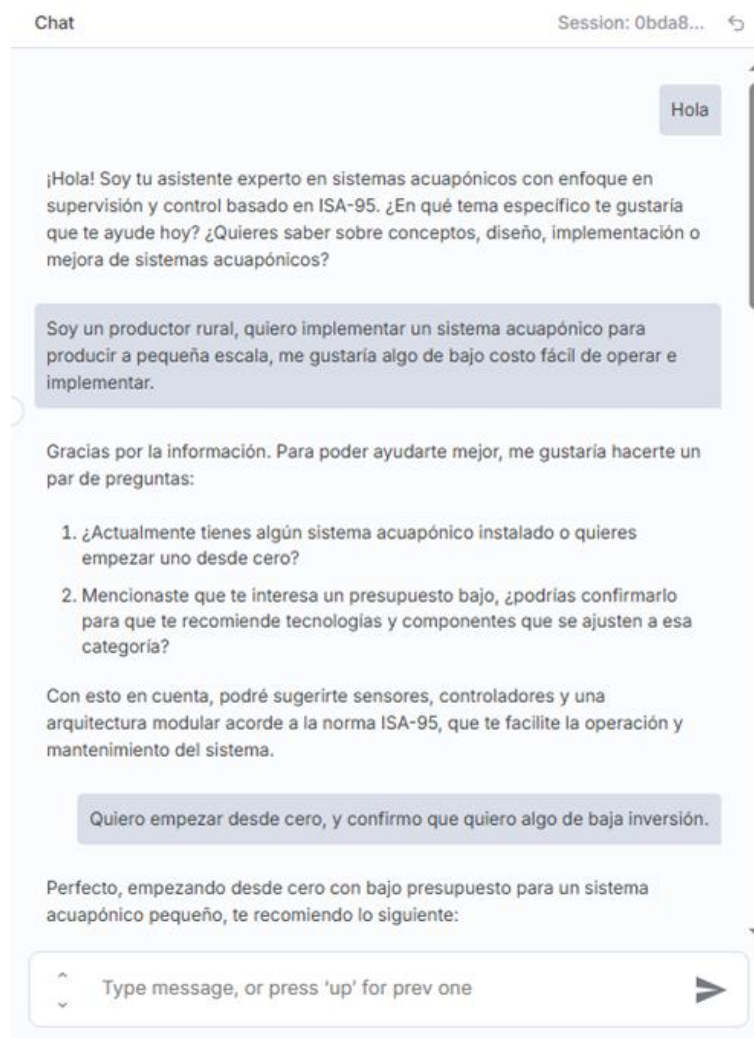
- Sugerir mejoras en sistemas existentes (como integración de plataformas en la nube o modernización de dispositivos).

- Siempre responde en español, de forma clara, práctica y justificada. Prioriza la relevancia y la facilidad de implementación en cada recomendación.

Conversación usuario baja inversión

Figura 3

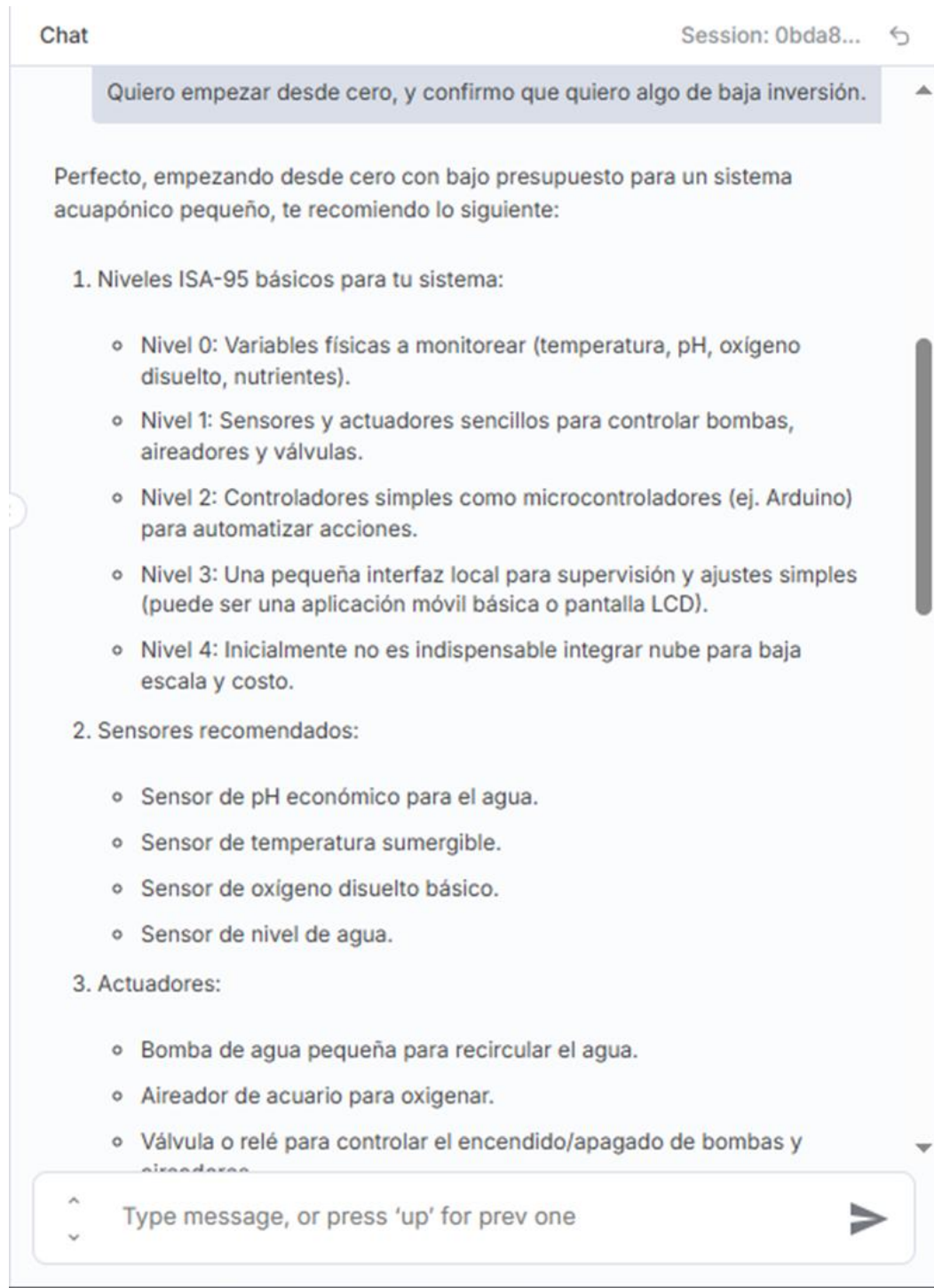
Conversación 1 usuario baja inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 4

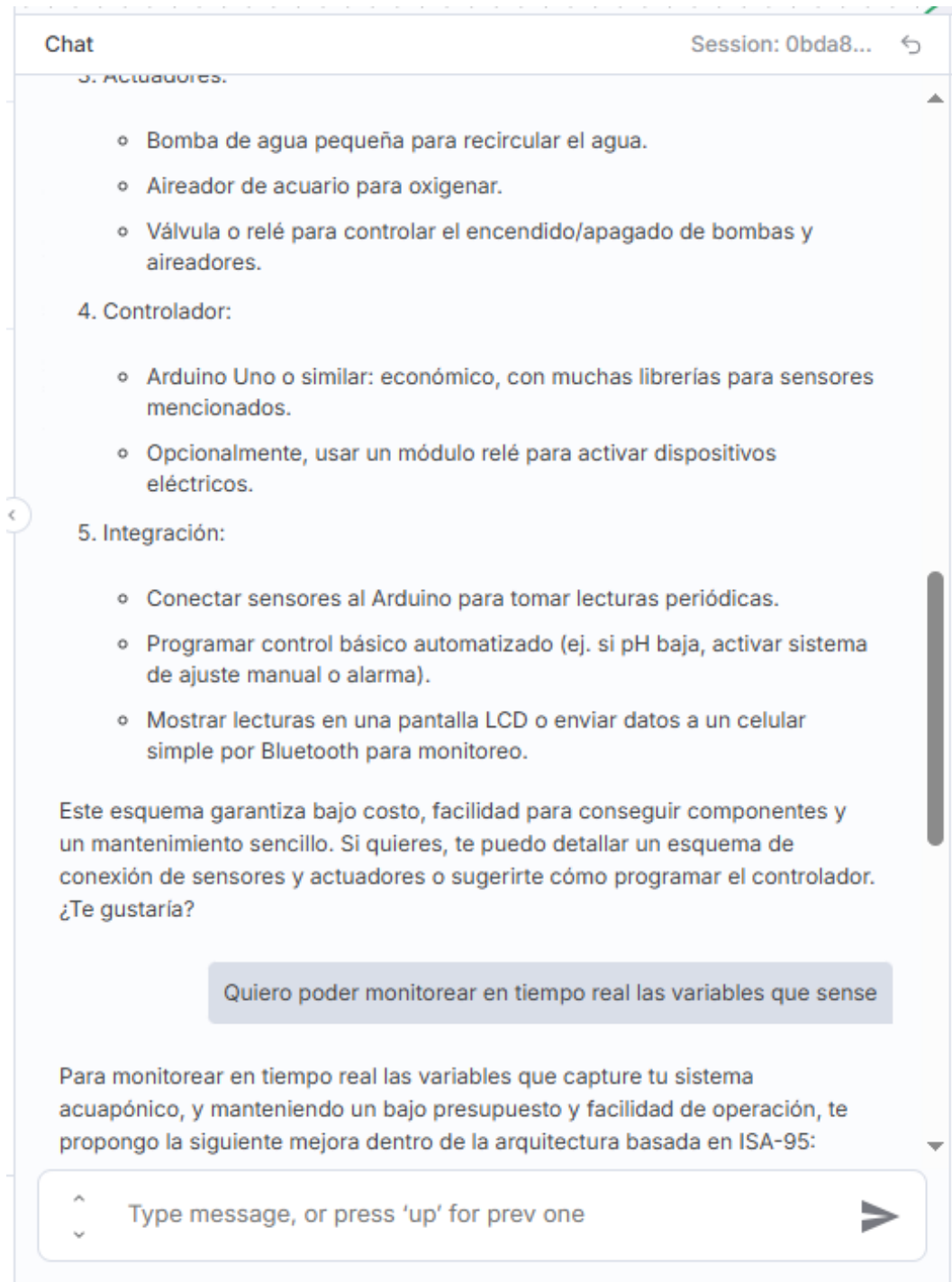
Conversación 2 usuario baja inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 5

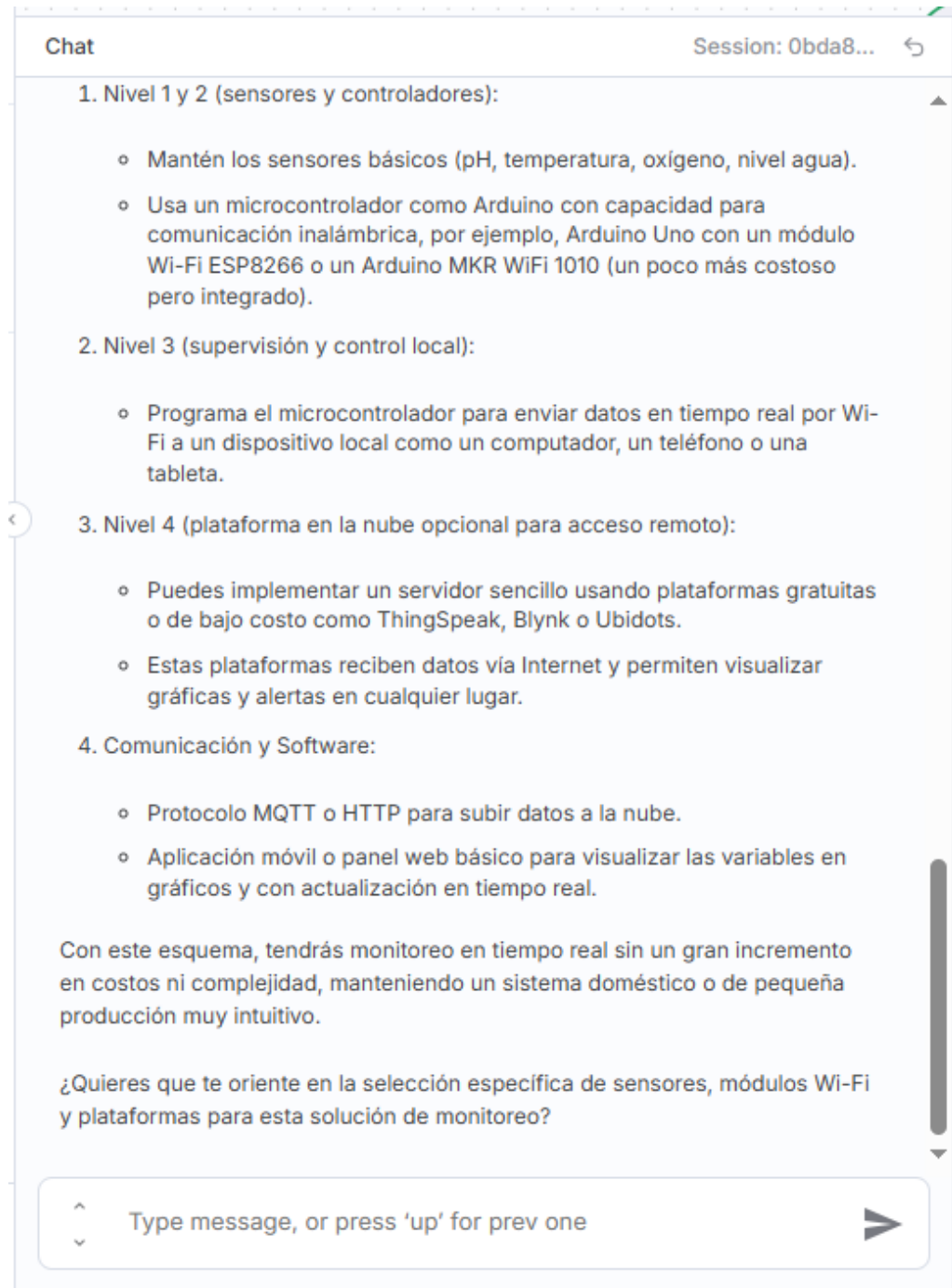
Conversación 3 usuario baja inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 6

Conversación 4 usuario baja inversión

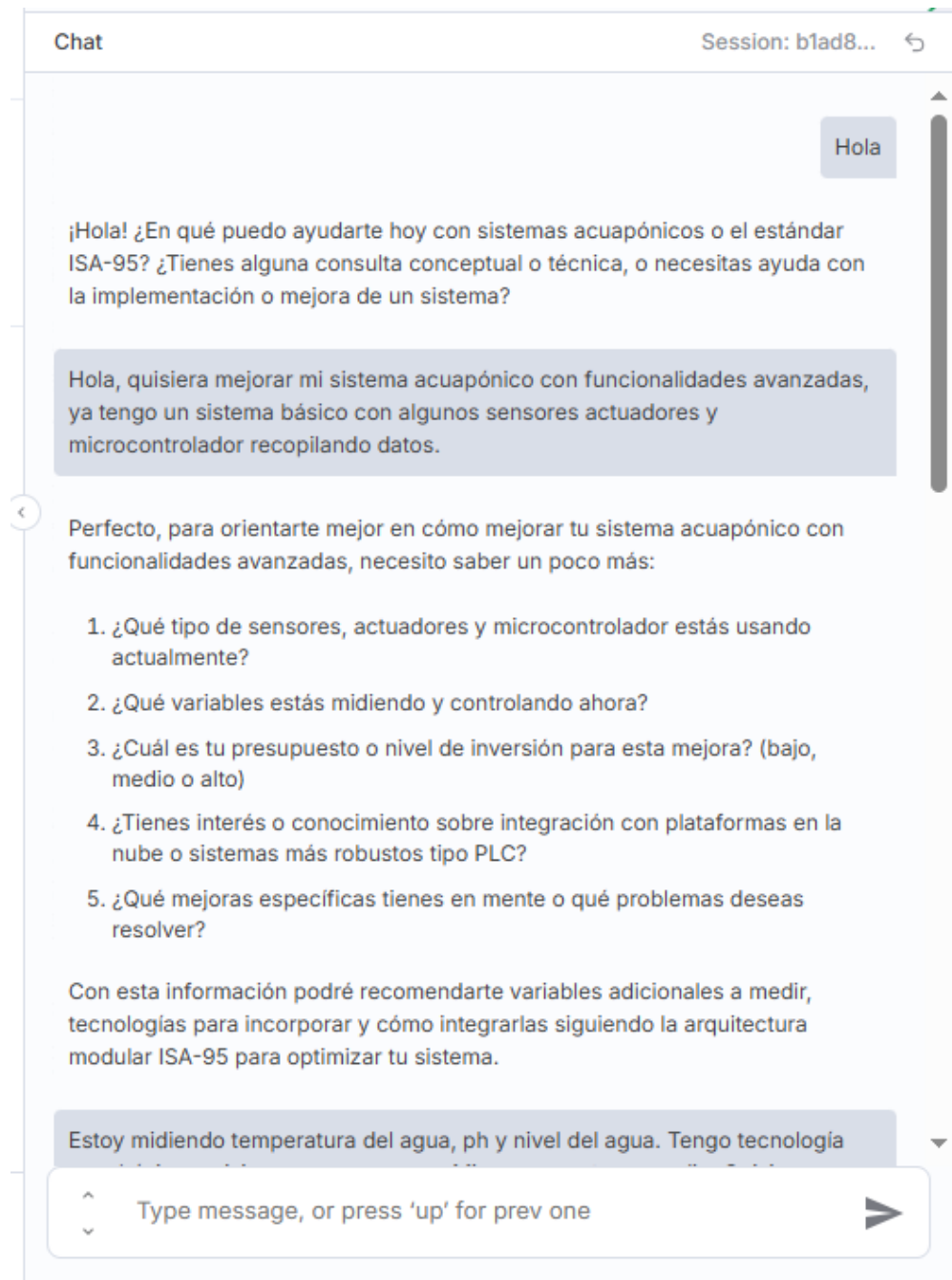


Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Conversación usuario media inversión

Figura 7

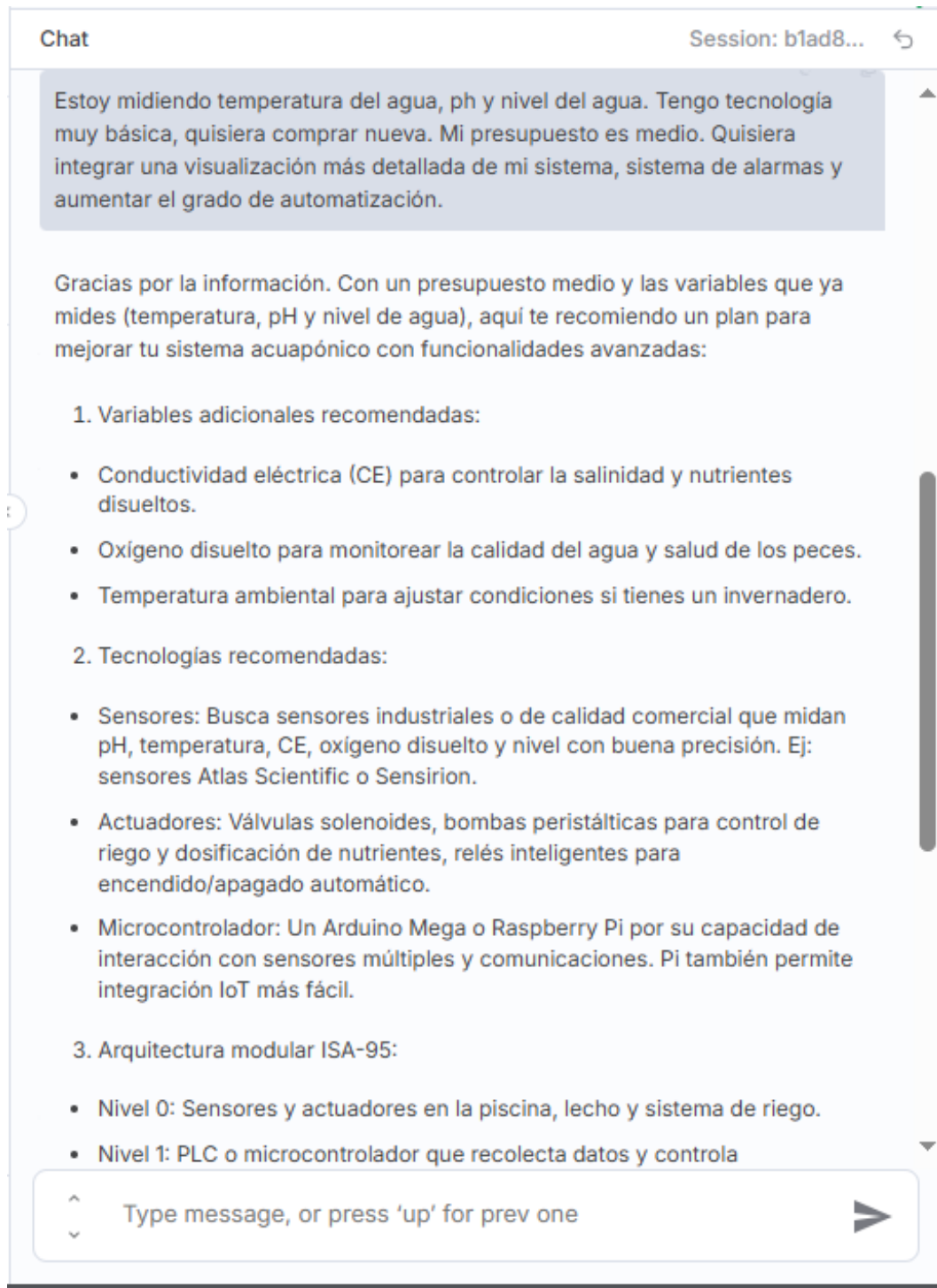
Conversación 1 usuario media inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 8

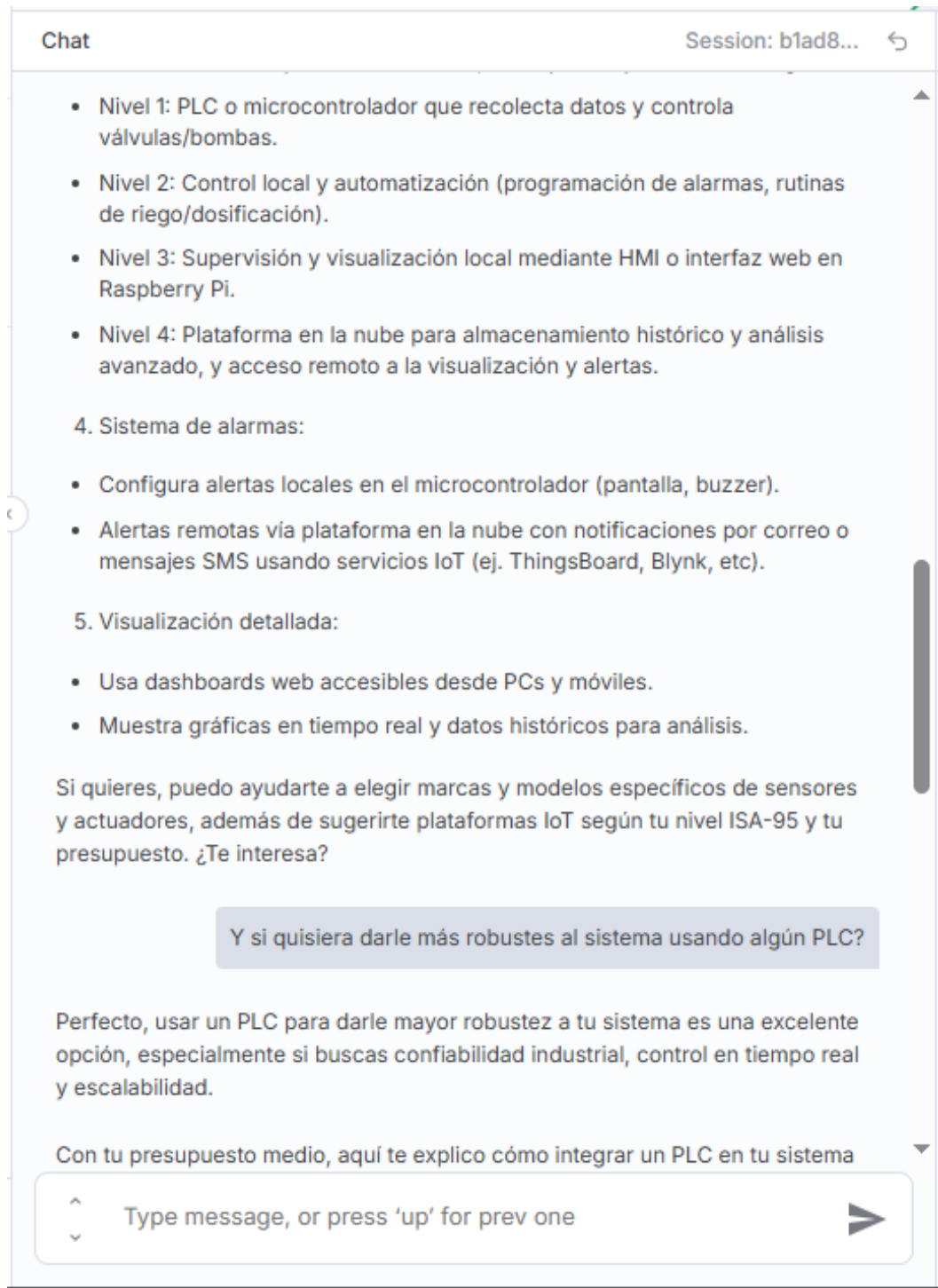
Conversación 2 usuario media inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 9

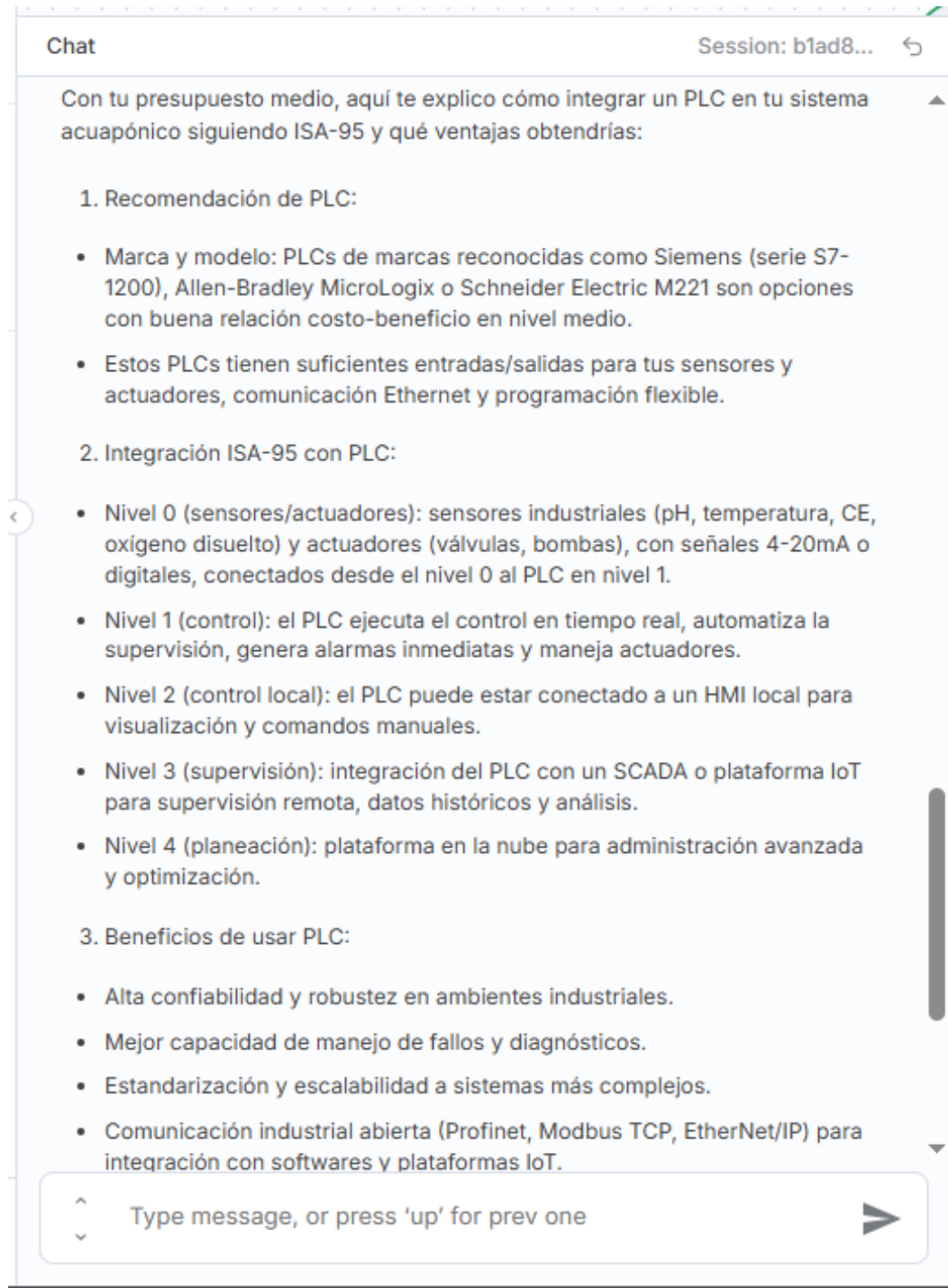
Conversación 3 usuario media inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 10

Conversación 4 usuario media inversión

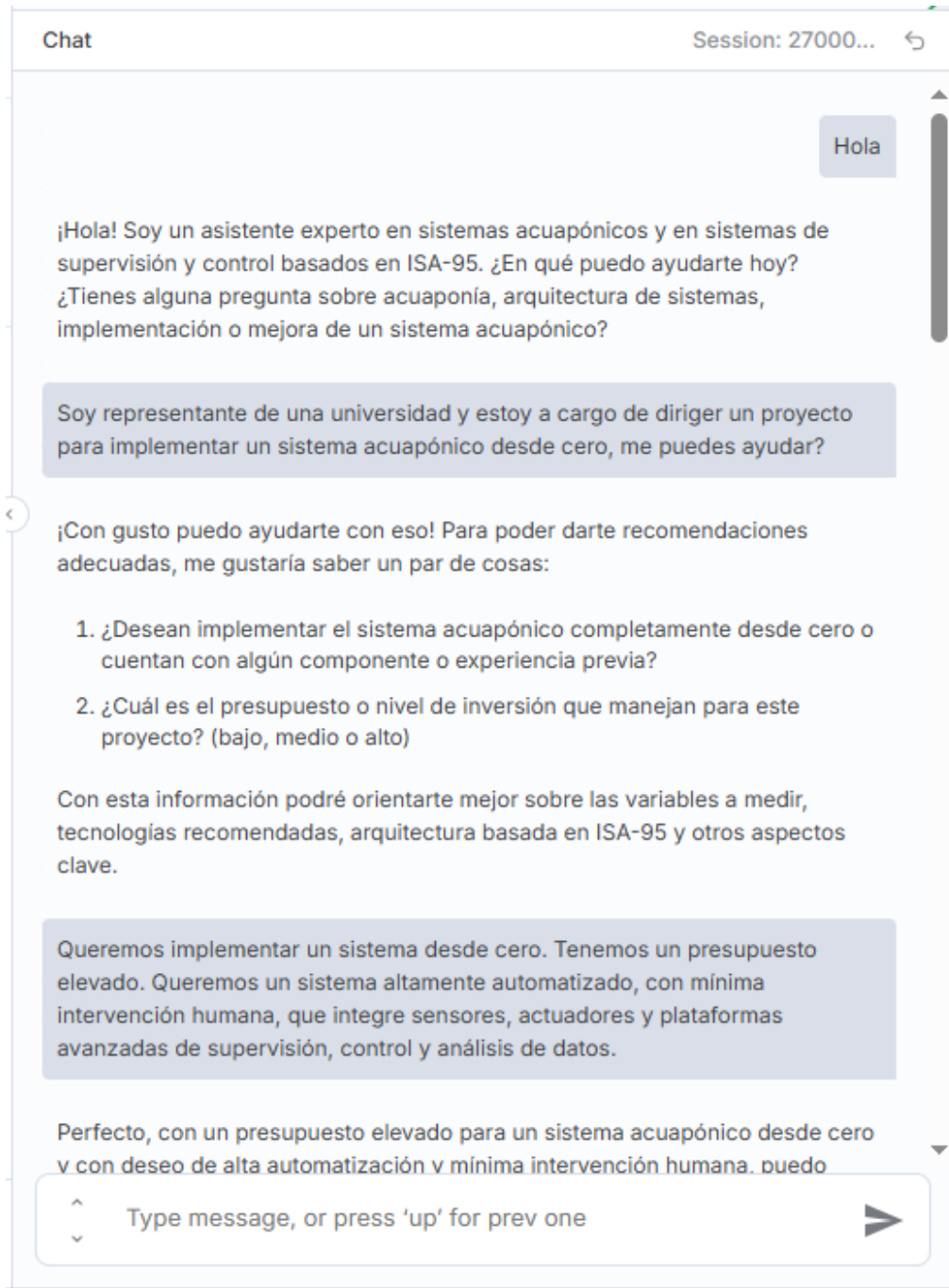


Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Conversación usuario alta inversión

Figura 11

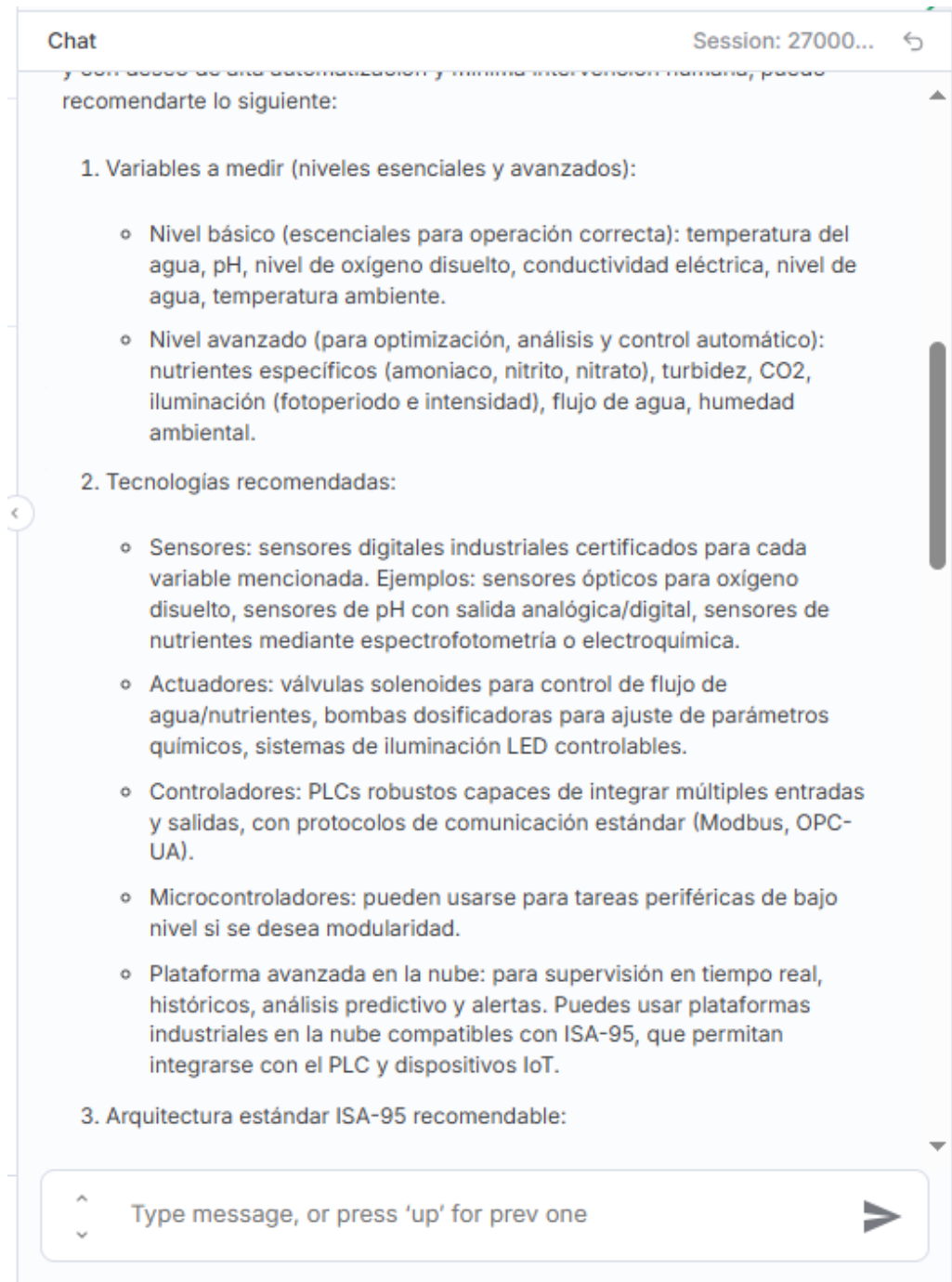
Conversación 1 usuario alta inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 12

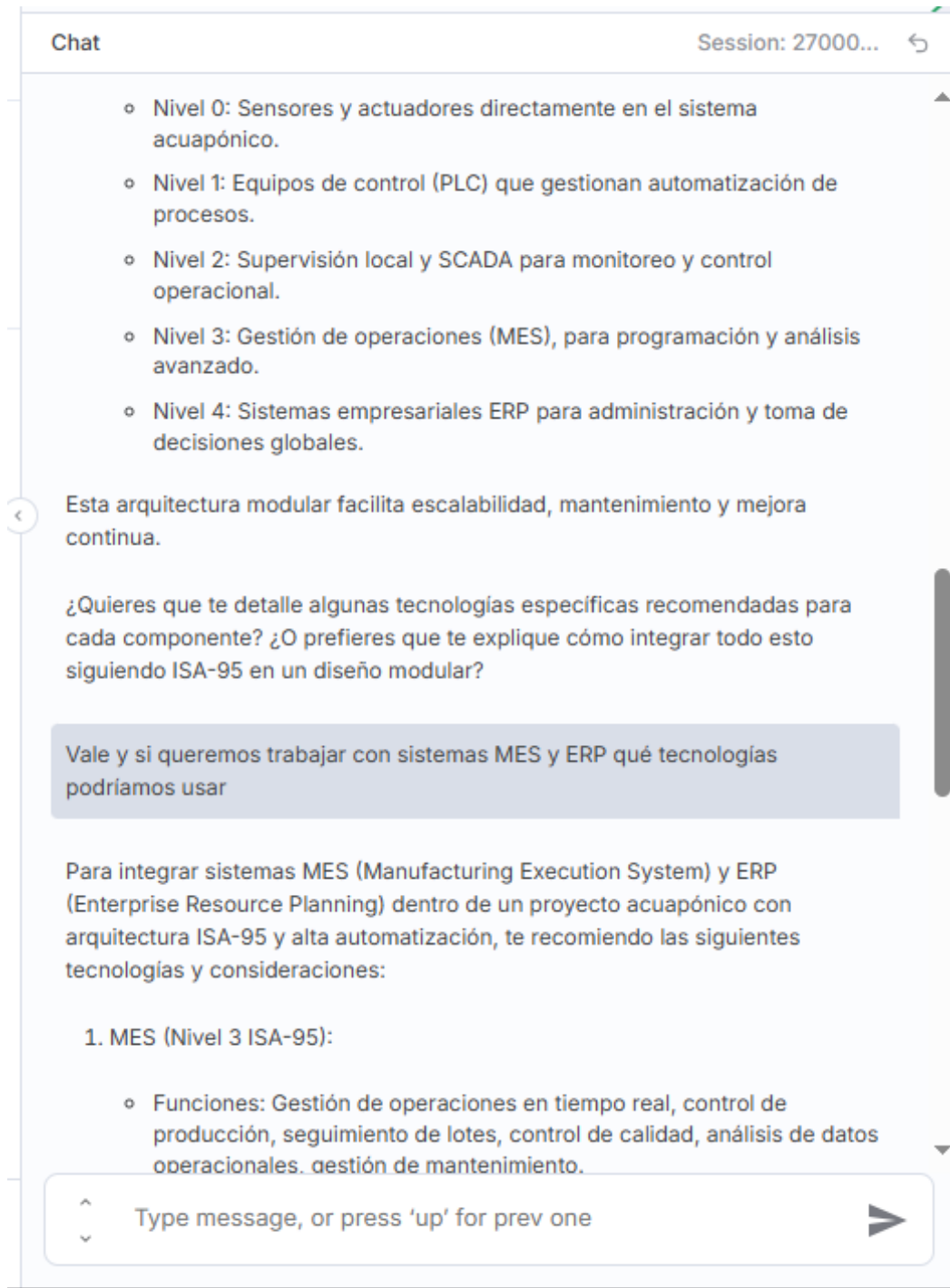
Conversación 2 usuario alta inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 13

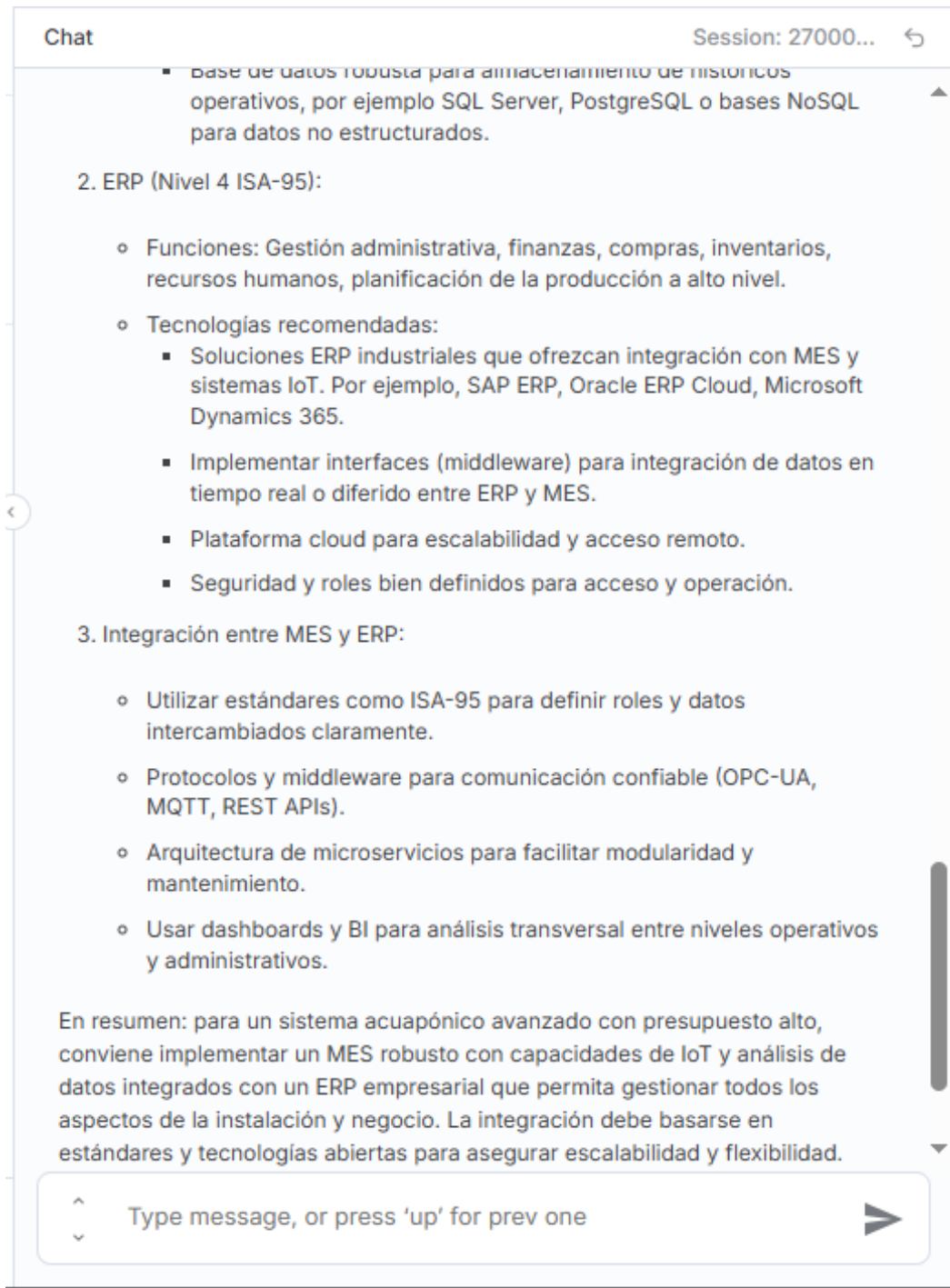
Conversación 3 usuario alta inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.

Figura 14

Conversación 4 usuario alta inversión



Nota. Elaboración propia. Obtenido de los flujos de trabajo realizados en N8N.