

DESARROLLO DE UN API REST CON MACHINE LEARNING PARA  
AUTOMATIZAR Y ANTICIPAR RESPUESTAS A CONDICIONES  
CLIMÁTICAS IMPLEMENTACIÓN EN HOGAR INTELIGENTE 3D

JOSE VIDAL CACERES PEREZ  
JUAN DAVID OSPINA CONTRERAS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR - SECCIONAL AGUACHICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
AGUACHICA  
2025

DESARROLLO DE UN API REST CON MACHINE LEARNING PARA  
AUTOMATIZAR Y ANTICIPAR RESPUESTAS A CONDICIONES CLIMÁTICAS  
IMPLEMENTACIÓN EN HOGAR INTELIGENTE 3D.

JOSE VIDAL CACERES PEREZ  
JUAN DAVID OSPINA CONTRERAS

Anteproyecto de grado para optar al título de ingeniero de sistemas

Director

Mag. Carlos Alberto Mejía Rodríguez

Codirectora

Mag. Lina Marcela Arévalo Vergel

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR - SECCIONAL AGUACHICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
AGUACHICA  
2025

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

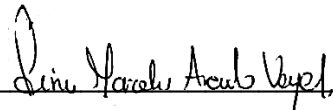
---



---

CARLOS ALBERTO MEJÍA RODRÍGUEZ

Director



---

LINA MARCELA ARÉVALO VERGEL

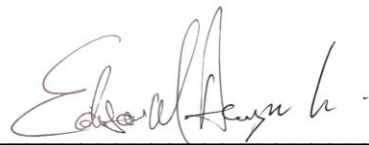
Codirectora



---

ERNEY ALBERTO RAMÍREZ CAMARGO

Evaluador 1



---

EDINSON MANUEL AMAYA LEÓN

Evaluador 2

Aguachica, Cesar, Día 06, Mes Junio, Año 2025.

## Agradecimientos.

Queremos expresar nuestro más sincero y profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, hicieron posible la realización de este proyecto. En primer lugar, agradecemos a Dios, por concedernos la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para afrontar cada etapa de este proceso, y por ser nuestra guía en los momentos de dificultad. A nuestras familias, gracias por su amor incondicional, su apoyo firme y constante, por creer en nosotros, por animarnos a seguir adelante cuando el camino se tornaba complejo, y por ser el pilar que nos sostuvo emocionalmente durante esta etapa tan significativa. A nuestros docentes, quienes con su conocimiento, dedicación y ejemplo marcaron nuestra formación profesional y nos motivaron a superarnos cada día. En especial, queremos expresar nuestro profundo agradecimiento al Ing. Carlos Alberto Mejía Rodríguez, director de este proyecto, y a la Ing. Lina Marcela Arévalo Vergel, codirectora, por su valiosa orientación, por guiarnos con paciencia, compromiso y experiencia, y por brindarnos su apoyo incondicional en cada fase del trabajo. Su acompañamiento fue clave para convertir nuestras ideas en una propuesta sólida y bien estructurada. Asimismo, agradecemos a la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, por proporcionarnos las herramientas académicas y formativas que hicieron posible nuestra evolución como estudiantes y como personas. Finalmente, gracias a todos aquellos que, con palabras de aliento, colaboración o gestos de amistad, nos ayudaron a culminar este proyecto con éxito. Este logro es el reflejo del esfuerzo conjunto, del trabajo en equipo y del apoyo de quienes siempre confiaron en nosotros.

¡Gracias infinitas!

## CONTENIDO

INTRODUCCION	13
1. PROBLEMA	15
1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	17
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 DELIMITACION	19
1.4.1 Temporal	19
1.4.2 Espacial	20
1.4.3 Contextual	20
2. MARCO REFERENCIAL	22
2.1 MARCO HISTORICO	22
2.1.1 Antecedentes Internacionales	23
2.1.2 Antecedentes Nacionales	25
2.1.3 Antecedentes Locales	26
2.2 MARCO TEORICO	27
2.2.1 Internet de las Cosas (IoT)	28
2.2.2 La Evolución de los Hogares	30
2.2.3 Machine Learning en la Automatización del Hogar	32
2.2.4 Interfaz de comunicación entre sistemas de información- API RESTful	33
2.2.5 Meteorología y climatología	35
2.2.6 Modelado 3D	37

2.3 MARCO LEGAL	39
2.3.1 Protección del software, los datos y la información	39
2.3.2 Normativa sobre eficiencia energética y automatización	40
2.4 MARCO CONCEPTUAL	41
3. DISEÑO METODOLOGICO	46
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	47
3.2.1 Tamaño de la muestra de estudiantes	47
3.2.2 Datos meteorológicos	48
3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.3.1 Instrumentos cuantitativos	49
3.3.2 Instrumentos cualitativos	50
3.4 HIPÓTESIS	50
3.4.1 Hipótesis de la investigación	51
3.5 VARIABLES	51
3.5.1 Variables independientes	51
3.5.2 Variables dependientes	52
3.6 ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE DATOS	52
3.6.1 Análisis de las respuestas de la encuesta	52
4. ESQUEMA TEMATICO	67
4.1 Planificación del Proyecto	67
4.1.1. Objetivos y Alcance	67
4.1.2 Gestión de Riesgos	68
4.1.3 Recopilación y análisis de requisitos	69

4.3.4. Historias de usuarios.	71
4.3.3. Casos de uso	83
4.3.4 Diagrama de actividades	91
4.2 Diseño del Sistema	93
4.2.1 Arquitectura basada en microservicios	93
4.2.2 Tecnologías seleccionadas para el proyecto	95
4.2.3 Diseño de redes de comunicación entre componentes del sistema	96
4.3.4. Diseño de vistas.	98
4.3 Desarrollo de los Módulos del sistema	99
4.3.1 Cronograma de Sprints	99
4.3.2 Reglas condicionales del monitoreo inteligente	100
4.3.3 Base de datos en MongoDB Atlas	103
4.3.4 Modelado y Renderizado Blender	107
4.3.5 Entrenamiento de modelos de machine learning	109
4.3.5 codificación de componentes	112
4.4 Implementación y pruebas	115
4.4.1 Descripción general del despliegue	115
4.4.2 Documentación de la API spring boot – API Principal	116
3.4.3 Documentación de FastAPI – API para la Predicción Meteorológica	119
4.2.3 Capturas de pantalla de la aplicación funcionando en local	120
5. CONCLUSIÓN	134
6. RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	144
Anexo A. Cronograma del proyecto	144

Anexo B. Diseño de la Encuesta para Evaluar la Viabilidad de la Investigación 146

Anexo C. Manual de Usuario 150

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre API, API REST y API RESTful	34
Tabla 2. Gestión de Riesgos del proyecto	68
Tabla 3. Requisitos Funcionales	70
Tabla 4. Requisitos no funcionales	71
Tabla 5. Historia de Usuario HU01 – Recolección y visualización de datos	72
Tabla 6. Historia de Usuario HU02 – Almacenamiento de Datos Climáticos	73
Tabla 7. Historia de Usuario HU03 – Agregar y configurar dispositivos en sala	74
Tabla 8. Historia de Usuario HU04 - Solicitud de Predicción	76
Tabla 9. Historia de Usuario HU05 – Modo acción según predicción climática	78
Tabla 10. Historia de Usuario HU06 – Visualización 3D de acción ejecutada	79
Tabla 11. Historia de Usuario HU07 - Configuración y activación de disparadore	80
Tabla 12. Historia de Usuario HU08 – Visualización estadísticas de rendimiento	81
Tabla 13. Tecnologías y herramientas utilizadas en el proyecto	95
Tabla 14. Cronograma de Sprints	99
Tabla 15. Tabla de acción automática por viento y ráfagas	101
Tabla 16. Recomendaciones para ajustar la luz artificial según nubosidad	102
Tabla 17. Criterio específico según temperatura ambiente y sensación térmica	102
Tabla 18. Estructura de las colecciones con campos principales	103
Tabla 19. Resumen de configuración y desempeño del modelo LSTM	110
Tabla 20. Cronograma del proyecto	145

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura de un sistema IoT.	29
Figura 2. Partes interesadas del entorno del hogar inteligente	31
Figura 3. Modelo 3D de esfera sólida y esfera poligonal (malla)	37
Figura 4. Proceso de barrido en modelado 3D	38
Figura 5. Comparison of Input Command vs Input Data	44
Figura 6. Resultados Pregunta 1	53
Figura 7. Resultados Pregunta 2	54
Figura 8. Resultados Pregunta 3	55
Figura 9. Resultados Pregunta 4	56
Figura 10. Resultados Pregunta 5	57
Figura 11. Resultados Pregunta 6	58
Figura 12. Resultados Pregunta 7	59
Figura 13. Resultados Pregunta 8	60
Figura 14. Resultados Pregunta 9	61
Figura 15. Resultados Pregunta 10	62
Figura 16. Resultados Pregunta 11	63
Figura 17. Resultados Pregunta 12	64
Figura 18. Resultados Pregunta 13	65
Figura 19. Diagrama de casos de uso para gestión de usuarios	84
Figura 20. Diagrama de casos de uso para almacenamiento de datos climáticos	85
Figura 21. Diagrama de casos de uso para gestión de registros climáticos	86
Figura 22. Diagrama de caso de uso para agregar y gestionar dispositivos	87
Figura 23. Diagrama de caso de uso para agregar y gestionar disparadores	88
Figura 24. Diagrama de caso de uso para “Activar Monitoreo Inteligente”	90
Figura 25. Diagrama de caso de uso para solicitud estadísticas de rendimiento	91
Figura 26. Diagrama de actividades para “Activar Monitoreo Inteligente”	92
Figura 27. Arquitectura propuesta basada en servicios	94
Figura 28. Diagrama de red para captura y consulta de datos climáticos	96

Figura 29. Diagrama de red y despliegue en Docker Compose	97
Figura 30. Vista preliminar de la interfaz “Central Inteligente”	98
Figura 31. Estructura del documento Clima	105
Figura 32. Estructura del documento Evaluación de Modelo	106
Figura 33. Estructura del documento Usuario	106
Figura 34. Modelado de ventana abre/cierra en 3D	107
Figura 35. Modelado del aire apaga/enciende en 3D	108
Figura 36. Modelado de lampara enciende/apaga en 3D	109
Figura 37. Curva de pérdida de entrenamiento y validación	111
Figura 38. Estructura de CentralInteligente.jsx en el editor de código	112
Figura 39. Estructura de un controlador en el proyecto Spring Boot	113
Figura 40. Código fuente de main.py en el microservicio FastAPI	114
Figura 41. Representación UML del archivo docker-compose.yml	116
Figura 42. Endpoints del controlador de usuarios (usuario-controller)	117
Figura 43. Endpoints del controlador de clima (clima-controller)	118
Figura 44. Endpoints del controlador de evaluación de modelo	118
Figura 45. Endpoints del controlador de predicción de clima	119
Figura 46. Endpoint POST /predict en FastAPI.	120
Figura 47. Pantalla de inicio de sesión del sistema	120
Figura 48. Vista “Clima Actual” con datos meteorológicos en tiempo real	121
Figura 49. Pantalla de “Registros Climáticos Almacenados”	122
Figura 50. Vista “Mi perfil” del usuario autenticado	123
Figura 51. Pantalla de “Gestión de Usuarios”	124
Figura 52. Vista inicial de “Central Inteligente”	125
Figura 53. Dispositivos Agregados en la “Central Inteligente”	126
Figura 54. Animación 3D al encender manualmente el aire acondicionado	127
Figura 55. Formulario para “Agregar Disparador Inteligente”	128
Figura 56. Disparadores activos y animación de apagado automático del aire	129
Figura 57. Disparadores en pausa cuando se activa el “Monitoreo Inteligente”	130
Figura 58. Trazabilidad en la consola durante el “Monitoreo Inteligente”	131

Figura 59. Ejecución del monitoreo inteligente y animación 3D de encendido	132
Figura 60. Gráfica de Predicción vs Real para la variable Temperatura	133

## INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación describe el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema inteligente de control ambiental para edificaciones, basado en la integración de datos meteorológicos en tiempo real y predicciones de aprendizaje automático. El proyecto surge de la necesidad de optimizar el uso energético y garantizar condiciones de confort y seguridad dentro de espacios académicos, aprovechando los avances en tecnologías de microservicios, arquitecturas distribuidas y modelos de predicción basados en redes neuronales LSTM.

Para abordar esta problemática, se implementó una arquitectura de microservicios compuesta por un frontend en React con Vite, un backend en Spring Boot que actúa como orquestador de la lógica de negocio y un microservicio en FastAPI encargado de realizar inferencias meteorológicas a partir de ventanas móviles de datos históricos. La capa de persistencia utiliza MongoDB Atlas para almacenar tanto los reportes climáticos brutos como las evaluaciones del modelo. La comunicación entre servicios se realiza mediante RESTful APIs, garantizando un acoplamiento bajo y la posibilidad de escalabilidad independiente de cada componente.

A nivel metodológico, se adoptó un enfoque híbrido que combina el ciclo de vida clásico del software (planificación, diseño, codificación, pruebas e implementación) con la metodología CRISP-DM para el desarrollo y validación de los modelos de predicción, y Scrum para organizar el desarrollo ágil de los distintos módulos. Como resultado, se obtiene un prototipo funcional que permite capturar datos meteorológicos, almacenar registros manuales y automáticos, generar predicciones de variables climáticas y, en base a estos resultados, activar o ajustar dispositivos (aire acondicionado, ventanas, luminarias) tanto de forma manual como automática mediante una interfaz visual que incluye animaciones 3D.

Este documento expone detalladamente los objetivos, el estado del arte, la metodología de investigación, el diseño de la arquitectura, la codificación de los componentes, la integración y las pruebas de desempeño. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos, las conclusiones y las recomendaciones para el despliegue y la evolución del sistema en entornos reales.

# 1. PROBLEMA

## 1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

A pesar de los avances tecnológicos que han impulsado la automatización del hogar, los sistemas actuales de casas inteligentes aún presentan limitaciones. Aunque integran sensores que permiten controlar aspectos como iluminación, climatización y seguridad, la mayoría de estas soluciones se basa únicamente en retroalimentación en tiempo real, sin incorporar análisis predictivos. Esta falta de previsión dificulta la anticipación de condiciones climáticas o ambientales futuras, lo que puede derivar en respuestas ineficientes frente a eventos inminentes y limitar el verdadero potencial de la automatización inteligente.

La creciente contaminación ha generado una mayor imprevisibilidad en las condiciones ambientales. Hoy en día, no basta con confiar en lo que se observa a simple vista; un cielo despejado puede transformarse en minutos en un escenario de lluvias intensas, vientos fuertes o tormentas. Muchos de los sistemas actuales que predicen el clima no consideran una multiplicidad de variables adicionales ni utilizan enfoques de aprendizaje automático para identificar patrones que puedan mejorar la precisión de las predicciones. Ante esta limitación, es necesario avanzar hacia el desarrollo de sistemas que integren análisis de datos más complejos, para predecir condiciones climáticas con mayor exactitud y en tiempo oportuno.

La problemática radica en la falta de tecnologías que permitan a las edificaciones anticipar y responder proactivamente a las condiciones climáticas, considerando no solo el clima actual, sino también fenómenos futuros. La mayoría de las casas inteligentes solo utilizan sensores para ajustarse a las condiciones del momento, sin incorporar análisis predictivos que permitan anticipar eventos adversos. Esto impide reforzar puntos críticos de la vivienda antes de que ocurran situaciones extremas,

comprometiendo la seguridad, eficiencia energética y confort de los hogares, lo que resalta la necesidad de enfoques más avanzados en esta clase de automatización. Un ejemplo claro de la problemática se da cuando se avecina una tormenta con fuertes vientos. Un sistema de automatización del hogar que solo responda a los datos de los sensores en tiempo real podría cerrar las ventanas y persianas solo cuando los vientos sean lo suficientemente fuertes, lo que podría ser demasiado tarde para evitar daños. En cambio, un sistema que pueda predecir estos vientos severos futuros a partir de los valores actuales de otras variables o condiciones climáticas anticiparía la llegada de la tormenta y cerraría las ventanas y persianas antes de que comience el viento fuerte, siendo mucho más eficiente y seguro.

Aunque los sistemas de automatización para hogares inteligentes han avanzado significativamente, la mayoría todavía depende de reglas predefinidas y carece de capacidades predictivas que combinen aprendizaje automático y análisis de datos ambientales. Esta limitación reduce su eficacia frente a condiciones climáticas cambiantes. Por ejemplo, tecnologías como termostatos programables y sensores de movimiento, aunque funcionales, no se adaptan en tiempo real al comportamiento de los usuarios ni a las variaciones del entorno, afectando así la eficiencia energética del hogar (Razghandi et al., 2021).

Investigaciones han señalado que, en ausencia de control predictivo, incluso sistemas avanzados de calefacción y refrigeración inteligentes tienden a funcionar de manera subóptima en climas extremos (Pergantis et al., 2024). Además, datos recientes indican que hasta el 30% de los hogares que emplean soluciones de automatización básica experimentan problemas de integración entre dispositivos, lo que incrementa el consumo energético innecesario y disminuye la eficiencia general (Ambientum, 2024). Esta falta de adaptabilidad no solo repercute en el consumo energético, sino también en la seguridad y el confort, ya que muchos dispositivos no están diseñados para colaborar de manera coordinada (Kumar et al., 2023).

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La automatización de hogares inteligentes ha ganado relevancia, centrando sus esfuerzos en mejorar la eficiencia energética y garantizar el bienestar y la seguridad de los residentes. Sin embargo, la mayoría de estos sistemas actuales solo responden a eventos detectados, como la lluvia, sin anticipar situaciones que podrían prevenirse mediante un análisis integral de los datos provenientes de sensores climáticos y ambientales. En este contexto, las respuestas automáticas suelen ser reactivas y, en situaciones climáticas extremas, no logran actuar con la rapidez y precisión necesarias para garantizar la seguridad de las personas y la integridad de la vivienda.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una solución tecnológica que permita a los hogares inteligentes anticipar y adaptarse proactivamente a las condiciones meteorológicas y ambientales. La capacidad de prever eventos climáticos no solo mejorará la eficiencia y la seguridad del hogar, sino que también incrementará la calidad de vida de los residentes, ofreciendo un entorno más confortable y seguro.

La aplicación de aprendizaje automático (Machine Learning, ML) es clave para este propósito, ya que permite crear modelos predictivos que analicen datos en tiempo real y definan las medidas preventivas más adecuadas. Además, la simulación en 3D de las respuestas del sistema ofrecerá un entorno controlado para perfeccionar estas acciones, minimizando costos y riesgos al probar la efectividad de las soluciones antes de implementarlas en la vida real.

El desarrollo de una API REST (Interfaz de Programación de Aplicaciones basada en Transferencia de Estado Representacional) será fundamental para procesar los datos de los sensores meteorológicos en la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica. Esta API proporcionará una interfaz flexible y estandarizada para la comunicación entre los sensores, el sistema de automatización del hogar y

otros dispositivos, facilitando la integración de diversas tecnologías. Además, permitirá la transmisión de datos en tiempo real y será escalable, lo que garantiza su capacidad para adaptarse a futuras necesidades. También incluirá medidas de seguridad avanzadas, protegiendo la privacidad de los residentes.

El proyecto está alineado con la creciente filosofía de sostenibilidad y eficiencia energética, permitiendo a las edificaciones adaptarse a las condiciones climáticas de manera eficiente. Esto no solo optimiza el uso de los recursos energéticos, sino que también reduce el consumo y los costos asociados.

Finalmente, la investigación busca convertirse en un referente tanto teórico como práctico en el diseño de soluciones automatizadas para edificaciones inteligentes, en este caso particular área universitaria expuesta a climas extremos pues la selección del campus de la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, ofrece un escenario idóneo para validar el modelo propuesto. Este entorno real proporciona un marco riguroso para probar la capacidad de respuesta del sistema ante variaciones térmicas significativas, alta humedad relativa y temperaturas con un amplio rango que pueden ir desde los 18 °C hasta los 40 °C (Alcaldía de Aguachica, 2018). Al articular inteligencia artificial, control ambiental y visualización 3D, la propuesta no solo contribuye al bienestar térmico y la eficiencia energética, sino que también establece una base tecnológica replicable. Además, fomenta el desarrollo de nuevas líneas de investigación en automatización y sostenibilidad, impulsa proyectos de aula interdisciplinarios y fortalece la capacidad institucional para enfrentar los retos del cambio climático mediante tecnologías emergentes.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un API REST con integración de modelos de machine learning para automatizar y anticipar respuestas a condiciones climáticas, mediante su implementación en una edificación inteligente representada en 3D.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar e implementar una infraestructura de comunicación para la recolección y transmisión de datos climáticos y ambientales.
- Entrenar e integrar modelos de aprendizaje automático, que analicen los datos ambientales y realicen predicciones climáticas con alta precisión.
- Codificar el API RESTful para recibir datos meteorológicos en tiempo real, solicitar predicciones al microservicio de Machine Learning y enviar los resultados a la interfaz web.
- Evaluar el desempeño integral del sistema mediante la medición de la precisión de las predicciones, el rendimiento del API RESTful y la eficacia de la simulación 3D con datos meteorológicos en tiempo real.

## **1.4 DELIMITACION**

### **1.4.1 Temporal**

El proyecto tiene un plazo de desarrollo de dieciséis (16) meses y se enmarca en la convocatoria interna de financiación de proyectos de investigación de la Universidad Popular del Cesar (Convenio No. 150 del 23 de diciembre de 2023).

### **1.4.2 Espacial**

El proyecto se desarrollará en el campus de la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, Colombia, el cual ha sido seleccionado como espacio físico para la instalación de sensores ambientales y la ejecución de pruebas del sistema. Este entorno permitirá representar condiciones reales, validar el funcionamiento del sistema propuesto y obtener retroalimentación directa de la comunidad universitaria como población de referencia.

### **1.4.3 Contextual**

El municipio de Aguachica, situado en el sur del departamento del Cesar, Colombia, abarca una extensión de 917 km<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud promedio de 190 metros sobre el nivel del mar. Su clima cálido y húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 18 °C y 40 °C y una media anual cercana a los 28 °C, junto con precipitaciones superiores a los 1.800 mm anuales (Alcaldía de Aguachica, 2025).

En cuanto al rango de la variación de la temperatura en el municipio, por lo general ha alcanzado su punto más alto en julio, con registros cercanos a los 40 °C, y los más bajos en octubre, con valores alrededor de los 22 °C. Para el análisis climático, se cuenta con estaciones meteorológicas en puntos estratégicos como Aguas Claras, Villa de San Andrés, Barranca Lebrija y Loma de Corredor, así como en localidades cercanas como Gamarra, Los Ángeles y La Gloria. La información obtenida a través de estas estaciones ha sido fundamental para evaluar las condiciones térmicas y pluviométricas del municipio mediante estudios especializados (Alcaldía de Aguachica, 2018).

Aguachica destaca como un importante centro agroindustrial en la región. Su economía se fundamenta principalmente en el sector agropecuario, la agroindustria y el comercio, lo que ha propiciado el desarrollo de diversos servicios de apoyo, incluyendo actividades agrotécnicas, financieras, de transporte y otros servicios

empresariales y personales dirigidos a los diferentes sectores económicos y a la población regional (Alcaldía de Aguachica, 2018).

La Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, cumple una función clave en el fortalecimiento educativo y social del sur del departamento del Cesar y zonas cercanas. Su oferta académica incluye diversos programas de pregrado y posgrado orientados a ampliar las posibilidades de acceso a la educación superior para los jóvenes de la región. En términos de infraestructura, la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, ha mejorado notablemente sus espacios físicos. Una muestra de ello fue la inauguración, en 2022, de un moderno aula de tres niveles que cuenta con diez salones completamente equipados con tecnología actual, climatización y mobiliario cómodo. Esta infraestructura no solo beneficia a una gran cantidad de estudiantes, sino que también incorpora oficinas administrativas y ambientes adecuados para programas de posgrado, lo que contribuye a elevar la calidad de la educación en la zona.

La Universidad ha reforzado su compromiso con la investigación y la vinculación social, impulsando acciones desde la Vicerrectoría de Investigaciones que buscan aportar al desarrollo regional. Un ejemplo de ello son los semilleros de investigación, espacios formativos donde los estudiantes pueden proponer y ejecutar proyectos enfocados en resolver problemáticas del entorno, promoviendo así la creatividad, la innovación y la sostenibilidad.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 MARCO HISTORICO**

A lo largo de la historia, el deseo de comprender y predecir los fenómenos atmosféricos ha sido constante. Desde las primeras observaciones empíricas, como los calendarios meteorológicos en la Grecia clásica y el registro de precipitaciones en la India, se empezó a sistematizar el estudio del clima. Este enfoque inicial sentó las bases para la meteorología moderna, cuyo avance y aplicación de tecnologías como estaciones automáticas, satélites y sensores remotos ha permitido un monitoreo más preciso (Seoanez Calvo, 2008).

En este marco, la automatización ha sido esencial. Según García (2020), la automatización involucra las ciencias y técnicas para concebir, construir y aplicar sistemas automáticos, y se vincula estrechamente con áreas como las matemáticas, la estadística, la informática y la ingeniería. Esta disciplina se divide en automatización teórica, que utiliza métodos matemáticos, y automatización aplicada, que implementa tecnologías como sensores y actuadores. Los sistemas automáticos operan comparando información de control con el estado del sistema, generando órdenes para los actuadores, todo supervisado por un centro de mando y control.

Se puede concluir entonces que los avances tecnológicos han sido fundamentales para la evolución de la meteorología, permitiendo un monitoreo más detallado y en tiempo real de los fenómenos atmosféricos y la automatización, al integrar diversas disciplinas y tecnologías, ha transformado los estudios meteorológicos, optimizando la predicción y el control del clima, lo que ha mejorado la comprensión y respuesta a ciertos eventos climáticos.

### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

En el campo de la automatización inteligente de los hogares, diversas investigaciones internacionales han proporcionado marcos conceptuales y enfoques metodológicos que sirven como referencia para el presente proyecto. Un estudio muy destacado es el de Wu et al. (2023) en China, titulado “*Evaluating the intelligence capability of smart homes*”, publicado en “*Data & Knowledge Engineering*”, propone un marco conceptual para evaluar el nivel de inteligencia de estos entornos. La investigación se enfoca en la necesidad de medir la capacidad de los hogares inteligentes para satisfacer las necesidades de los usuarios, utilizando un modelo que integra la interacción y automatización de dispositivos inteligentes. Este modelo ha sido validado a través de encuestas y talleres con usuarios, lo que proporciona un enfoque metodológico sólido que podría servir de referencia para el presente proyecto.

Otro estudio relevante es el de Furszyfer Del Rio et al. (2021), titulado “*Culture, energy and climate sustainability, and smart home technologies*”, publicado en la revista “*Energy and Climate Change*”, en el cual analizan la adopción de tecnologías para hogares inteligentes en Japón, Emiratos Árabes Unidos, Reino Unido y Estados Unidos. Exploran cómo factores culturales, como la privacidad, la seguridad y las prácticas sociales, afectan su implementación, y destacan el potencial de estas tecnologías para fomentar la sostenibilidad climática. Este análisis es particularmente relevante para la investigación en la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, compartiendo el enfoque de adaptar tecnologías a contextos específicos para enfrentar desafíos ambientales.

El estudio de Yana & Quispe (2020), realizado como parte de una tesis de licenciatura en la Universidad Peruana Unión, propone un modelo predictivo agroclimático utilizando machine learning e IoT para detectar cambios climatológicos en la región de Puno, Perú. Este modelo se basa en algoritmos de

clasificación y regresión, así como en una miniestación meteorológica para la recopilación de datos en tiempo real, con el objetivo de predecir los riesgos agroclimáticos que afectan a la agricultura local. De manera similar, la presente investigación en la Universidad Popular del Cesar integrará tecnologías avanzadas para medir variables climáticas, machine learning y modelado tridimensional para simular las reacciones proactivas del edificio.

López (2024), en su tesis titulada “*Automatización de un sistema domótico para una vivienda inteligente*”, desarrollada en la Universidad de Málaga, España, propone un sistema accesible y económico para automatizar viviendas, integrando software y hardware para el control de tareas cotidianas como luces y seguridad. Su investigación resalta cómo la domótica puede mejorar la calidad de vida y la seguridad del hogar, además de tener aplicaciones educativas. De forma parecida, el proyecto en la Universidad Popular del Cesar evalúa la respuesta de la infraestructura a cambios climáticos utilizando un modelado gráfico de la edificación y el uso de una interfaz de comunicación web.

Vera & Villavicencio (2024) en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Ecuador, presentaron el proyecto “*Diseño e implementación de un sistema IoT residencial para detectar fugas de agua empleando machine learning*”. Utilizando microcontroladores y cámaras integradas con plataformas de automatización del hogar, su prototipo digitaliza las lecturas de medidores de agua y transmite los datos a un servidor central. Además, aplicaron algoritmos de machine learning para detectar anomalías en el consumo de agua con una precisión del 90% en condiciones controladas. Este enfoque es relevante para el proyecto en la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, al ilustrar el uso de tecnologías IoT y machine learning en la gestión eficiente de recursos, lo cual podría inspirar la implementación de sistemas inteligentes en la infraestructura del campus.

### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

A nivel nacional, García (2018), en la tesis *“Orientaciones para la construcción de viviendas inteligentes en Colombia basadas en el Internet de las cosas”*, desarrollada en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, presenta una guía práctica para implementar dispositivos IoT en viviendas inteligentes, asegurando su integración tecnológica sin necesidad de alterar las instalaciones existentes. Este trabajo incluye la validación mediante un prototipo funcional, resaltando su utilidad en el diseño y construcción de edificaciones residenciales. Su enfoque es relevante para el proyecto en la Universidad Popular del Cesar, al compartir el objetivo de optimizar recursos y mejorar la funcionalidad de infraestructuras mediante el uso del IoT.

Asimismo, en el trabajo de grado titulado *“Modelo predictivo de consumos de energía eléctrica aplicando redes neuronales artificiales”*, desarrollado en la Universidad Francisco de Paula Santander en San José de Cúcuta, Galvis (2022), investigó el uso de redes neuronales avanzadas para optimizar la gestión energética. La investigación culminó en un aplicativo capaz de predecir el consumo de potencia activa con alta precisión, facilitando el análisis de datos para la toma de decisiones. Este enfoque predictivo basado en simulaciones guarda una estrecha relación con el proyecto actual, que también busca implementar modelos de machine learning para simular y anticipar el comportamiento virtual de infraestructuras frente a condiciones ambientales.

En una línea complementaria, Sánchez (2024), en la tesis de maestría desarrollada en la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá D.C., aplicó herramientas de análisis espaciotemporal para modelar zonas agrícolas bajo escenarios de cambio climático. La investigación utilizó redes neuronales avanzadas como ConvLSTM (redes de memoria a largo y corto plazo convolucionales) y Bi-LSTM (redes bidireccionales de memoria a largo y corto plazo) para predecir patrones climáticos. Además, empleó

drones equipados con sensores remotos para evaluar la productividad de los cultivos. Este enfoque tiene puntos en común con el proyecto planteado para la Universidad Popular del Cesar, ya que ambos utilizan tecnologías avanzadas para analizar el impacto de las condiciones ambientales y diseñar soluciones innovadoras basadas en análisis de datos.

Finalmente, Higuera & Salazar (2016), en la tesis titulada *"Desarrollo de una interfaz de usuario para monitorizar remotamente el consumo de energía eléctrica por circuito ramal en una instalación de tipo residencial bajo la perspectiva del hogar inteligente"*, presentada en la Universidad Industrial de Santander (UIS) en Bucaramanga, Colombia, diseñaron e implementaron una interfaz web destinada a la monitorización remota del consumo energético en hogares inteligentes. El proyecto incluyó un sistema de sub-medición energética para cada circuito ramal, lo que permite visualizar detalladamente el consumo a través de gráficos interactivos. El objetivo principal fue fomentar el uso eficiente de la energía mediante una plataforma que proporciona datos precisos y en tiempo real, facilitando la toma de decisiones para un consumo responsable. Esta investigación se referencia en el presente proyecto por su enfoque en tecnologías web aplicadas a la gestión y optimización de infraestructuras, promoviendo un uso racional de los recursos energéticos en entornos residenciales.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

Referente a los antecedentes locales, Navarro et al. (2021) llevaron a cabo una investigación en respuesta a la necesidad de tecnificar la finca donde los aprendices del Centro Agroempresarial Aguachica del SENA realizan sus prácticas productivas. Los autores propusieron la creación de un prototipo de IoT con el fin de monitorear de manera eficaz las variables físicas cruciales en la producción agropecuaria. Su enfoque se centró en el prototipado, lo que implicó el desarrollo ágil de un modelo de IoT para experimentación, retroalimentación y ajustes posteriores. Este proceso

abarcó diversas etapas, que incluyeron la definición de especificaciones, el diseño, la construcción, las pruebas y la optimización. Los resultados obtenidos en el estudio confirmaron la viabilidad de monitorear en tiempo real las variables físicas desde lugares con conectividad, resaltando la importancia de llevar a cabo investigaciones específicas para identificar los requisitos técnicos y tecnológicos en las áreas rurales relacionadas con la agricultura y la ganadería. Además, este proyecto puede servir como una valiosa guía para el desarrollo de sistemas IoT y se relaciona con conceptos clave como agricultura, arquitectura IoT, prototipo y variables agroambientales.

En el proyecto "*Desarrollo de una aplicación web para la automatización del proceso KDD de los datos de encuestas de egresados en la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica*" Rangel (2024), busca optimizar la gestión de datos de egresados mediante una aplicación web, que automatiza la recolección, almacenamiento y análisis de la información. Esta aplicación facilita la toma de decisiones y mejora los servicios ofrecidos a los egresados. Dicho trabajo se considera un antecedente local del presente proyecto debido a su enfoque compartido en la implementación de tecnologías avanzadas para automatizar y optimizar procesos dentro del mismo contexto universitario, aplicando herramientas tecnológicas para el manejo eficiente de datos.

## **2.2 MARCO TEORICO**

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de una API RESTful para el procesamiento de datos provenientes de sensores meteorológicos instalados en el campus de la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica. A través de técnicas de machine learning, se busca predecir condiciones climáticas y generar respuestas automatizadas que serán validadas mediante simulaciones tridimensionales. En este marco teórico se integran los fundamentos conceptuales y tecnológicos que sustentan el proyecto.

### **2.2.1 Internet de las Cosas (IoT)**

Según Barrio (2018), las innovaciones recientes en electrónica, informática y tecnologías de la información y la comunicación han ampliado significativamente la capacidad de procesamiento de los sistemas de información. Esto ha impulsado la aparición del Internet de las Cosas (IoT). El IoT implica conectar toda clase de objetos y dispositivos a Internet, permitiéndoles intercambiar, recopilar y procesar información sobre su entorno físico. Esto tiene como objetivo ofrecer servicios personalizados a los usuarios finales, además de permitir que estos sistemas detecten eventos o cambios en su entorno y respondan de manera autónoma y apropiada.

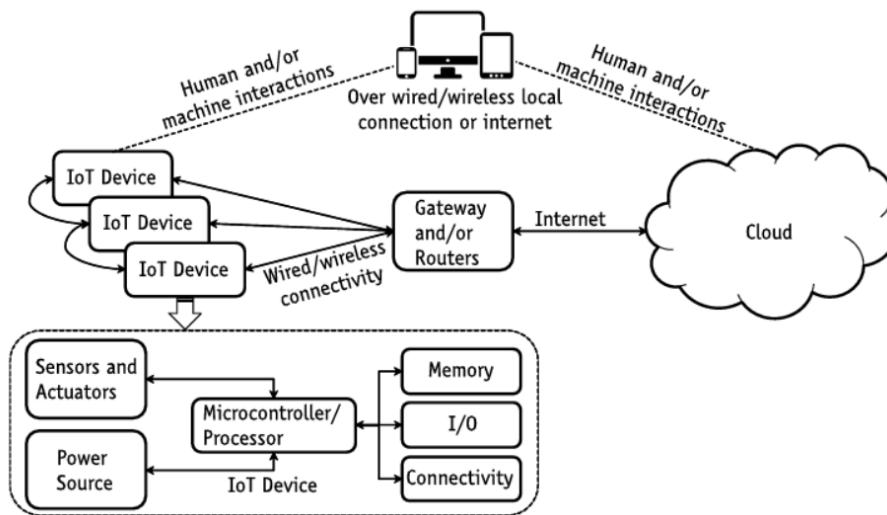
El IoT puede ser considerado como el sistema que recopila información y actúa como los sentidos de la Tecnología de la Información y Comunicación. Mientras tanto, las capacidades de procesamiento, almacenamiento y toma de decisiones se delegan a tecnologías como la computación en la nube, cómputo en paralelo y disciplinas como Big Data, Inteligencia Artificial y machine Learning. Asegurar una colaboración efectiva entre estas tecnologías es crucial para alcanzar el éxito (Liyanage et al., 2020).

Algunas industrias están adoptando la automatización y robotización de manera integral para mejorar la eficiencia, simplificar procesos y evitar errores humanos. En este contexto, la conectividad inalámbrica desempeña un papel fundamental al posibilitar la interconexión de múltiples dispositivos IoT en diversas aplicaciones. Esta conectividad no solo reduce la complejidad asociada a la instalación y gestión de cables, permitiendo la movilidad de las máquinas, sino que también facilita la comunicación y el control remoto entre estos dispositivos (Ghosh et al., 2022).

La arquitectura típica de un sistema IoT, consta de dispositivos equipados con sensores y actuadores, controlados por microcontroladores o procesadores, y

alimentados por baterías o fuentes eléctricas principales. Estos dispositivos recopilan datos que luego se transmiten a través de un chip de comunicación a servidores en la nube. La conexión a la nube puede hacerse a través de gateways, enrutadores o redes inalámbricas como WiMax o LTE. Los dispositivos IoT pueden interactuar con los usuarios a través de dispositivos existentes como teléfonos inteligentes o computadoras (Kaustubh, 2021). La arquitectura general de un sistema IoT se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. Arquitectura de un sistema IoT.



Nota. Kaustubh, D. (2021). *Lifecycle IoT Security for Engineers*. Artech House.

Para Ghosh et al. (2022), los dispositivos IoT en forma de sensores representan actualmente una pequeña parte del extenso ecosistema de dispositivos IoT. Esto puede deberse a que muchas empresas optan por desarrollar sus propias soluciones y hardware IoT utilizando módulos IoT. Algunos sensores comerciales disponibles incluyen módulos NB-IoT/LTE-M integrados y se utilizan para registrar datos, medir niveles de llenado, controlar el tráfico y supervisar la ocupación de estacionamientos. Otros sensores se conectan a módulos de radio por separado. Un ejemplo de estos últimos son los sensores para agricultura inteligente de la familia Libelium. Por ejemplo, el sensor Smart Agriculture PRO está diseñado para

monitorear viñedos y ofrece capacidades de detección que incluyen la humedad del suelo, temperatura del suelo, humedad de las hojas, radiación solar, presión atmosférica, diámetro del tallo, pluviómetro, anemómetro, veleta, temperatura del aire y humedad del aire. Este sensor puede alimentarse mediante paneles solares y conectarse a varios tipos de módulos de radio.

### **2.2.2 La Evolución de los Hogares**

Una casa inteligente representa una evolución tecnológica que integra dispositivos y sistemas para automatizar tareas cotidianas, mejorando tanto la comodidad como la eficiencia energética del hogar. Aunque la idea de automatización doméstica precede al Internet de las Cosas (IoT), este último ha sido clave para su desarrollo, ya que proporciona una infraestructura conectada que combina procesamiento en la nube y capacidades locales. Esto permite que los hogares inteligentes no solo respondan a las necesidades inmediatas de los residentes, sino que también se adapten a patrones de uso y condiciones externas, optimizando recursos y reduciendo costos operativos. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos significativos, como la necesidad de garantizar la seguridad de los datos, la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes y la estabilidad en redes inalámbricas propensas a interrupciones. A pesar de estas limitaciones, el hogar inteligente impulsado por IoT sigue siendo una solución prometedora para mejorar la calidad de vida, integrando tecnologías emergentes que benefician tanto a los residentes como al entorno (Liyange et al., 2020). Las partes interesadas o que componen un hogar inteligente se pueden visualizar en la Figura 2.

Figura 2. Partes interesadas del entorno del hogar inteligente



Fuente: Liyanage, M., Braeken, A., Kumar, P., & Ylianttila, M. (Eds.). (2020). *IoT security: Advances in authentication*. John Wiley & Sons, Incorporated.

Llaneza (2018) aborda las pautas de seguridad esenciales para los hogares inteligentes, destacando la interconexión de dispositivos y sistemas en estos entornos. Estas pautas abarcan desde el diseño y fabricación de dispositivos hasta su integración en la red doméstica, considerando también su uso cotidiano y eventual desconexión. La relevancia de la seguridad en este contexto radica en la constante interacción entre los elementos inteligentes y la conectividad de los dispositivos, que operan principalmente en el entorno doméstico, exponiendo a los usuarios a posibles vulnerabilidades si no se toman las medidas adecuadas.

### **2.2.3 Machine Learning en la Automatización del Hogar**

La implementación de modelos de Machine Learning (ML) en la automatización de tareas representa una tendencia en constante expansión en diversos sectores. Estos modelos, entrenados con grandes volúmenes de datos, tienen la capacidad de identificar patrones complejos y tomar decisiones autónomas, optimizando procesos y reduciendo significativamente la necesidad de intervención humana.

Según Suarez et al. (2018), el ML permite a los algoritmos mejorar su desempeño en tareas específicas mediante un entrenamiento basado en datos. Esta disciplina interdisciplinaria combina fundamentos de estadística e informática y se clasifica en dos enfoques principales: aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado. En el aprendizaje supervisado, los algoritmos se entrenan utilizando conjuntos de datos con resultados conocidos, permitiendo aplicaciones como la clasificación y la regresión. En contraste, el aprendizaje no supervisado opera sin etiquetas, facilitando tareas como la agrupación y la extracción de características, demostrando su flexibilidad para adaptarse a diversas necesidades.

Por su parte, los sistemas automatizados, históricamente asociados a aplicaciones industriales, han evolucionado hacia el ámbito de los hogares y edificios inteligentes gracias a los avances en domótica y el desarrollo de dispositivos tecnológicos especializados para el entorno doméstico (Torres, 2018). González (2021), destaca que la automatización implica delegar tareas, previamente realizadas por humanos o animales, a sistemas artificiales con capacidad de operar de manera autónoma. Esta característica la diferencia de herramientas como destornilladores eléctricos o calculadoras, que requieren intervención humana, posicionando a los sistemas automatizados como una solución avanzada y autogestionada en la optimización de actividades.

#### **2.2.4 Interfaz de comunicación entre sistemas de información- API RESTful**

Una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) se define como un conjunto de reglas, protocolos y herramientas que permiten la comunicación entre diferentes aplicaciones de software, facilitando el intercambio estructurado de información y funcionalidades (Fielding, 2000). En este sentido, una API RESTful representa la implementación práctica del estilo arquitectónico REST (Representational State Transfer), y es ampliamente utilizada en el desarrollo de servicios web que requieren alta escalabilidad e interoperabilidad (Patni, 2017).

El estilo REST se basa en principios como la comunicación sin estado (stateless), el uso de métodos HTTP estándar (GET, POST, PUT, DELETE) y la representación de recursos a través de URLs únicas. Sin embargo, cuando estos principios se aplican concretamente a una solución tecnológica funcional, se habla de una API RESTful. Esta implementación no solo define cómo deben estructurarse las solicitudes y respuestas entre cliente y servidor, sino que también habilita la interacción dinámica entre sistemas, como es el caso del presente proyecto, donde la API RESTful actuará como intermediario entre los sensores climáticos, el modelo predictivo y la interfaz de visualización 3D (Brave Developer, 2021).

Las API RESTful se han consolidado como herramientas clave en la arquitectura de soluciones modernas gracias a su flexibilidad, eficiencia y compatibilidad con estándares abiertos como HTTP y formatos como JSON o XML. Esta versatilidad permite integrar múltiples plataformas de forma sencilla, reducir los costos de desarrollo y fomentar la innovación en sistemas inteligentes y distribuidos (Jovita et al., 2022). En proyectos como el de esta investigación, su uso resulta especialmente pertinente, ya que se requiere una interfaz robusta, escalable y segura para gestionar datos en tiempo real y garantizar una comunicación efectiva entre los distintos componentes del sistema.

Además, su capacidad para soportar interacciones dinámicas con servicios externos y ejecutar acciones automatizadas las convierte en piezas fundamentales para aplicaciones basadas en aprendizaje automático, donde los datos provenientes de sensores deben ser analizados y procesados en tiempo real para generar respuestas adaptativas (Kang et al., 2021). En definitiva, el uso de una API RESTful en este proyecto no solo garantiza una implementación tecnológica efectiva del estilo REST, sino que también posibilita la integración fluida del motor de decisión y la representación visual de acciones dentro de un ecosistema digital inteligente. Para facilitar la comprensión y distinguir claramente entre los conceptos de API, API REST y API RESTful, se presenta la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación entre API, API REST y API RESTful

<b>Concepto</b>	<b>¿Qué es?</b>	<b>Nivel de abstracción</b>
<b>API</b>	Conjunto de reglas para que dos sistemas se comuniquen	General
<b>API REST</b>	API que usa el estilo REST	Medio
<b>API RESTful</b>	API que implementa completamente los principios REST	Específico

Fuente: Elaboración propia con base en Fielding (2000), Brave Developer (2021) y Jovita et al. (2022).

Las API RESTful han transformado la manera en que las aplicaciones se comunican entre sí, al ofrecer una forma simple y efectiva de intercambiar información. Gracias a su estructura, estas interfaces han ganado un lugar clave en el desarrollo de soluciones modernas (IBM, 2025). En casos como el de esta investigación, donde se requiere que distintos componentes trabajen en conjunto de manera fluida, las API RESTful representan una herramienta confiable para conectar sistemas de sensores, procesar datos y devolver acciones a automatizar en tiempo real.

### **2.2.5 Meteorología y climatología**

El conocimiento de la Meteorología y de la Climatología es esencial para el estudio del medio ambiente y tienen un impacto directo en diversos aspectos de la vida cotidiana, como la seguridad frente a fenómenos naturales, la agricultura y la habitabilidad de nuestro entorno. El interés en estas ciencias ha crecido considerablemente, especialmente debido al desafío global del cambio climático. La Tierra puede considerarse un sistema dinámico formado por cinco subsistemas interrelacionados: la atmósfera, la litosfera, la hidrosfera, la criosfera y la biosfera. Estos interactúan de manera compleja, intercambiando energía y materia, y constituyen lo que conocemos como el sistema climático. Este sistema es abierto, recibiendo energía en forma de radiación solar, y su estado se define por una serie de variables que describen el tiempo atmosférico. Cuando estas variables se promedian a lo largo del tiempo, forman lo que se denomina el clima. La atmósfera, que es el objeto principal de estudio de la meteorología, es una capa intermedia entre la Tierra y el Sol, en constante interacción con los océanos y continentes, lo que hace que su estudio sea clave para entender los fenómenos meteorológicos y climáticos (Zuniga Lopez & Crespo del Arco, 2021).

Así, la meteorología se enfoca en el estudio de los fenómenos atmosféricos y su relación con el tiempo meteorológico (corto plazo), mientras que la climatología se centra en los cambios en la atmósfera y cómo estos influyen en el clima a largo plazo (Fernandez Sanchez, 2016).

Tradicionalmente, los estudios climáticos se centraban exclusivamente en la atmósfera, siendo los meteorólogos y climatólogos quienes abordaban esta área. Sin embargo, a medida que aumentaba nuestro entendimiento del entorno físico, se comprendió que la atmósfera no actúa de manera independiente, sino que forma parte de un sistema global interconectado, conocido como el sistema climático. Este sistema está compuesto por cinco subsistemas distintos: la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la litosfera y la biosfera. Cada subsistema interactúa entre sí,

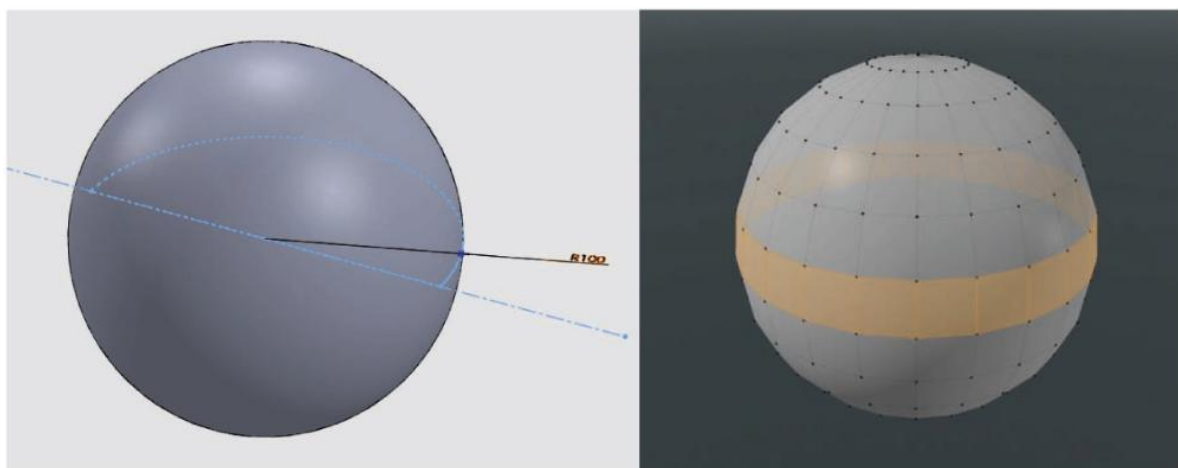
intercambiando masa, energía y movimiento, y tiene un tiempo de respuesta único frente a perturbaciones o alteraciones. La atmósfera es el componente central, con movimientos rápidos que responden a un calentamiento desigual de la superficie terrestre. La hidrosfera, que incluye todos los cuerpos de agua de la Tierra, tiene una respuesta más lenta y posee una gran inercia térmica. La criosfera, formada por las masas de hielo y nieve, influye principalmente a través del albedo, que afecta la radiación solar reflejada. La litosfera, que abarca la corteza terrestre y el manto superior, responde lentamente, pero tiene un impacto significativo en la atmósfera, especialmente a través del rozamiento entre el aire y el suelo. Finalmente, la biosfera, que incluye a todos los seres vivos, juega un papel importante en los ciclos de carbono y otros procesos climáticos. La diversidad en las escalas de respuesta de estos componentes introduce incertidumbres en las predicciones climáticas, un área que actualmente genera mucha atención y que resalta la complejidad del estudio del cambio climático (Vinas, 2005).

Los instrumentos de medición climática, fundamentales para el análisis medioambiental, permiten estudiar los diversos fenómenos que afectan al clima y sus interacciones con la biosfera. Actualmente, la temperatura se mide con termómetros de líquidos (mercurio o alcohol) y termómetros de dilatación sólida, mientras que la humedad se cuantifica mediante higrómetros basados en materiales higroscópicos. La velocidad del viento se monitorea con anemómetros de molinete, hélice o tecnologías más avanzadas como los anemómetros ultrasónicos. Las precipitaciones se registran mediante pluviómetros y pluviógrafos, que ahora incluyen sensores automáticos para mayor precisión. En cuanto a la presión atmosférica, los barómetros, tanto de mercurio como aneroides, han sido complementados por versiones electrónicas y digitales para una lectura más exacta y continua. Además, la medición de la evaporación y la evapotranspiración se ha modernizado con el uso de atmómetros electrónicos y sensores de humedad del suelo, que ofrecen datos más precisos. Estos avances tecnológicos mejoran la fiabilidad y la resolución de los datos climáticos (Seoanez Calvo, 2008).

## 2.2.6 Modelado 3D

El modelado 3D, según Jorquera (2017), permite la creación de representaciones matemáticas de superficies en tres dimensiones mediante el uso de la geometría. Estos modelos pueden visualizarse como imágenes bidimensionales a través de renderizado o, en su caso, materializarse mediante impresión 3D. Los modelos 3D se dividen principalmente en dos tipos: los sólidos, que incorporan volumen y fórmulas matemáticas para generar simulaciones realistas, y los poligonales, que representan únicamente la superficie mediante mallas de polígonos, lo que facilita su renderizado y visualización en menos tiempo. Además, existen técnicas avanzadas como el modelado NURBS, ideal para superficies curvas, y la escultura digital, que se emplea para crear diseños orgánicos de forma más flexible. Estas herramientas tienen una gran relevancia en sectores como la medicina, el cine y los videojuegos. En la figura 3 se puede observar la diferencia entre una esfera sólida y una poligonal, dos ejemplos que evidencian cómo se representan los modelos 3D en distintos enfoques.

Figura 3. Modelo 3D de esfera sólida y esfera poligonal (malla)



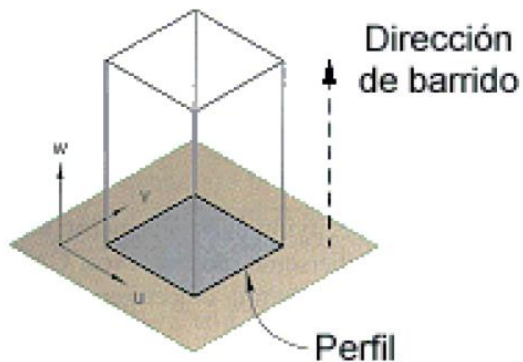
Esfera sólida

Esfera poligonal (malla)

**Nota.** Jorquera (2017, p. 17)

En el contexto de la Geometría Constructiva de Sólidos (CSG), se emplean formas simples, o primitivas, como bloques fundamentales para construir objetos complejos. Estas primitivas se combinan mediante operaciones booleanas, que permiten la unión, intersección o sustracción de los sólidos. Una operación muy utilizada es el barrido, en la cual un perfil básico se desplaza a lo largo de una trayectoria determinada, generando un volumen que da como resultado el objeto final. A medida que el perfil se mueve por la trayectoria, todos los puntos que ocupa sucesivamente forman el modelo tridimensional (Company & Gonzalez, 2013). Este proceso se ilustra en la Figura 4, donde se puede observar cómo el perfil se traslada a lo largo de la trayectoria para crear el volumen final.

Figura 4. Proceso de barrido en modelado 3D



Nota. Company & González (2013, p. 29).

Además, el uso de técnicas avanzadas como la fotogrametría ha permitido la creación de modelos 3D con una precisión excepcional. Estas metodologías se basan en el análisis de imágenes fotográficas para medir las coordenadas de una gran cantidad de puntos sobre la superficie de los objetos, lo que posibilita una representación altamente detallada y precisa de objetos complejos. Gracias a su capacidad para capturar incluso los objetos más intrincados, la fotogrametría se emplea en una variedad de aplicaciones, desde la creación de modelos en diseño industrial hasta la conservación del patrimonio (Ortiz, 2014).

## **2.3 MARCO LEGAL**

El marco legal establece los fundamentos normativos que rigen el desarrollo del software, la protección de los datos personales y la implementación de tecnologías inteligentes. En esta investigación, se consideran disposiciones legales y técnicas que respaldan el diseño e integración de un sistema de automatización en hogares inteligentes, con base en el aprendizaje automático y el análisis de datos.

### **2.3.1 Protección del software, los datos y la información**

Un primer respaldo normativo para proteger los derechos sobre el software desarrollado en este proyecto es la Ley 23 de 1982, expedida por el Congreso de la República de Colombia. Esta norma reconoce al software como una obra intelectual, otorgando a su autor derechos exclusivos de reproducción, distribución y transformación. En el contexto de esta investigación, esta ley garantiza el control legal sobre el código fuente del API, los modelos de aprendizaje automático y la interfaz visual desarrollada.

Complementariamente, el Artículo 174 de la Ley 1450 de 2011, incluida en el Plan Nacional de Desarrollo, promueve políticas públicas de protección a la propiedad intelectual y estimula el desarrollo tecnológico. Su inclusión respalda la innovación como un derecho estratégico, relevante para iniciativas como la creación de sistemas inteligentes de respuesta ambiental.

En cuanto al manejo de la información personal, la Ley 1581 de 2012, conocida como Ley de Protección de Datos Personales, establece las condiciones bajo las cuales se deben recolectar, almacenar y tratar los datos personales en Colombia. Dado que el sistema propuesto puede operar con información sensible sobre hábitos, condiciones del entorno doméstico o interacciones del usuario, esta ley exige protocolos de autorización, confidencialidad y seguridad.

El Decreto 1377 de 2013, reglamentario de la Ley 1581, precisa las obligaciones de los responsables del tratamiento de datos. Entre ellas se incluyen la implementación de medidas técnicas de protección, la recolección de consentimiento informado y el respeto por los derechos de los titulares de la información. Ambos instrumentos resultan imprescindibles para garantizar la ética y legalidad en el procesamiento de los datos generados por sensores conectados al sistema.

### **2.3.2 Normativa sobre eficiencia energética y automatización**

La adopción de tecnologías inteligentes en entornos residenciales también está sujeta a políticas relacionadas con el uso eficiente de los recursos energéticos. La Ley 1715 de 2014, expedida por el Congreso de la República, promueve la integración de fuentes no convencionales de energía al sistema eléctrico nacional. Esta ley es relevante para el proyecto, ya que valida el desarrollo de soluciones tecnológicas sostenibles como las casas inteligentes automatizadas.

En la misma línea, la Ley 697 de 2001 fomenta la cultura de uso racional y eficiente de la energía en Colombia. Su orientación estratégica favorece la implementación de sistemas de automatización que optimicen el consumo energético, alineándose con los principios de sostenibilidad que subyacen al presente proyecto.

Desde el ámbito técnico, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), de cumplimiento obligatorio y expedido por el Ministerio de Minas y Energía, establece los requisitos mínimos de seguridad para la construcción y operación de instalaciones eléctricas. La incorporación de sensores, actuadores y otros dispositivos automatizados en una casa inteligente exige conformidad con este reglamento, garantizando seguridad eléctrica y funcionalidad del sistema.

Adicionalmente, la Norma Técnica Colombiana NTC 5001, elaborada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), define lineamientos específicos para la automatización y control en edificaciones. Su aplicación asegura que los sistemas desarrollados en esta investigación cumplan con estándares nacionales en materia de control, eficiencia y confort en entornos residenciales.

En el plano internacional, la Norma ISO 50001:2018, emitida por la Organización Internacional de Normalización (ISO), establece un sistema de gestión de la energía orientado a la mejora continua. Aunque su adopción no es obligatoria en Colombia, representa una guía técnica valiosa para el diseño de soluciones inteligentes que reduzcan el consumo energético mediante control automatizado.

Finalmente, la Norma ISO/IEC 30182:2017, desarrollada por la ISO y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), proporciona un marco conceptual para la transformación digital en ciudades inteligentes. Esta norma promueve la interoperabilidad y el uso de tecnologías avanzadas, como el machine learning, en la gestión eficiente de recursos urbanos. Su enfoque resulta especialmente pertinente para proyectos como el presente, que integran automatización, predicción y control en un entorno residencial inteligente.

## **2.4 MARCO CONCEPTUAL**

**API:** Una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) es un conjunto de reglas y protocolos que permite que distintas aplicaciones de software se comuniquen entre sí. Funciona como un intermediario que facilita el acceso a determinadas funcionalidades sin necesidad de conocer cómo están implementadas internamente. Su diseño modular y estandarizado permite a los desarrolladores reutilizar código existente, integrar sistemas heterogéneos y optimizar el proceso de desarrollo de software (Pressman, 2014).

**API REST:** REST (Representational State Transfer) es un estilo arquitectónico propuesto por Roy Fielding para el diseño de servicios web. Cuando una API adopta este estilo, se le denomina API REST. Estas APIs se estructuran en torno a recursos identificables mediante URLs y utilizan los métodos estándar del protocolo HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) para su manipulación. Una característica clave de REST es que la comunicación entre cliente y servidor es sin estado, es decir, cada solicitud contiene toda la información necesaria para ser procesada (Brave Developer, 2021).

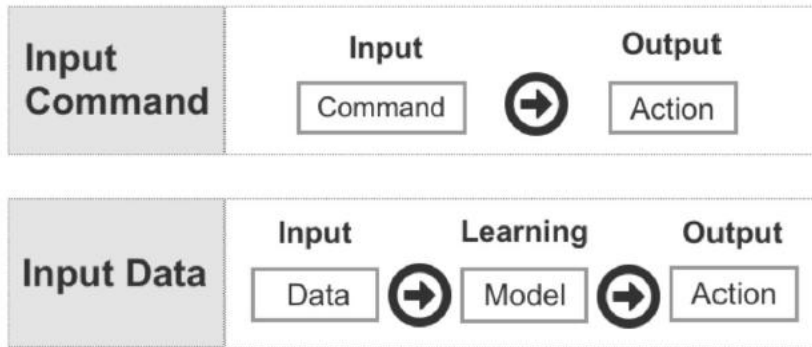
**API RESTful:** Una API RESTful es una implementación concreta de los principios del estilo REST. A diferencia de una simple API que utiliza HTTP, una API RESTful cumple con todas las restricciones definidas por REST, como la comunicación sin estado, la representación uniforme de los recursos y la manipulación mediante operaciones definidas por el protocolo. Estas APIs son ampliamente utilizadas en aplicaciones distribuidas, ya que permiten una interacción ágil, escalable y compatible entre sistemas diversos, utilizando formatos ligeros como JSON o XML (Brave Developer, 2021).

**Automatización:** La automatización consiste en implementar tecnologías y sistemas avanzados para realizar tareas y procesos que antes requerían intervención humana. Su principal propósito es mejorar la eficiencia, reducir costos y errores, y garantizar mayor precisión y consistencia. Este enfoque se aplica en diversos sectores como la industria, los servicios al cliente y la gestión de datos. Con el desarrollo de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, la automatización ha evolucionado, permitiendo que los sistemas aprendan y optimicen continuamente sus procesos mediante el análisis de datos y patrones (Benanav, 2020).

**Climatología:** la climatología es la ciencia atmosférica que se encarga del estudio de los fenómenos climáticos y los factores que determinan las condiciones climáticas en diversas regiones del planeta. Se enfoca en entender las variaciones del clima a largo plazo. Entre los factores que explican las variaciones climáticas se encuentran: 1) la posición y orientación de la Tierra respecto al Sol, que influye en la cantidad de radiación solar recibida, afectando temperaturas y estaciones; 2) la distribución de los continentes y océanos, que regula las temperaturas debido a las propiedades térmicas de estos cuerpos; 3) la altura, extensión y orientación de las cordilleras montañosas, que impactan la circulación atmosférica y producen fenómenos como las lluvias orográficas; y 4) las características del albedo, ya que las superficies claras reflejan más radiación solar y las oscuras la absorben, influyendo en la cantidad de calor retenido. Estos factores interactúan de manera compleja y contribuyen a la diversidad de climas en distintas partes del mundo. (Zuniga Lopez & Crespo del Arco, 2021).

**Machine Learning:** El Machine Learning o aprendizaje automático es una rama de la informática que permite a las máquinas aprender de los datos sin necesidad de ser programadas explícitamente para cada tarea. Este enfoque se basa en construir modelos de decisión que identifican patrones y relaciones en los datos de entrada. A diferencia de la programación tradicional, donde se definen reglas estáticas, el machine learning permite que las máquinas mejoren su desempeño con el tiempo a través de la experiencia y el análisis de datos (Theobald, 2017). Para una mejor comprensión, consultar la Figura 5 que incluye gráficamente la Comparación de Input Command vs Input Data.

Figura 5. Comparison of Input Command vs Input Data



*Nota.* (Theobald, 2017, p. 10).

**Meteorología:** La meteorología es el estudio de la atmósfera, los fenómenos atmosféricos y el efecto de estos fenómenos en el tiempo meteorológico. Esto implica un análisis de las condiciones atmosféricas inmediatas y su impacto en el clima a corto plazo, como la predicción del tiempo en horas, días o semanas. (Fernandez Sanchez, 2016).

**Modelo 3D:** El modelo 3D de un objeto es su representación en tres dimensiones, creada mediante el uso de software de modelado asistido por ordenador. Este tipo de representación digital permite que los objetos sean visualizados y manipulados en un entorno tridimensional, lo que facilita su análisis, diseño y modificación (Berchon & Luyt, 2016).

**Smart Home:** Las viviendas inteligentes o en inglés Smart Home, conocidas también como sistemas de domótica, representan una innovación tecnológica que integra dispositivos y sistemas automatizados para gestionar y controlar diversas funciones dentro del hogar, como la iluminación, la climatización, la seguridad y los electrodomésticos. Estas viviendas utilizan redes de comunicación avanzadas que permiten la interacción remota y en tiempo real, mejorando la eficiencia energética, optimizando recursos y aumentando la seguridad de los residentes. Al ofrecer personalización según las necesidades específicas de los usuarios, estas

tecnologías contribuyen a la creación de entornos domésticos más sostenibles, seguros y confortables. Este enfoque promueve una mayor adaptabilidad y eficiencia en la gestión de los recursos del hogar, impulsando así la transformación hacia espacios más inteligentes, seguros y funcionales (Herrera, 2005).

**Red de sensores:** Una red de sensores es un conjunto de nodos sensoriales distribuidos en un área específica que recolectan datos del entorno. Estos nodos envían la información a un sistema central para su procesamiento y análisis. Las redes de sensores son fundamentales en diversas aplicaciones, como la monitorización ambiental, la automatización industrial y los sistemas de seguridad (Fernández et al., 2023).

**REST:** REST (Representational State Transfer) es un estilo arquitectónico pensado para sistemas distribuidos como la Web. Se basa en un conjunto de reglas que permiten crear sistemas escalables, con interfaces simples y generales, donde los componentes se puedan actualizar o reemplazar sin afectar al resto. Organiza interacciones alrededor de recursos gestionados por métodos HTTP estándar, utilizando intermediarios como proxies, gateways, balanceadores de carga y firewalls para optimizar velocidad, seguridad e integración con sistemas heredados (Fielding, 2000).

**Simulación virtual:** El investigador Araujo (2022), describe la simulación virtual como un método diseñado para reemplazar o complementar las experiencias reales a través de actividades dirigidas que simulan o reproducen elementos esenciales del mundo real de forma interactiva. Esta técnica consiste en una representación artificial de procesos reales, que ofrece al estudiante la posibilidad de aprender y experimentar en un entorno seguro y controlado, fomentando un aprendizaje significativo. Además, se posiciona como una herramienta útil para replicar fenómenos o procesos similares a la realidad, evitando poner en riesgo a personas, equipos o sistemas.

### 3. DISEÑO METODOLOGICO

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se enmarcó en la investigación aplicada, cuyo propósito consistió en emplear el conocimiento científico para diseñar una solución concreta a una necesidad específica (Arispe et al., 2020). Se adoptó un enfoque mixto: por un lado, se aplicaron técnicas cuantitativas para procesar los datos ambientales recolectados por sensores y utilizarlos en el entrenamiento y la validación de modelos predictivos de Machine Learning; por otro, se emplearon técnicas cualitativas a estudiantes universitarios, con el fin de conocer su percepción sobre la viabilidad y la utilidad del sistema propuesto.

El desarrollo del sistema se estructuró en cuatro fases principales del ciclo de vida de software: planificación, diseño, desarrollo e implementación. En la fase de planificación se recopilaron y analizaron los requisitos, definiendo objetivos, alcance y criterios de éxito. Durante el diseño, se definió la arquitectura de microservicios (frontend React, API Spring Boot, microservicio FastAPI y base de datos) y se detallaron las interfaces, flujos de información y patrones de diseño (Observer Pattern). En la etapa de desarrollo, las tareas se organizaron en Sprints bajo SCRUM para garantizar entregables incrementales y ajustes continuos (Schwaber & Sutherland, 2020), mientras que el entrenamiento y validación de los modelos de Machine Learning se guiaron por CRISP-DM (comprensión del negocio, datos, preparación, modelado, evaluación e implementación) para procesar los datos ambientales reales y optimizar la precisión predictiva (Castillo, 2019). Finalmente, la implementación incluyó pruebas unitarias e integradas, despliegue en contenedores (Docker/Docker Compose), validación del desempeño del API y la fluidez de las animaciones 3D, asegurando un sistema robusto antes de su puesta en producción.

## 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En esta investigación se identificaron dos poblaciones distintas, alineadas con los objetivos del estudio. La primera estuvo compuesta por estudiantes de la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, quienes fueron encuestados para evaluar la viabilidad, aceptación y percepción del sistema propuesto. La segunda correspondió a los datos climáticos obtenidos por sensores ambientales, que fueron utilizados para entrenar y validar modelos predictivos.

### 3.2.1 Tamaño de la muestra de estudiantes

En fases iniciales de una investigación se deben identificar las unidades de análisis, es decir, los individuos que fueron fuente directa de información mediante la aplicación de instrumentos de recolección de datos (Ronquillo et al., 2024). En tal sentido, la muestra de estudiantes seleccionados permitió definir los requerimientos funcionales y evaluar la viabilidad del sistema propuesto. La población estuvo conformada por 2.594 estudiantes matriculados en la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, según datos del segundo semestre de 2024.

Según Arispe et al. (2020), el tamaño de la muestra depende del grado de precisión requerido, por lo general con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %. Bajo estos parámetros, se aplicó la fórmula para el cálculo en poblaciones finitas (Ecuación 1).

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza (1.96 para 95%)

p = Proporción de la población con el atributo deseado (0.5 si se desconoce)

q = Complemento de la proporción (q=1-p)

N = Tamaño de la población

e = Error máximo permitido (0.05)

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 2594}{0.05^2 \cdot (2549 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = 335$$

El cálculo realizado indicó que el tamaño adecuado de la muestra de estudiantes es de 335.

### **3.2.2 Datos meteorológicos**

Esta población de datos estuvo constituida por los registros recolectados por sensores meteorológicos cada cinco minutos, durante un periodo estimado de seis meses. La información se almacenó en una base de datos estructurada y se empleó como insumo para el entrenamiento de algoritmos de predicción.

Para la captura de estos datos se emplearon sensores individuales y las estaciones meteorológicas de referencia "Ambient Weather WS-2902" y "Netatmo Weather Station".

Las variables recolectadas fueron:

Número de registro

Fecha y hora

Intervalo de medición

Temperatura interior (°C)

Humedad interior (%)

Temperatura exterior (°C)

Humedad exterior (%)

Presión relativa (hPa)

Presión absoluta (hPa)  
Velocidad del viento (km/h)  
Ráfaga de viento (km/h)  
Dirección del viento  
Punto de rocío (°C)  
Sensación térmica (°C)  
Precipitación por hora (mm)  
Precipitación en 24 horas (mm)  
Precipitación semanal (mm)  
Precipitación mensual (mm)  
Precipitación total (mm)  
Nivel de luz (lux)  
Índice UV (UVI)  
Nivel de CO<sub>2</sub> (ppm)  
Ruido ambiental (dB)

### **3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se aplicó a la muestra de estudiantes una encuesta estructurada con enfoque mixto, esto para la toma de algunos requerimientos funcionales y medir la viabilidad del sistema propuesto. Además, se utilizaron sensores ambientales y registros meteorológicos como fuentes de datos para el posterior entrenamiento de los modelos predictivos.

#### **3.3.1 Instrumentos cuantitativos**

Se recopilaron datos climáticos mediante sensores y la API de OpenWeatherMap en formato JSON y se almacenaron para su posterior procesamiento, además se recogió cuantitativamente la percepción de los estudiantes mediante algunas preguntas numéricas en la encuesta.

Los datos meteorológicos se normalizaron con MinMaxScaler (escalador mínimo-máximo) para entrenar una Red Neuronal LSTM (Long Short-Term Memory, Memoria a Largo Plazo) usando el optimizador Adam y MSE (Mean Squared Error, Error Cuadrático Medio) como función de pérdida. El desempeño se evaluó calculando el MSE en el conjunto de prueba, el MAE (Mean Absolute Error, Error Absoluto Medio) por variable en escala normalizada y, tras invertir el escalado, el error absoluto en unidades reales (por ejemplo, grados Celsius y porcentaje de humedad). El modelo final se eligió según el balance óptimo entre MSE y MAE por variable.

### **3.3.2 Instrumentos cualitativos**

Se aplicó una encuesta semiestructurada para explorar percepciones de los estudiantes sobre la viabilidad, funcionalidad y necesidades del sistema propuesto. Esto permitió identificar barreras, oportunidades y ajustes requeridos en el diseño funcional.

Asimismo, los sensores recolectaron algunas variables ambientales del tipo cadena de texto, como la dirección del viento.

## **3.4 HIPÓTESIS**

Una hipótesis de investigación, según (Gomez, 2009), es una conjetura o explicación tentativa del fenómeno investigado que se formula como una proposición. Debe ser susceptible de ser probada empíricamente y funciona como una guía para la investigación, ya que indica lo que se busca o se intenta probar.

### **3.4.1 Hipótesis de la investigación**

La implementación de una API RESTful con Machine Learning en una casa inteligente mejorara la anticipación y respuesta proactiva a condiciones climáticas.

## **3.5 VARIABLES**

Según Lerma (2009), las variables representan características observables y medibles que pueden cambiar entre unidades de análisis o a lo largo del tiempo. En el marco de esta investigación, las variables se agruparon en dos tipos principales: independientes, que actuaron como factores causales o de entrada en el sistema, y dependientes, que reflejaron los efectos o resultados esperados tras la implementación del sistema inteligente.

### **3.5.1 Variables independientes**

Se dividieron en dos grandes categorías:

#### **Variables ambientales (recolectadas por sensores en tiempo real):**

Condiciones climáticas: Temperatura interior/exterior (°C), Humedad interior/exterior (%), Presiones (hPa), Viento (velocidad, ráfaga, dirección), Punto de rocío, Sensación térmica, Precipitaciones, Radiación lumínica, Índice UV, CO<sub>2</sub>, Ruido ambiental.

#### **Variables técnicas del sistema:**

Tiempo de respuesta ante eventos climáticos

Frecuencia de muestreo

Precisión del modelo

### **3.5.2 Variables dependientes**

Efectividad técnica del sistema automatizado, medida por su capacidad para anticipar y ejecutar acciones adecuadas ante condiciones ambientales cambiantes.

## **3.6 ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE DATOS**

El análisis de datos permite organizar la información recolectada y obtener conclusiones relevantes. Según Gómez (2009), el enfoque analítico depende de los tipos de datos: el análisis cuantitativo emplea herramientas estadísticas para describir y relacionar variables, mientras que el cualitativo se centra en interpretaciones temáticas.

Se aplicó estadística descriptiva para examinar patrones climáticos y percepciones estudiantiles, y análisis inferencial como correlación de Pearson o regresión logística para explorar relaciones entre variables. Los resultados cuantitativos se presentaron en tablas y gráficos, y los cualitativos se categorizaron según temas emergentes.

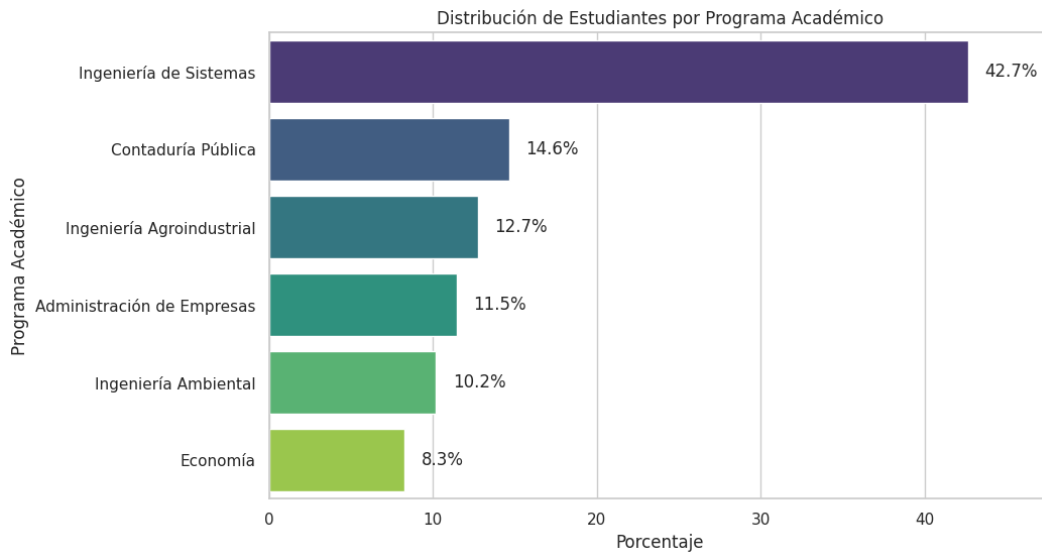
### **3.6.1 Análisis de las respuestas de la encuesta**

A continuación, se presenta el análisis de las respuestas obtenidas en la encuesta del sistema de automatización y predicción climática propuesto. El análisis de las encuestas permitirá evaluar la viabilidad percibida del sistema, así como su aceptación por parte de los usuarios. Las respuestas proporcionarán información clave para ajustar el diseño funcional y validar su pertinencia dentro del entorno universitario.

### Pregunta 1. ¿Cuál es su programa académico?

Aunque el sistema de automatización y predicción climática impacta a toda la comunidad universitaria, la Figura 6 evidencia que la mayoría de las respuestas provienen de estudiantes de Ingeniería de Sistemas, lo que sugiere un mayor interés desde el enfoque tecnológico. Sin embargo, la participación de otras áreas demuestra que el proyecto es relevante más allá de lo técnico. Estos datos permitirán correlacionar la viabilidad o aprobación del sistema según los diferentes programas académicos, brindando una visión más completa de su aceptación e impacto.

Figura 6.  
Resultados Pregunta 1 ¿Cuál es su programa académico?



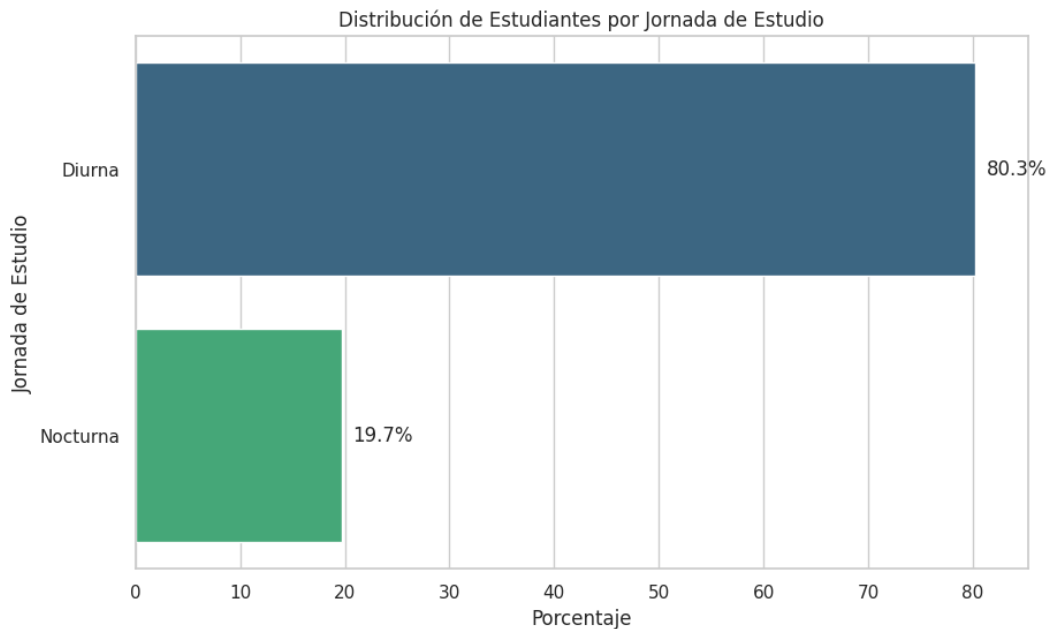
Fuente: Elaboración propia.

## Pregunta 2 ¿Cuál es su jornada de estudio?

Teniendo en cuenta que las condiciones climáticas varían según la jornada, afectando factores como temperatura, humedad y visibilidad, lo que hace relevante analizar su impacto en los estudiantes diurnos y nocturnos. La Figura 7 exhibe que la mayoría de las respuestas provienen de la jornada diurna, lo que refleja una mayor representación en la encuesta, pero también se cuenta con estudiantes de la jornada nocturna, que enfrenta desafíos adicionales como menor iluminación y cambios térmicos. Estos datos permitirán correlacionar la percepción de viabilidad del sistema con las diferencias climáticas entre ambas jornadas, optimizando su implementación para mejorar confort y seguridad.

Figura 7.

Resultados Pregunta 2 ¿Cuál es su jornada de estudio?



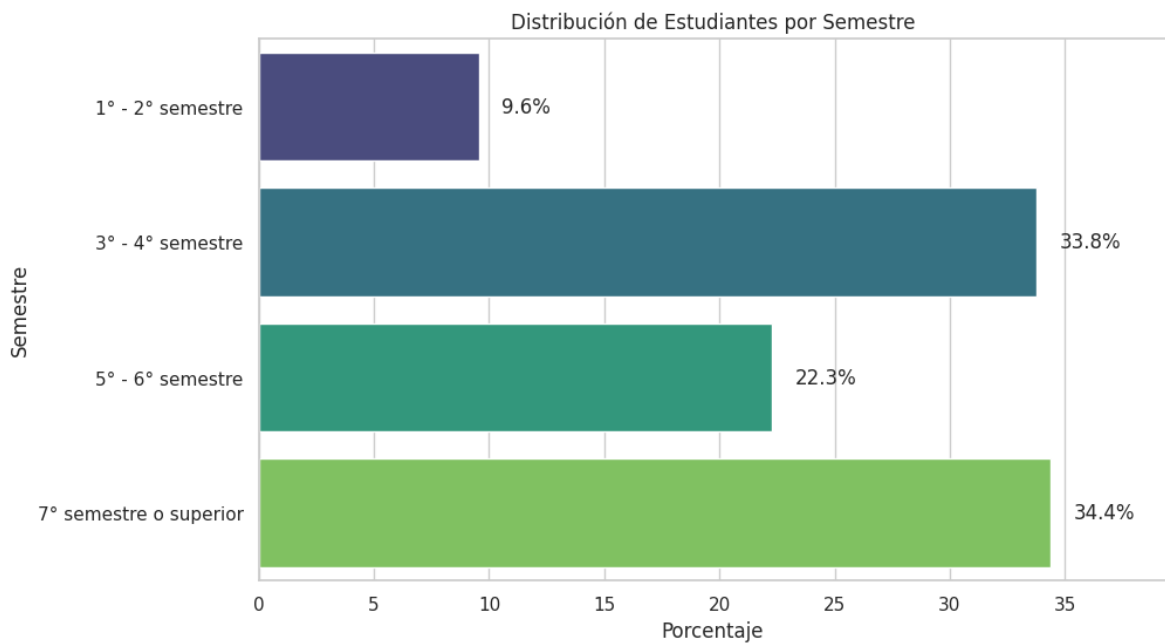
Fuente: Elaboración propia.

### Pregunta 3 ¿En qué semestre se encuentra actualmente?

En la Figura 8 se puede analizar la percepción del sistema de automatización y predicción climática según el nivel de formación académica. Los resultados muestran una mayor participación de estudiantes de semestres avanzados, lo que es favorable para la investigación, ya que poseen un mejor conocimiento de la infraestructura universitaria y la necesidad de optimizar las condiciones climáticas del campus. No obstante, la participación de estudiantes de semestres iniciales también es valiosa, pues aporta una visión menos influenciada por la costumbre a las condiciones.

Figura 8.

Resultados Pregunta 3 ¿En qué semestre se encuentra actualmente?



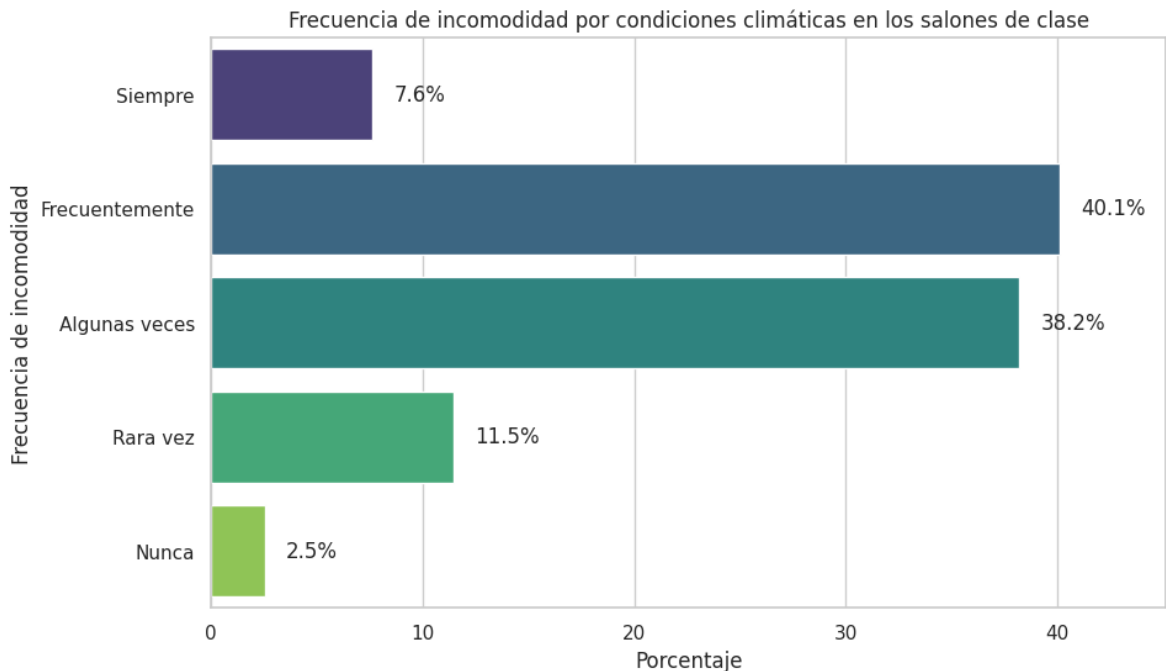
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 4 ¿Con qué frecuencia experimenta incomodidades relacionadas con las condiciones climáticas en los salones de clase?**

La pregunta en la Figura 9 mide la recurrencia de incomodidades climáticas en los salones, un factor clave para justificar la implementación del sistema. La mayoría de los encuestados reporta experimentar estas molestias con frecuencia o algunas veces, lo que indica que las condiciones actuales no son óptimas y afectan la comodidad en el aprendizaje. Aunque un grupo reducido manifiesta raras o ninguna incomodidad, los resultados reflejan una necesidad generalizada de mejorar el ambiente en las aulas.

Figura 9.

Resultados Pregunta 4 ¿Con qué frecuencia experimenta incomodidades relacionadas con las condiciones climáticas en los salones de clase?



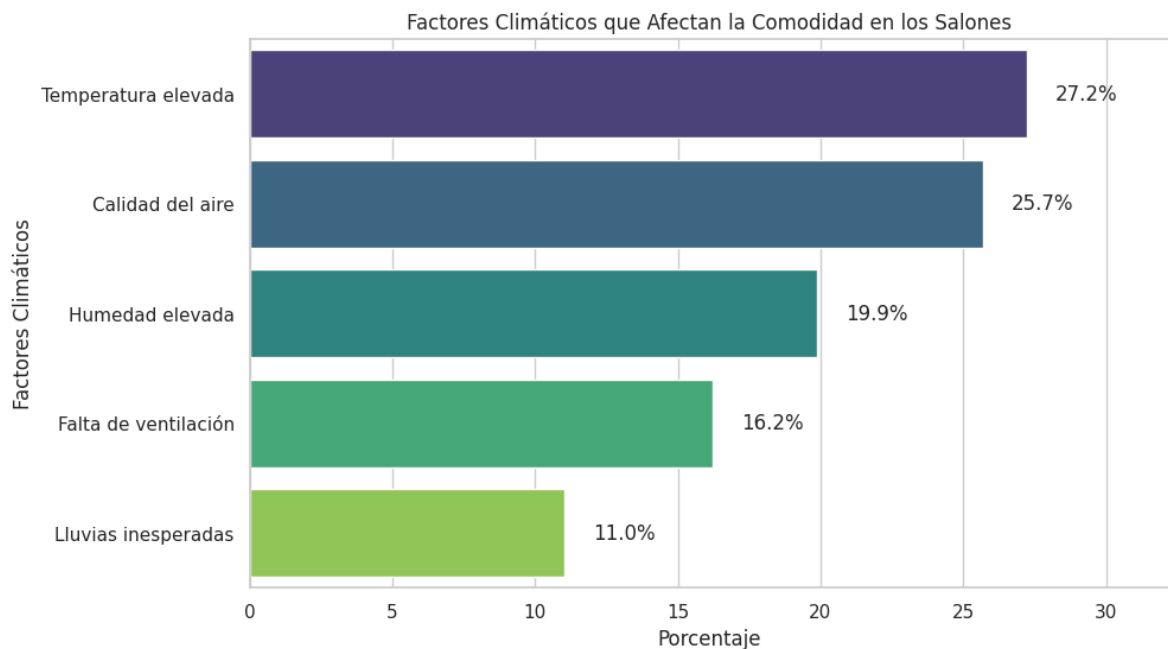
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 5 ¿Qué factores climáticos afectan más su comodidad en los salones? (Seleccione todas las que apliquen)**

Los datos en la Figura 10 confirman que la temperatura elevada y la calidad del aire son los factores climáticos que más afectan la comodidad en los salones, lo que resalta la importancia de regular estas condiciones. La humedad y la falta de ventilación también representan problemas significativos, lo que sugiere la necesidad de mejorar la circulación de aire en las aulas. Aunque las lluvias inesperadas afectan en menor medida, su impacto puede estar relacionado con filtraciones o cambios bruscos en la temperatura. Estos hallazgos refuerzan la relevancia de implementar un sistema automatizado que optimice el ambiente en función de estas variables.

Figura 10.

Resultados Pregunta 5 ¿Qué factores climáticos afectan más su comodidad en los salones?



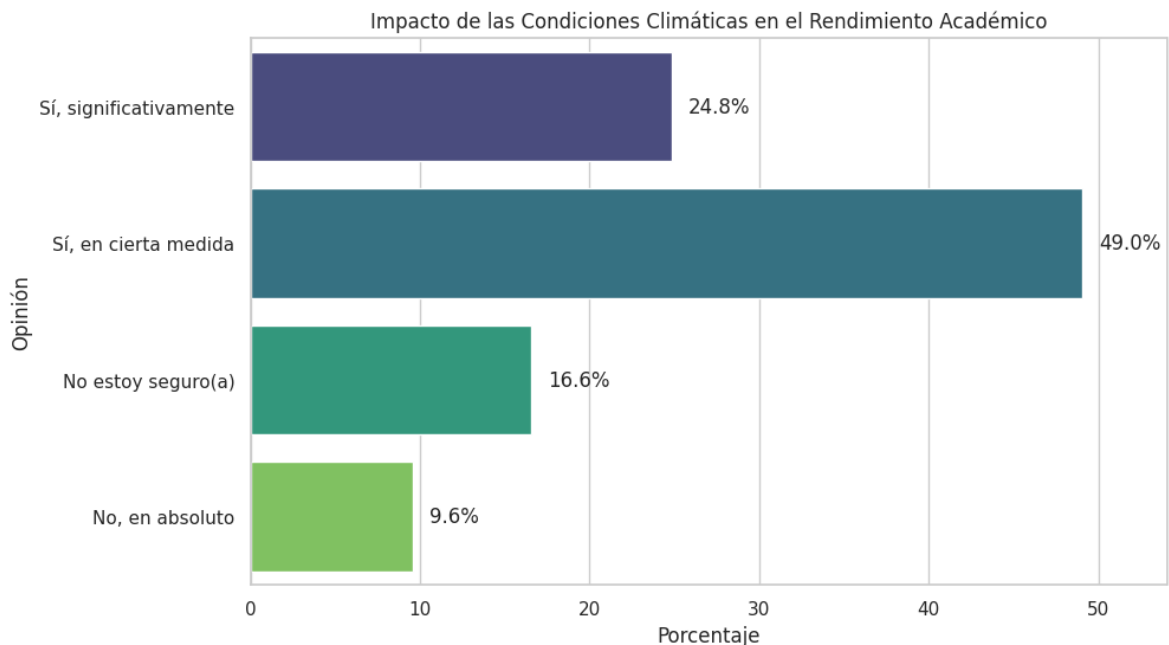
Fuente: Elaboración propia.

### Pregunta 6 ¿Considera que las condiciones climáticas afectan su rendimiento académico?

Según los resultados contenidos en la Figura 11 la mayoría de los encuestados considera que las condiciones climáticas afectan su rendimiento académico, ya sea significativamente o en cierta medida, lo que evidencia la relevancia de este factor en el proceso de aprendizaje. Un grupo menor expresó incertidumbre sobre este impacto, mientras que una minoría cree que no influye en absoluto. Estos resultados refuerzan la necesidad de un sistema automatizado que regule las variables climáticas, ya que optimizar el ambiente en los salones podría contribuir a mejorar la concentración, el confort y, en consecuencia, el desempeño académico de los estudiantes.

Figura 11.

Resultados Pregunta 6 ¿Considera que las condiciones climáticas afectan su rendimiento académico?



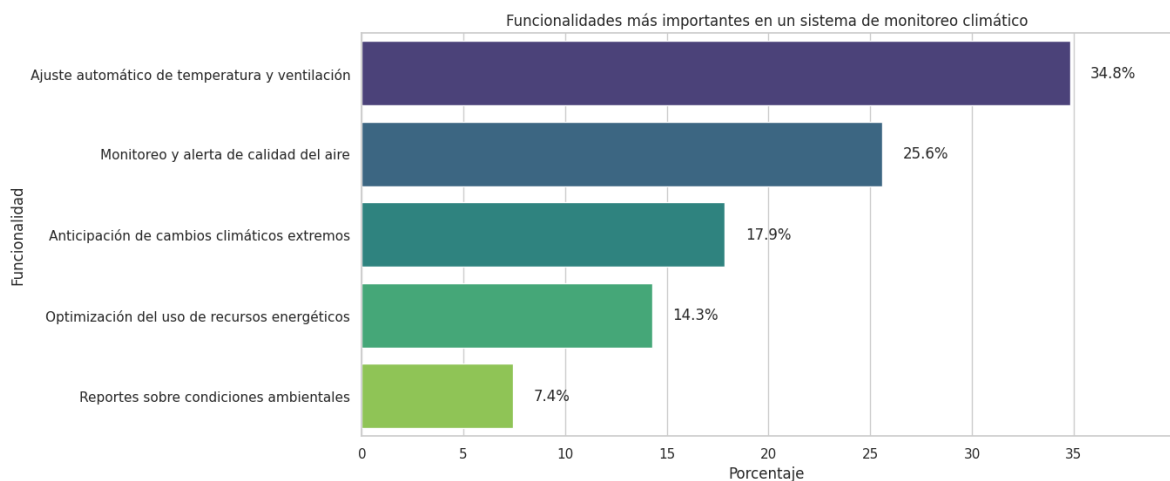
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 7 ¿Qué funcionalidades considera más importantes en un sistema de monitoreo climático para espacios académicos? (Seleccione todas las que apliquen)**

Los resultados observables en la Figura 12 indican que la funcionalidad más valorada en un sistema de monitoreo climático es el ajuste automático de temperatura y ventilación, lo que resalta la prioridad de mejorar el confort en los espacios académicos. Le siguen el monitoreo y alerta de la calidad del aire y la anticipación de cambios climáticos extremos, aspectos clave para garantizar un ambiente saludable y seguro. La optimización del uso de recursos energéticos también es considerada relevante, aunque en menor medida, al igual que los reportes sobre condiciones ambientales. Estos hallazgos permiten orientar el desarrollo del sistema hacia las necesidades más apremiantes de la comunidad universitaria.

Figura 12.

Resultados Pregunta 7 ¿Qué funcionalidades considera más importantes en un sistema de monitoreo climático para espacios académicos?



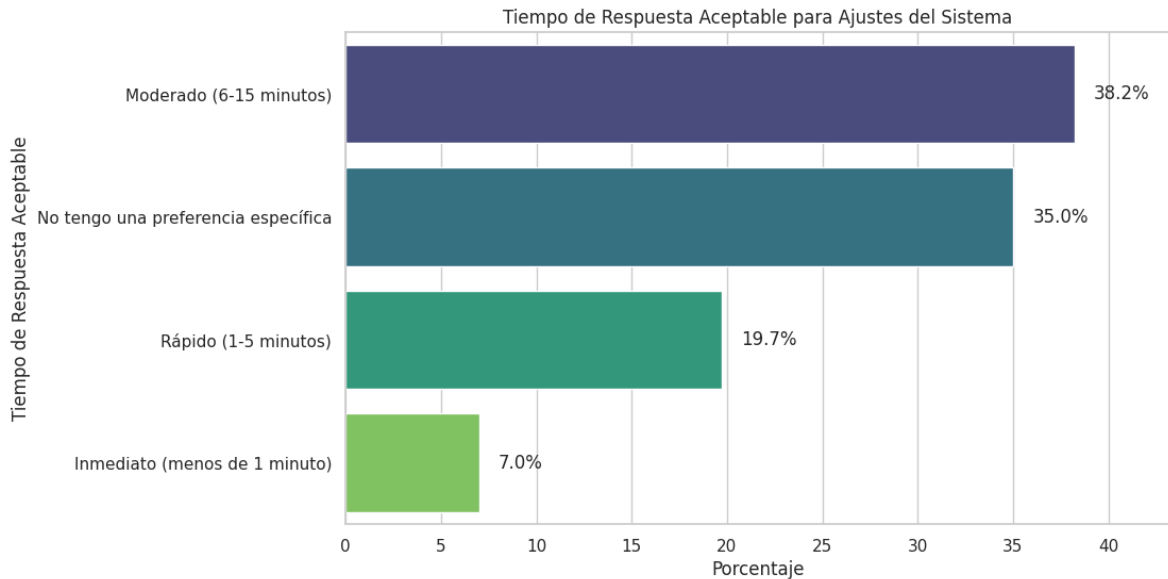
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 8 ¿Qué tiempo de respuesta considera aceptable para que el sistema realice ajustes ante un cambio climático?**

Los resultados evidenciados en la Figura 13 muestran que la mayoría de los encuestados prefieren un tiempo de respuesta moderado (6-15 minutos), lo que sugiere que valoran un equilibrio entre precisión y rapidez en el sistema de monitoreo. Un porcentaje significativo no tiene una preferencia específica, lo que indica que la percepción sobre la urgencia del sistema puede variar según el contexto. Por otro lado, una menor proporción prefiere respuestas rápidas (1-5 minutos) o inmediatas (menos de 1 minuto), lo que sugiere que, aunque la inmediatez es deseable, no es la principal preocupación de los usuarios.

Figura 13.

Resultados Pregunta 8 ¿Qué tiempo de respuesta considera aceptable para que el sistema realice ajustes ante un cambio climático?



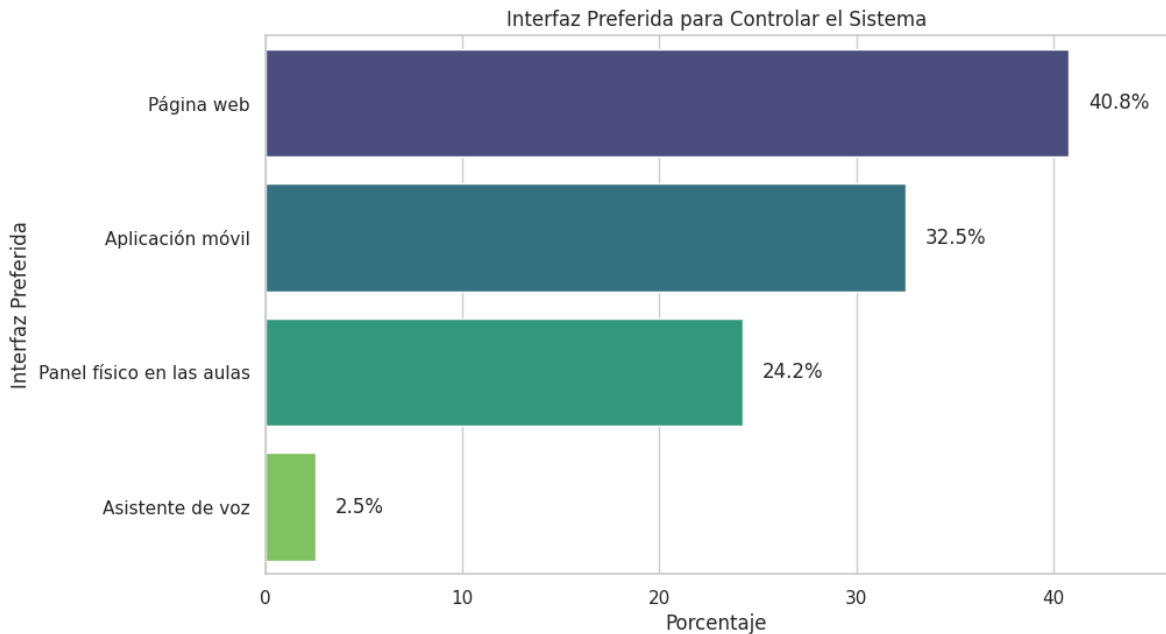
Fuente: Elaboración propia.

### Pregunta 9 ¿Qué interfaz considera más adecuada para controlar el sistema?

Los resultados en la Figura 14 indican que la opción preferida para controlar el sistema es una página web, elegida por el 40.8 % de los encuestados, lo que sugiere que los usuarios valoran el acceso desde distintos dispositivos sin necesidad de una instalación adicional. La aplicación móvil también es una opción popular (32.5 %), reflejando la tendencia hacia la comodidad y disponibilidad en smartphones. Un panel físico en las aulas es considerado útil por el 24.2 %, mientras que el asistente de voz obtuvo la menor preferencia (2.5 %), lo que sugiere que esta tecnología aún no es vista como la más práctica para este tipo de sistema. Estos resultados pueden orientar el desarrollo de una interfaz que combine accesibilidad y facilidad de uso.

Figura 14.

Resultados Pregunta 9 ¿Qué interfaz considera más adecuada para controlar el sistema?



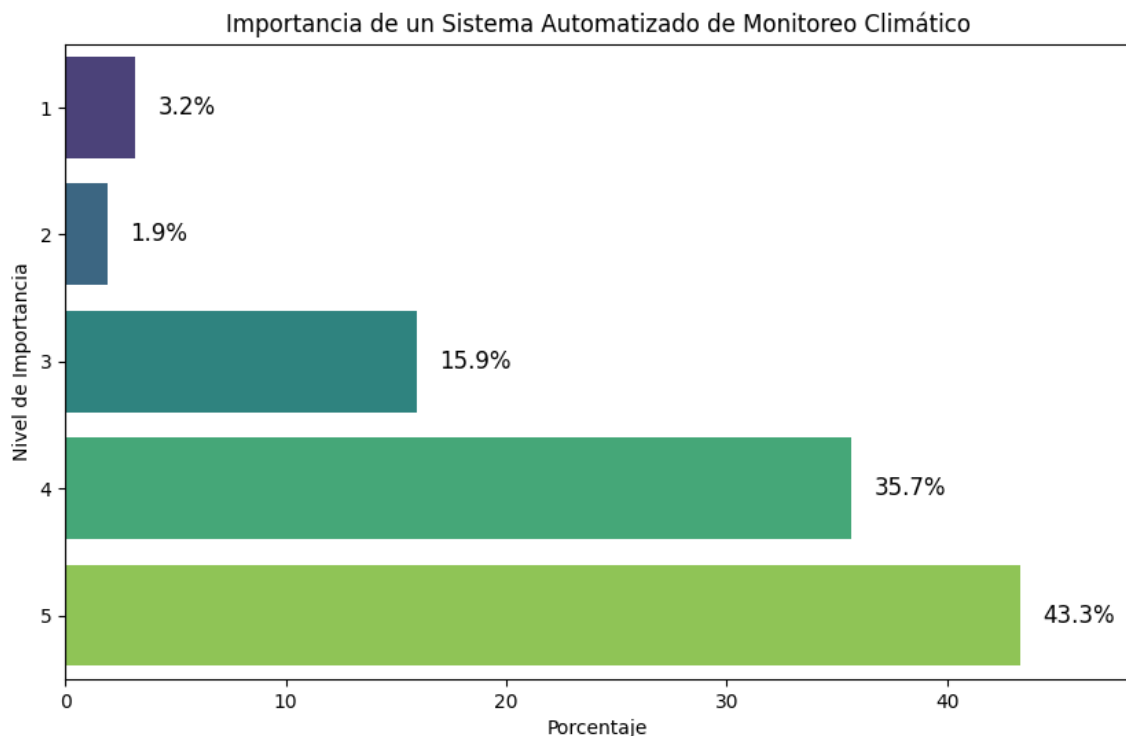
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 10 ¿Qué tan importante considera implementar un sistema automatizado de monitoreo climático en los salones de clase? (1: Nada importante, 5: Muy importante)**

Los resultados en la Figura 15 reflejan un alto nivel de aceptación hacia la implementación de un sistema automatizado de monitoreo climático en los salones de clase. El 43.3 % de los encuestados lo considera "muy importante" y el 35.7 % lo califica con un 4 en la escala de importancia, lo que indica que más del 79 % de los participantes valoran positivamente la iniciativa. Solo un pequeño porcentaje (5.1 %) lo considera poco o nada importante. Estos datos respaldan la viabilidad del proyecto y sugieren un fuerte interés en mejorar las condiciones ambientales en los espacios académicos.

Figura 15.

Resultados Pregunta 10 ¿Qué tan importante considera implementar un sistema automatizado de monitoreo climático en los salones de clase?



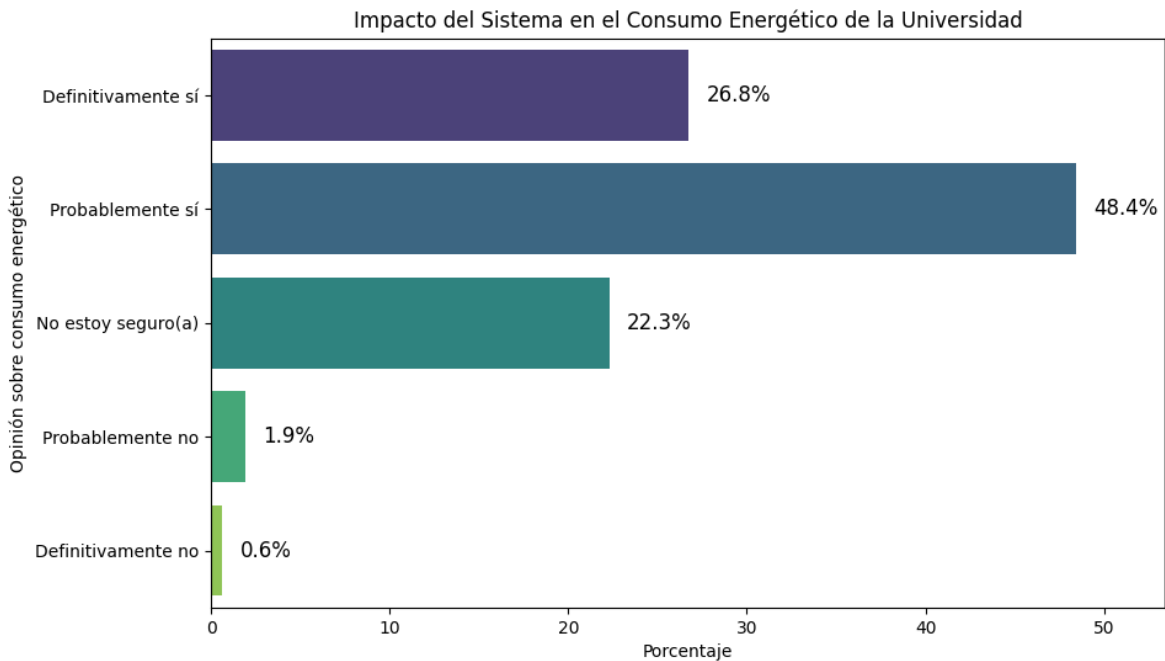
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 11 ¿Cree que este sistema contribuiría a reducir el consumo energético de la universidad?**

La mayoría de los encuestados en la Figura 16 considera que la implementación del sistema automatizado contribuiría a reducir el consumo energético en la universidad. Un 48.4 % está completamente seguro de que tendría un impacto positivo, mientras que un 26.7 % lo considera probable. En contraste, solo un 2.5 % cree que no generaría beneficios en este aspecto. Estos resultados refuerzan la percepción de que un monitoreo climático automatizado no solo mejoraría la comodidad en las aulas, sino que también optimizaría el uso de los recursos energéticos.

Figura 16.

Resultados Pregunta 11 ¿Cree que este sistema contribuiría a reducir el consumo energético de la universidad?



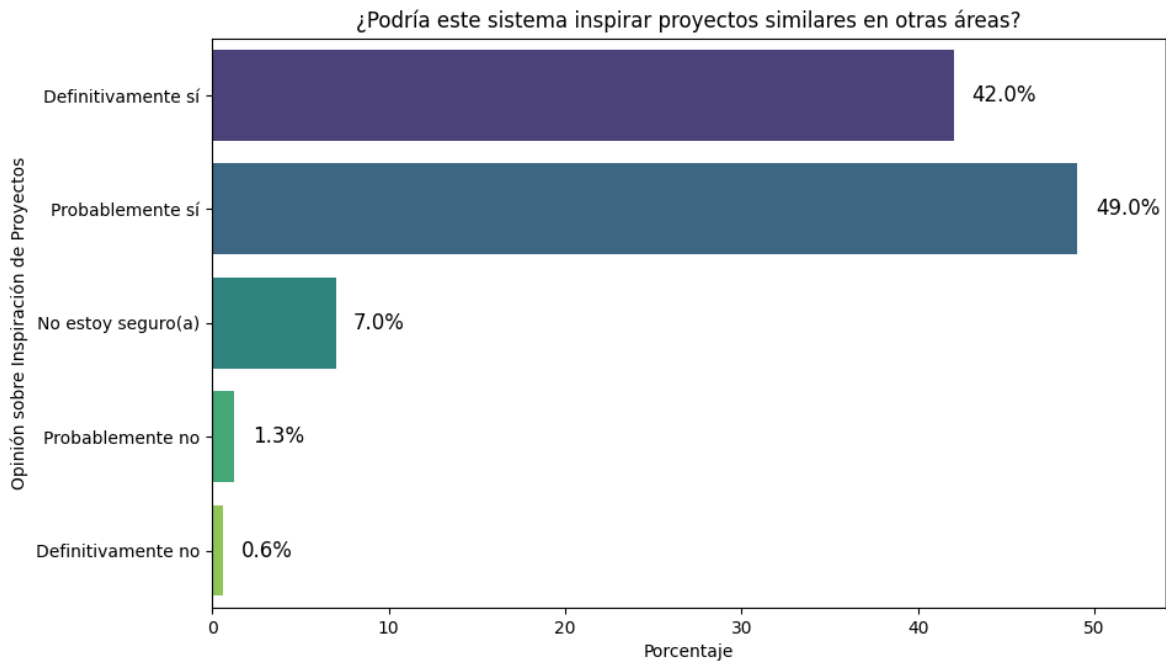
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 12 ¿Considera que este tipo de sistemas podría inspirar el desarrollo de proyectos similares en otras áreas de la universidad?**

Los resultados en la Figura 17 indican el potencial inspirador del sistema propuesto en el desarrollo de proyectos similares dentro de la universidad. Un 49 % de los encuestados está completamente seguro de que la implementación del sistema podría motivar nuevas iniciativas, mientras que un 42 % lo considera probable. Solo un 1.9 % expresa dudas o escepticismo al respecto. Esto sugiere que la automatización y monitoreo climático no solo beneficiaría las condiciones en las aulas, sino que también podría servir como modelo para innovaciones en otras áreas del campus.

Figura 17.

Resultados Pregunta 12 ¿Considera que este tipo de sistemas podría inspirar el desarrollo de proyectos similares en otras áreas de la universidad?



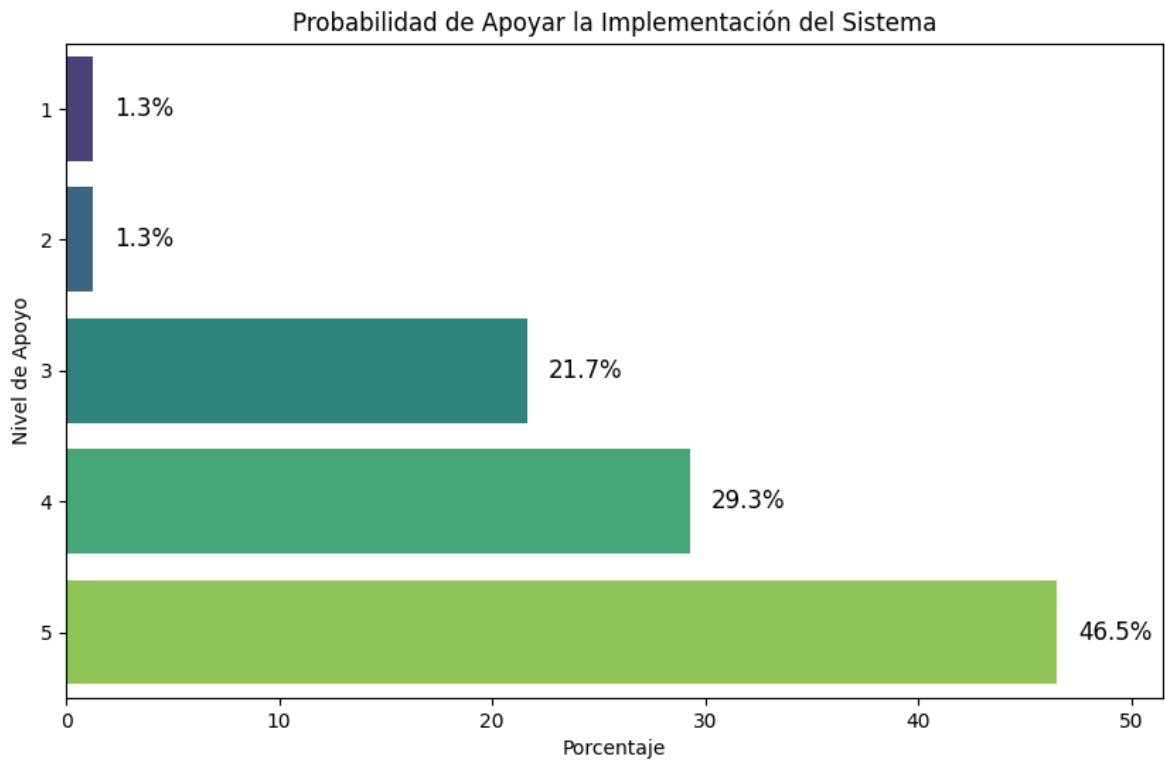
Fuente: Elaboración propia.

**Pregunta 13 ¿Qué tan probable es que apoye la implementación de este sistema en su sede universitaria? (1: Nada probable, 5: Muy probable)**

En la Figura 18 la mayoría de los encuestados muestra una alta disposición a apoyar la implementación del sistema, con un 75.8 % ubicándose en niveles 4 y 5 de probabilidad. Solo un 2.5 % expresó baja intención de respaldo (niveles 1 y 2), mientras que un 21.6 % adoptó una postura intermedia. Esto indica que, aunque el proyecto cuenta con un fuerte respaldo, aún existen dudas en una parte de la comunidad, lo que resalta la importancia de estrategias de divulgación para fortalecer su aceptación y comprensión.

Figura 18.

Resultados Pregunta 13 ¿Qué tan probable es que apoye la implementación de este sistema en su sede universitaria?



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la encuesta muestran que la comunidad universitaria está abierta a la implementación de un sistema de monitoreo climático, reconociendo su potencial para mejorar la comodidad en los salones y optimizar el uso de recursos. Factores como la temperatura, la calidad del aire y la ventilación fueron señalados como los principales inconvenientes, lo que refuerza la necesidad de una solución inteligente. Además, muchos ven este proyecto como un punto de partida para otras innovaciones dentro de la universidad. Aunque la mayoría apoya la iniciativa, todavía hay quienes tienen dudas, lo que indica la importancia de comunicar mejor sus beneficios. Estos hallazgos permitirán ajustar la propuesta para que realmente responda a las necesidades de los estudiantes y docentes, asegurando su éxito e impacto positivo en el campus.

## **4. ESQUEMA TEMATICO**

El desarrollo de la aplicación web que integra la obtención de datos meteorológicos, la ejecución de predicciones automáticas y la implementación de animaciones 3D para simular las acciones del sistema, se estructuró conforme a las fases del ciclo de vida de software, alineándose con los objetivos del proyecto y organizando las tareas en sprints cortos bajo la metodología Scrum. A continuación, se exponen los resultados de cada fase, detallando las actividades realizadas y los avances alcanzados en cada etapa.

### **4.1 Planificación del Proyecto**

La planificación constituye la fase inicial en el desarrollo de software y tiene como propósito establecer los objetivos, el alcance y las limitaciones del proyecto. En el contexto de esta investigación, dicha etapa sienta las bases para que los actores involucrados (stakeholders) tomen decisiones informadas y administren de manera efectiva la creación del sistema propuesto. Esto implica detectar posibles problemas y mitigar riesgos desde el comienzo. Asimismo, abarca una descripción general del proceso, la organización del equipo, los entregables previstos y la asignación de recursos, orientando de forma clara el desarrollo inicial (Rajlich, 2011).

#### **4.1.1. Objetivos y Alcance**

Implementar un sistema de automatización residencial que, a partir de datos meteorológicos en tiempo real, genere acciones automáticas (abre/cierra ventanas, enciende/apaga aire acondicionado, ajusta iluminación) y las represente mediante animaciones 3D en la interfaz web.

### 4.1.2 Gestión de Riesgos

El proyecto integra varios componentes críticos (frontend en React con animaciones 3D, API RESTful en Spring Boot, microservicio de predicción en FastAPI y consumo de datos en tiempo real desde OpenWeatherMap), lo que implica desafíos en la integración, el entrenamiento y despliegue del modelo de Machine Learning, la comunicación entre servicios y el rendimiento de las animaciones. A continuación, se presenta la Tabla 2 con los principales riesgos identificados y las estrategias propuestas para su mitigación.

Tabla 2. Gestión de Riesgos del proyecto

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Plan de Mitigación
Cambios en la versión de la API de OpenWeatherMap	Media	Bajo (cambio de endpoints o formatos JSON)	Monitorear la documentación oficial, implementar variables de entorno para la URL base y adaptar rápidamente el consumo.
Sobreajuste (overfitting) del modelo LSTM	Media-Alta	Medio (predicciones poco generalizables)	Emplear validación cruzada, regularización (dropout) y ajuste de hiperparámetros.
Problemas de CORS o seguridad en Spring Boot	Media	Medio (fallos en la comunicación frontend-backend)	Configurar correctamente las políticas de CORS, probar con múltiples entornos y documentar las cabeceras requeridas.

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Plan de Mitigación
Dificultad para integrar animaciones 3D en React	Media	Alto (experiencia de usuario comprometida)	Investigar y seleccionar librería consolidada (Three.js), crear prototipos tempranos y validar rendimiento en navegadores.
Sobrecarga de peticiones a FastAPI	Baja-Media	Medio (latencia en la predicción, tiempos elevados)	Implementar colas (p. ej., Redis) o cachear predicciones frecuentes; escalar el microservicio según demanda.
Retrasos en la obtención de datos reales	Baja	Bajo	Utilizar datos históricos simulados como respaldo y mostrar mensaje de espera al usuario mientras se reciben datos.

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.3 Recopilación y análisis de requisitos

Siguiendo la estructura iterativa de la metodología SCRUM, se llevó a cabo un proceso de levantamiento y análisis de requisitos funcionales y no funcionales necesarios para el desarrollo del sistema inteligente. Esta recolección de requerimientos se realizó durante la fase inicial del ciclo de vida del software, planeación (Sprint 0), y se consideraron tanto observaciones técnicas como resultados derivados de las encuestas aplicadas a estudiantes universitarios.

Esta etapa de recolección de requerimientos fue fundamental para la creación del Product Backlog y la planificación de los sprints subsiguientes, permitiendo que el

desarrollo del sistema se alinee con las necesidades técnicas identificadas y las expectativas de los usuarios finales.

Los requerimientos presentados en la Tabla 3 resumen las principales funciones que debe tener la aplicación web.

Tabla 3. Requisitos Funcionales

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>
RF01	El sistema debe recolectar datos climáticos y mostrar (temperatura, humedad) desde sensores físicos.
RF02	El sistema debe almacenar los datos recolectados en una base de datos.
RF03	El sistema debe mostrar los datos del clima en tiempo real.
RF04	El sistema debe determinar automáticamente una acción basada en las condiciones climáticas recibidas.
RF05	El sistema debe enviar una respuesta al módulo visual con la acción a ejecutar.
RF06	El sistema debe representar gráficamente en 3D la acción ejecutada en la interfaz web (abrir/cerrar, según el dispositivo).
RF07	El sistema debe tener modo manual y modo inteligente.
RF08	El sistema debe adaptarse automáticamente ante nuevas condiciones climáticas aprendidas.
RF09	El sistema debe permitir al usuario configurar alertas personalizadas ante condiciones climáticas específicas.
RF10	El sistema debe ofrecer visualizaciones estadísticas del clima recolectado y decisiones tomadas.

Fuente: elaboración propia.

Los requerimientos no funcionales establecen las características de calidad que el sistema debe cumplir, como serían el rendimiento del API RESTful, disponibilidad de las predicciones, fluidez de las animaciones 3D y tolerancia a fallos en la comunicación entre microservicios. La Tabla 4 establece los requerimientos no funcionales del sistema.

Tabla 4. Requisitos no funcionales

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>
RNF01	El sistema debe ser rápido.
RNF02	El sistema debe estar funcionando todo el tiempo.
RNF03	El sistema debe proteger los datos del usuario.
RNF04	El sistema debe poder crecer si se necesita usar con más salones o sensores.
RNF05	El sistema debe ser fácil de arreglar y mejorar.
RNF06	El sistema debe funcionar bien en cualquier navegador web.
RNF07	El sistema debe guardar lo que hace y si ocurre algún error.
RNF08	El sistema debe usar formatos de datos fáciles de entender como JSON.
RNF09	El sistema debe ser fácil de conectar con otros programas o servicios.
RNF10	El sistema debe tener una guía para saber cómo usarlo.

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.4. Historias de usuarios.**

A continuación, se presentan las tablas que describen las historias de usuario del sistema, incluyendo sus criterios de aceptación y la prioridad correspondiente.

Tabla 5. Historia de Usuario HU01 – Recolección y visualización de datos climáticos

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU01
<b>Título</b>	Recolección y visualización de datos climáticos
<b>Objetivos asociados</b>	Permitir la recolección y visualización automática de datos climáticos (temperatura, humedad y lluvia) desde OpenWeatherMap.
<b>Descripción (User Story)</b>	Como usuario, deseo que la interfaz obtenga continuamente valores de temperatura, humedad y lluvia desde <a href="https://api.openweathermap.org">api.openweathermap.org</a> , para monitorear el clima en tiempo real.
<b>Precondición</b>	Conexión a Internet y clave válida para OpenWeatherMap.
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La interfaz web solicita el reporte climático actual a OpenWeatherMap.</li> <li>2. OpenWeatherMap envía el último reporte disponible.</li> <li>3. La interfaz recibe y muestra los datos en tarjetas.</li> <li>4. La interfaz actualiza los datos cada minuto.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El usuario ve en la interfaz los datos climáticos más recientes de OpenWeatherMap.
<b>Excepción</b>	Si OpenWeatherMap no responde o la clave es inválida, la interfaz muestra “Servicio meteorológico no disponible”.
<b>Rendimiento</b>	Cada consulta debe completarse en $\leq 5$ segundos para procesar y mostrar los datos.
<b>Frecuencia esperada</b>	Una solicitud a OpenWeatherMap cada minuto.
<b>Importancia</b>	Alta

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Historia de Usuario HU02 – Almacenamiento de Datos Climáticos

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU02
<b>Título</b>	Almacenamiento de datos climáticos
<b>Objetivos asociados</b>	Garantizar la persistencia y disponibilidad de los datos recolectados (individuales o en intervalos) para su consulta en tiempo real o histórico.
<b>Descripción (User Story)</b>	Como usuario del sistema, deseo que los datos climáticos que recibe la interfaz (ya sea un reporte individual o un lote en intervalos) se almacenen en la base de datos, para poder consultarlos y analizarlos posteriormente.
<b>Precondición</b>	Conexión a Internet y clave válida para OpenWeatherMap; el backend (API RESTful) debe estar activo y sincronizado con la base de datos.
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La interfaz envía un reporte individual o un lote de datos al backend.</li> <li>2. El backend valida el formato y la consistencia de los datos.</li> <li>3. El backend guarda cada registro (o lote) en la base de datos.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Los datos (individuales o por intervalos) quedan almacenados correctamente en la base de datos, listos para su consulta en tiempo real o para análisis históricos.
<b>Flujo alternativo / Excepción</b>	Si falla la conexión a la base de datos, el backend registra el error en el log y notifica al administrador del sistema, evitando la pérdida de datos y reintentando el almacenamiento más tarde.
<b>Rendimiento</b>	El sistema debe procesar y almacenar cada reporte individual en menos de 1 minuto; en el caso de lotes, el tiempo total no debe exceder los 2 minutos por cada 10 registros.

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Frecuencia esperada</b>	Una operación de almacenamiento cada vez que la interfaz reciba nuevos datos (individual) o al finalizar cada intervalo (aprox. 1 lote cada 3 minutos).
<b>Importancia</b>	Alta

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Historia de Usuario HU03 – Agregar y configurar dispositivos en sala

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU03
<b>Título</b>	Agregar y configurar dispositivos en sala
<b>Objetivos asociados</b>	Permitir al usuario registrar y parametrizar dispositivos (aire acondicionado, ventana, lámpara) en un edificio y sala específicos, para que luego puedan ser controlados mediante predicciones o disparadores.
<b>Descripción (User Story)</b>	Como usuario, deseo seleccionar un edificio y una sala, agregar dispositivos (aire acondicionado, ventana o lámpara) y configurar sus estados (abierto/cerrado, encendido/apagado, niveles), de modo que el sistema pueda controlarlos automáticamente.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario ha iniciado sesión y tiene permisos para añadir dispositivos.</li> <li>• Existen edificios y salas definidos en el sistema.</li> </ul>
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario elige un edificio y una sala.</li> <li>2. El sistema muestra los tipos de dispositivo disponibles (aire acondicionado, ventana, lámpara).</li> <li>3. El usuario selecciona un dispositivo para agregar.</li> </ol>

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
	<p>4. El sistema carga el dispositivo y sus parámetros por defecto en la sala.</p> <p>6. El sistema actualiza la lista de dispositivos activos en la sala para uso en predicciones y disparadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El dispositivo queda registrado en la sala con la configuración especificada.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema puede enviar órdenes a ese dispositivo según predicciones o disparadores (por ejemplo, “cerrar ventana” o “ajustar luz al 50 %”).</li> </ul>
<b>Flujo alternativo / Excepción</b>	El usuario puede ajustar los estados o remover el dispositivo de la sala en cualquier momento.
<b>Rendimiento</b>	El registro y la configuración de un dispositivo deben visualizarse de manera inmediata en la sala.
<b>Frecuencia esperada</b>	Cada vez que se añade un nuevo dispositivo o se modifica su configuración en una sala.
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Comentarios</b>	Esta configuración es esencial para habilitar el modo inteligente y los disparadores, ya que define los componentes físicos sobre los cuales el sistema actuará.

---

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Historia de Usuario HU04 - Solicitud de Predicción

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU04
<b>Título</b>	Solicitud de predicción
<b>Objetivos asociados</b>	Analizar datos en tiempo real y generar predicciones automáticas sobre el siguiente estado climático usando una ventana móvil de cinco reportes.
<b>Descripción (User Story)</b>	Como usuario del sistema, deseo que, una vez almacenados continuamente cinco reportes meteorológicos recientes, el frontend envíe esos cinco registros al backend, se solicite la predicción al modelo entrenado y que la nueva predicción se cargue automáticamente en el sistema para su visualización.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al menos cinco reportes meteorológicos consecutivos han sido almacenados en la base de datos.</li> <li>• El microservicio FastAPI debe tener cargado el modelo entrenado y estar disponible para recibir solicitudes.</li> </ul>
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La interfaz web monitorea el buffer de reportes y, al alcanzar cinco registros, envía la solicitud de predicción al API de Spring Boot (orquestador).</li> <li>2. El API de Spring Boot recupera esos cinco reportes de la base de datos y los envía al endpoint de FastAPI.</li> <li>3. FastAPI recibe los cinco reportes, ejecuta la inferencia y devuelve al API de Spring Boot la predicción del siguiente registro.</li> <li>4. El API de Spring Boot guarda la predicción en la base de datos y retorna la nueva predicción al frontend.</li> </ol>

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
	<p>5. El frontend despliega la predicción en la interfaz y desplaza el buffer, eliminando el reporte más antiguo (posición 1) para que el siguiente reporte entrante ocupe la posición 5.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una nueva predicción climática ha sido generada y almacenada.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario visualiza la predicción más reciente en la interfaz.</li> <li>• El buffer móvil se ha desplazado para aguardar el próximo conjunto de cinco reportes.</li> <li>• Si FastAPI devuelve un error o no responde, el API de Spring Boot puede:</li> </ul>
<b>Flujo alternativo / Excepción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Devolver la última predicción válida almacenada.</li> <li>– Registrar el error en el log y notificar al administrador.</li> <li>• El tiempo de inferencia en FastAPI no debe exceder 2 segundos.</li> </ul>
<b>Rendimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El procesamiento completo (recuperación de cinco registros, inferencia y retorno) debe completarse en menos de 5 segundos tras la solicitud del frontend.</li> </ul>
<b>Frecuencia esperada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una solicitud de predicción cada vez que se acumulen cinco nuevos reportes (aprox. cada 5 minutos).</li> </ul>
<b>Importancia</b>	Alta
<b>Comentarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ventana móvil se desplaza tras cada solicitud, manteniendo siempre cinco registros consecutivos.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Historia de Usuario HU05 – Modo acción según predicción climática

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU05
<b>Título</b>	Determinación automática de acción según clima
<b>Objetivos asociados</b>	Automatizar la toma de decisiones basadas en la predicción climática para controlar los dispositivos de la sala.
<b>Descripción (User Story)</b>	Una vez recibida la predicción climática en el frontend, el sistema interprete esos datos y seleccione la acción lógica a ejecutar (abrir/cerrar ventana, encender/apagar aire o luz, ajustar niveles) para los dispositivos de la sala.
<b>Precondición</b>	Se cuenta con una predicción climática válida en el frontend y el conjunto de reglas para determinar acciones está cargado.
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El sistema recibe la predicción climática.</li> <li>2. Interpreta esos datos según reglas definidas (p. ej., umbrales de temperatura y humedad).</li> <li>3. Selecciona la acción apropiada para cada dispositivo de la sala.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Se genera una orden de acción para cada dispositivo, lista para ser enviada al módulo de visualización 3D.
<b>Flujo alternativo / Excepción</b>	Si la predicción llega incompleta o se detecta un error en el análisis, el sistema registra el evento en el log y mantiene el estado anterior de los dispositivos sin generar nueva acción.
<b>Rendimiento</b>	La acción debe determinarse en un tiempo no mayor a 2 segundos desde la recepción de la predicción.
<b>Frecuencia esperada</b>	Una evaluación de acción cada vez que se reciba una nueva predicción climática (aprox. cada 3 a 5 minutos).
<b>Importancia</b>	Alta

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Historia de Usuario HU06 – Visualización 3D de acción ejecutada

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU06
<b>Título</b>	Visualización 3D de acción según clima
<b>Objetivos asociados</b>	Mostrar en la interfaz web, mediante animaciones 3D, la acción que el sistema determinó en función de la predicción climática.
<b>Descripción (User Story)</b>	El sistema procesa la orden de acción generada por el sistema (p. ej., abrir ventana, encender aire, ajustar nivel de luz) y reproduce en 3D la animación correspondiente.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe una orden de acción válida.</li> <li>• El módulo de visualización 3D está cargado y los activos (modelos/animaciones) están disponibles.</li> </ul>
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El módulo de visualización 3D recibe la orden de acción.</li> <li>2. Selecciona la animación 3D correspondiente (abrir/cerrar dispositivo, ajustar niveles).</li> <li>3. Reproduce la animación en la interfaz web.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El usuario observa en pantalla la animación 3D de la acción ejecutada, reflejando el cambio de estado de los dispositivos en la sala.
<b>Flujo alternativo / Excepción</b>	Si falta la animación 3D u ocurre un error en su carga, el sistema muestra un mensaje de “Visualización no disponible” y registra el evento en el log.
<b>Rendimiento</b>	El inicio de la animación 3D no debe tardar más de 2 segundos desde que se recibe la orden de acción.
<b>Frecuencia esperada</b>	Una reproducción de animación 3D cada vez que se genere una acción nueva (aprox. cada 3 a 5 minutos).
<b>Importancia</b>	Alta

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Historia de Usuario HU07 - Configuración y activación de disparadores climáticos

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU07
<b>Título</b>	Configuración y activación de disparadores climáticos
<b>Objetivos asociados</b>	<p>Permitir al usuario definir condiciones específicas basadas en variables climáticas para que, al cumplirse, se ejecute automáticamente una acción en el dispositivo configurado.</p>
<b>Descripción (User Story)</b>	<p>Como usuario, deseo configurar un disparador estableciendo qué dispositivo debe actuar (por ejemplo, aire acondicionado, ventana o luz), qué variables climáticas considerar (temperatura, humedad, etc.) y los umbrales; así, cuando esos valores se alcancen, el sistema ejecute la acción en tiempo real.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario ha iniciado sesión y tiene permisos para crear disparadores.</li> </ul>
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen dispositivos registrados en la sala.</li> <li>• Los datos climáticos (temperatura, humedad, etc.) llegan continuamente al sistema.</li> </ul>
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al módulo de configuración de disparadores.</li> <li>2. Se selecciona un dispositivo (aire, ventana o luz).</li> <li>3. Se eligen variables climáticas y se establecen umbrales (por ejemplo, temp <math>\geq</math> 30 °C y humedad <math>\geq</math> 70%).</li> <li>4. El usuario define la acción a realizar (encender/apagar/ajustar nivel).</li> <li>5. El sistema guarda la regla de disparador.</li> <li>6. El sistema monitorea los datos en tiempo real y, al cumplirse la condición, activa la acción configurada.</li> </ol>

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El disparador queda registrado y el sistema está pendiente de la(s) condición(es).</li> <li>• Al cumplirse la condición definida, el dispositivo ejecuta la acción automáticamente.</li> <li>• Si el usuario no selecciona un dispositivo o no define correctamente los umbrales, el sistema muestra un mensaje de error solicitando completar los campos.</li> </ul>
<b>Flujo alternativo / Excepción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si al momento de activarse el disparador el dispositivo no está disponible o hubo error en comunicación, se registra el fallo en el log y se notifica al usuario.</li> </ul>
<b>Rendimiento</b>	La detección de la condición y la ejecución de la acción deben ocurrir en un máximo de 2 segundos desde la llegada del dato climático que cumple el umbral.
<b>Frecuencia esperada</b>	Evaluación continua de los disparadores en cada lectura de datos climáticos (aprox. cada 1–5 minutos, según frecuencia de actualización).
<b>Importancia</b>	Alta

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Historia de Usuario HU08 – Visualización de estadísticas de rendimiento del modelo

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Código</b>	HU08
<b>Título</b>	Visualización de estadísticas de rendimiento del modelo
<b>Objetivos asociados</b>	Mostrar gráficos comparativos entre valores predichos y reales para evaluar la precisión del modelo en cada variable climática.

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Descripción (User Story)</b>	<p>Como usuario, deseo acceder a una vista donde se presenten gráficos lineales que muestren, a lo largo del tiempo, los valores reales y los predichos de cada variable (temperatura, humedad, etc.), para apreciar visualmente la precisión del modelo.</p>
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen datos históricos de predicción y valores reales almacenados en la base de datos.</li> <li>• El frontend dispone de la librería de gráficos configurada.</li> </ul>
<b>Flujo normal de eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción “Estadísticas de rendimiento” en el menú.</li> <li>2. El frontend solicita al backend los datos de predicciones y valores reales por variable.</li> <li>3. El backend recupera los registros correspondientes.</li> <li>4. El frontend genera, para cada variable, un gráfico lineal con dos series (predicho vs real) a lo largo del tiempo.</li> <li>5. La interfaz muestra los gráficos, permitiendo identificar fácilmente si las predicciones están por encima o por debajo de los valores reales.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	<p>El usuario visualiza los gráficos de rendimiento del modelo para cada variable climática, pudiendo analizar patrones de desviación entre predicción y valor real.</p>
<b>Flujo alternativo / Excepción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si no hay datos suficientes (menos de 5 pares predicción-real), el sistema muestra un mensaje de “Datos insuficientes para generar la estadística”.</li> <li>• Si falla la consulta al backend, el frontend notifica “Error al cargar estadísticas” y sugiere reintentar.</li> </ul>
<b>Rendimiento</b>	<p>La generación y despliegue de cada gráfico debe completarse en menos de 3 segundos tras la solicitud para variables.</p>

<b>Campo</b>	<b>Detalle</b>
<b>Frecuencia esperada</b>	Cada vez que el usuario accede a la vista de estadísticas.
<b>Importancia</b>	Media-Alta

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.3. Casos de uso**

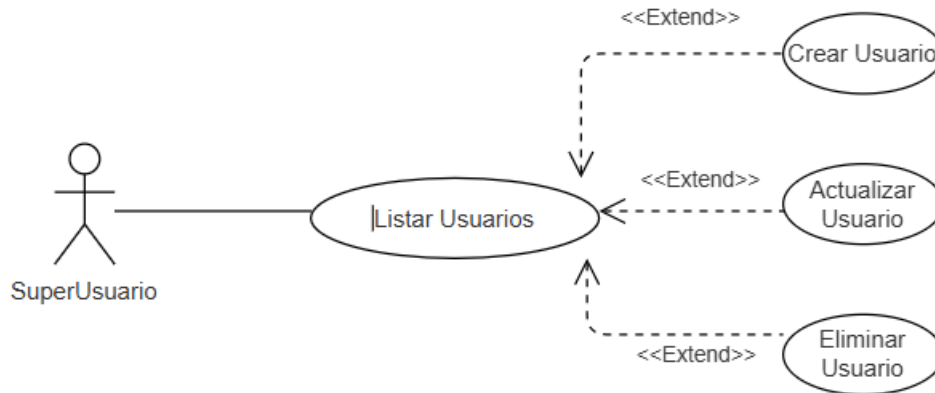
En esta investigación, los casos de uso permiten describir de forma estructurada las interacciones entre los actores (por ejemplo, el usuario del hogar inteligente) y el sistema, que integra la recolección de datos meteorológicos, la generación de predicciones y el control automático de dispositivos. Cada caso de uso representa una funcionalidad clave, por ejemplo, obtener datos en tiempo real, almacenar registros, solicitar predicciones o activar animaciones 3D, facilitando la identificación de los requisitos funcionales y orientando el diseño de la arquitectura distribuida en microservicios.

En la Figura 19 se presenta el caso de uso principal “Listar Usuarios”, al cual el actor SuperUsuario accede directamente para visualizar el conjunto de cuentas registradas en el sistema. A partir de este caso base, se extienden tres casos de uso opcionales con estereotipo «<<extend>>»:

- “Crear Usuario”, que permite al SuperUsuario registrar una nueva cuenta a partir de la lista mostrada.
- “Actualizar Usuario”, que habilita la modificación de los datos de un usuario seleccionado.
- “Eliminar Usuario”, que posibilita desactivar o borrar una cuenta existente.

Cada extensión solo se activa cuando el SuperUsuario elige explícitamente la opción correspondiente tras listar las cuentas, manteniendo el flujo de “Listar Usuarios” limpio y centrado en la visualización de la colección de usuarios.

Figura 19. Diagrama de casos de uso para gestión de usuarios



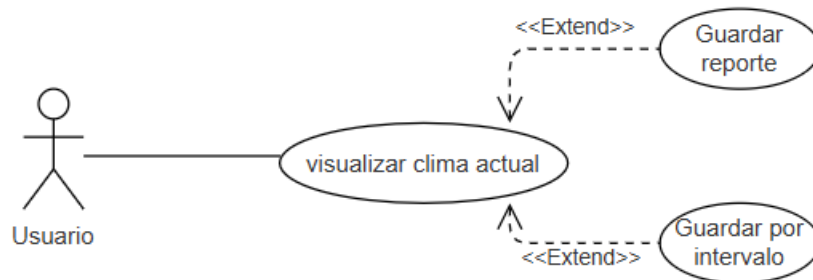
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 20 se presenta el caso de uso principal “Visualizar clima actual”, al cual el Usuario accede para consultar los valores climáticos en tiempo real. A partir de este caso base, se extienden dos casos de uso opcionales con estereotipo «<<extend>>»:

- “Guardar reporte”, que permite al usuario almacenar manualmente el reporte individual que está visualizando en pantalla.
- “Guardar por intervalo”, que habilita la persistencia automática de los reportes climáticos en intervalos regulares (por ejemplo, guardar los reportes en la próxima hora o día) para su posterior análisis histórico.

Cada extensión se activa solo cuando el usuario elige explícitamente la opción correspondiente tras visualizar el clima actual, manteniendo el flujo principal de visualización de datos limpio y centrado en la consulta en tiempo real.

Figura 20. Diagrama de casos de uso para visualización y almacenamiento de datos climáticos



Fuente: elaboración propia.

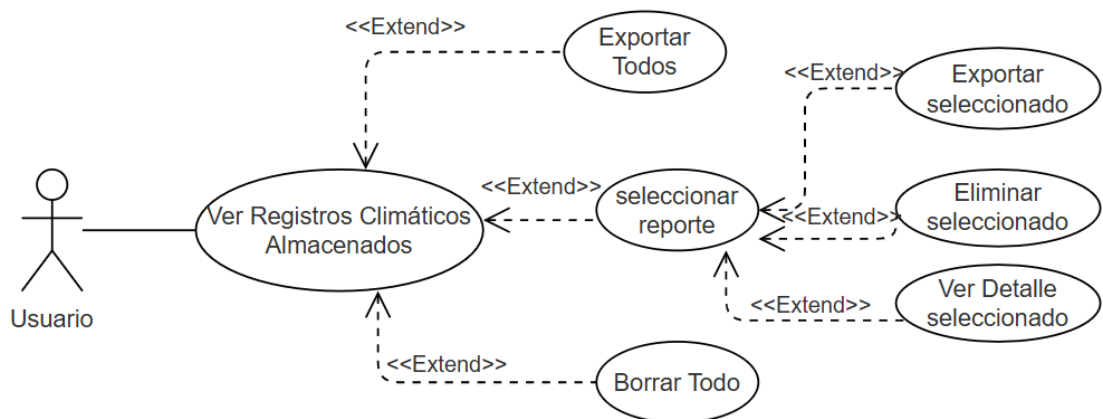
En la Figura 21 se presenta el caso de uso principal “Ver Registros Climáticos Almacenados”, al cual accede el Usuario para consultar en pantalla el conjunto completo de reportes meteorológicos guardados en la base de datos. A partir de este flujo base, se definen varios puntos de extensión (estereotipo «<<extend>>»):

- “Seleccionar Reporte”: al elegir un registro específico, el usuario habilita tres opciones adicionales:
  - “Ver Detalle Seleccionado”, que muestra la información completa de ese único reporte (hora, valores de temperatura, humedad, lluvia, etc.).
  - “Exportar Seleccionado”, que genera y descarga un archivo con los datos del reporte marcado.
  - “Eliminar Seleccionado”, que permite borrar ese registro de la base de datos.

- “Exportar Todos”: extiende el flujo principal para descargar en bloque todos los registros disponibles en la base de datos.
- “Borrar Todo”: habilita la eliminación masiva de todos los registros climáticos, dejando el repositorio de datos vacío.

De este modo, el caso de uso base permite una vista general del histórico, mientras que las extensiones facultan al usuario para ver detalles, exportar datos individuales, eliminar registros específicos o realizar operaciones masivas (exportar o borrar todo) según sus necesidades.

Figura 21. Diagrama de casos de uso para gestión de registros climáticos almacenados



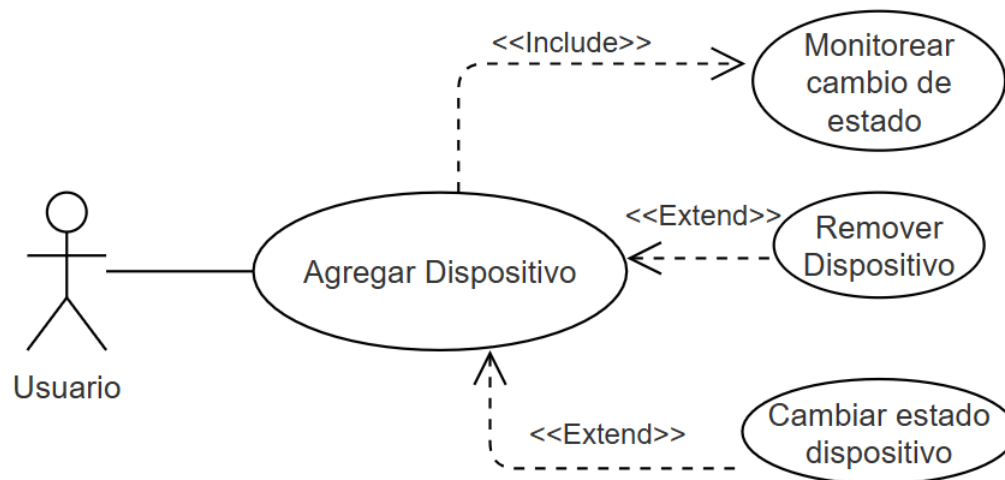
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 22 se observa el caso de uso principal “Agregar Dispositivo”, al cual accede el Usuario para registrar un nuevo dispositivo en la sala (por ejemplo, aire acondicionado, ventana o lámpara). Este caso de uso incluye el comportamiento “Monitorear cambio de estado”, que garantiza que, una vez agregado, el sistema empiece a observar cualquier variación en el estado del dispositivo. Además, desde “Agregar Dispositivo” se extienden de forma opcional dos funcionalidades:

- “Remove Dispositivo”, que permite eliminar un dispositivo previamente registrado.
- “Cambiar estado dispositivo”, que habilita la actualización manual del estado (abrir/cerrar, encender/apagar, ajustar nivel) del propio dispositivo.

De este modo, el flujo base “Agregar Dispositivo” no solo inserta el dispositivo en la base de datos, sino que también integra automáticamente su monitoreo, mientras que las extensiones facultan al usuario para retirar o modificar el estado de cualquier dispositivo registrado.

Figura 22. Diagrama de caso de uso para agregar y gestionar dispositivos



Fuente: elaboración propia.

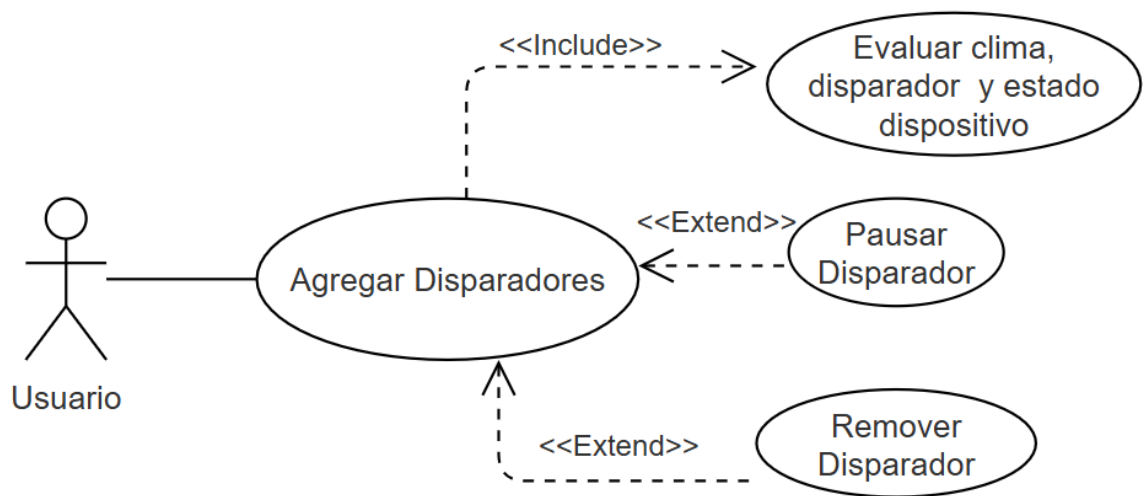
En la Figura 23 se presenta el caso de uso principal “Agregar Disparadores”, al cual accede el Usuario para definir reglas que vinculan condiciones climáticas con acciones sobre los dispositivos. Este caso de uso incluye la funcionalidad “Evaluar clima, disparador y estado dispositivo”, que revisa continuamente los valores meteorológicos (por ejemplo, temperatura y humedad), comprueba los disparadores

configurados y verifica el estado de cada dispositivo para decidir si se debe activar la acción correspondiente. Además, existen dos extensiones opcionales:

- “Pausar Disparador”, que permite suspender temporalmente un disparador activo sin eliminarlo, de modo que no se evalúe hasta que se reanude.
- “Remover Disparador”, que permite eliminar por completo una regla de disparo previamente creada.

En conjunto, el diagrama ilustra cómo el sistema integra el monitoreo constante del clima con la lógica de disparadores y ofrece al usuario la posibilidad de pausar o eliminar reglas según sea necesario.

Figura 23. Diagrama de caso de uso para agregar y gestionar disparadores



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 24 se presenta el caso de uso principal “Activar Monitoreo Inteligente”, al cual accede el Usuario para iniciar el control automatizado de la sala. Este caso de uso incluye las siguientes funcionalidades:

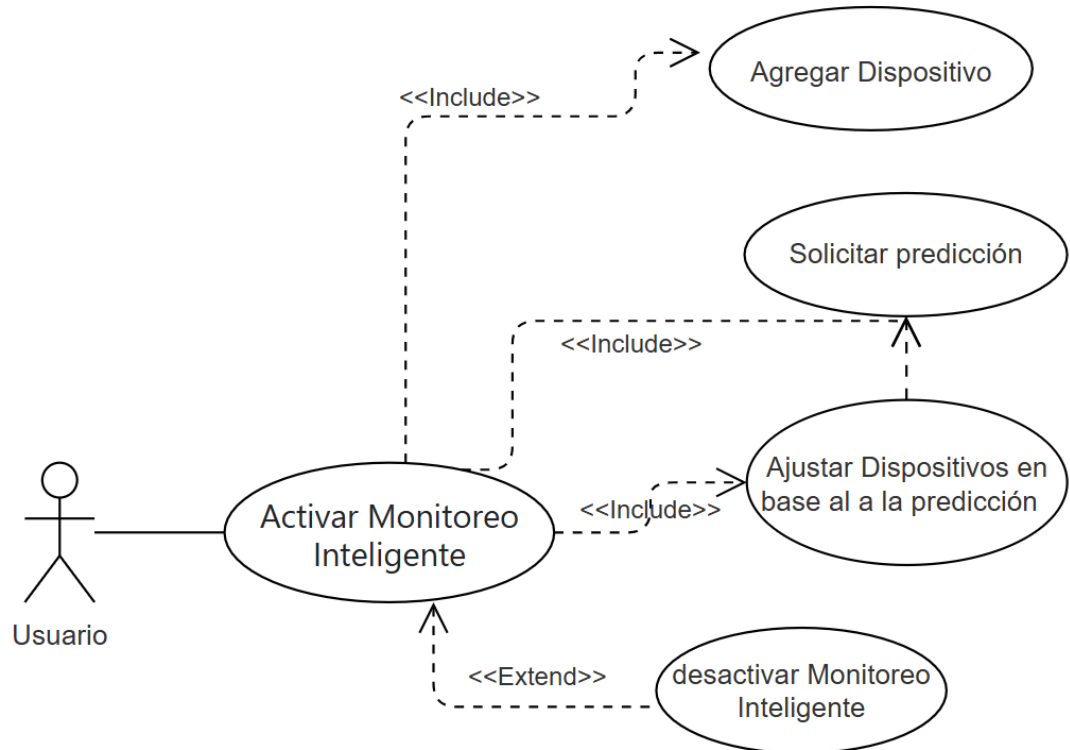
- “Agregar Dispositivo”, que permite registrar los dispositivos (aire acondicionado, ventanas, lámparas) sobre los cuales operará el monitoreo.
- “Solicitar Predicción”, que recupera, cada vez que hay cinco nuevos reportes meteorológicos, la predicción del siguiente estado climático desde el microservicio FastAPI.
- “Ajustar Dispositivos en base a la predicción”, que recibe la predicción climática y calcula la acción adecuada (abrir/cerrar, encender/apagar, ajustar nivel) para cada dispositivo en la sala.

Adicionalmente, existe un caso de uso opcional con estereotipo «<<extend>>»:

- “Desactivar Monitoreo Inteligente”, que permite al usuario detener temporalmente el control automatizado sin eliminar la configuración de dispositivos.

De este modo, “Activar Monitoreo Inteligente” integra todos los pasos necesarios — desde añadir dispositivos hasta ajustar su estado según las predicciones— para habilitar el modo inteligente del sistema.

Figura 24. Diagrama de caso de uso para “Activar Monitoreo Inteligente”



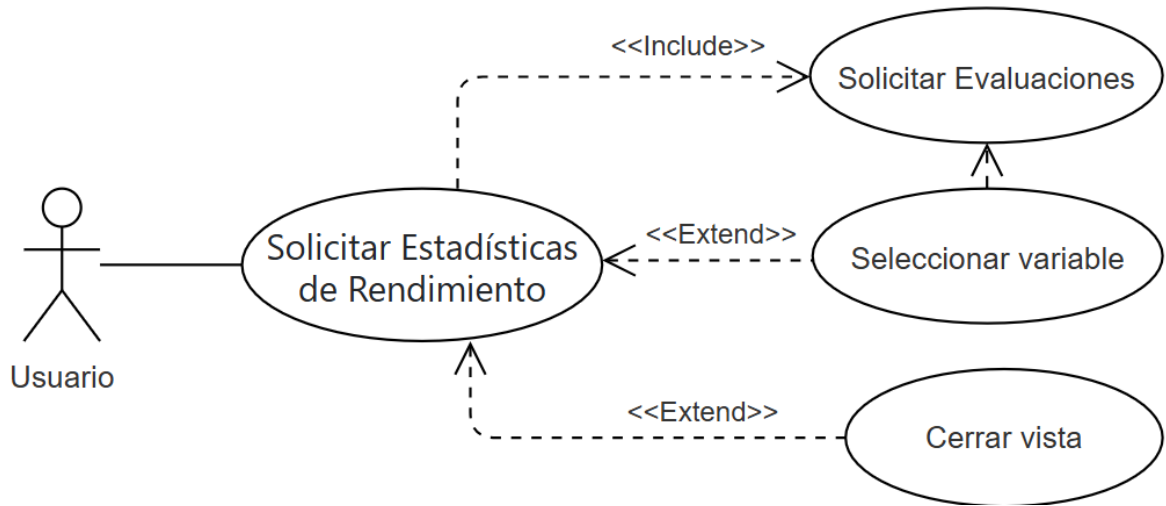
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 25 se presenta el caso de uso principal “Solicitar Estadísticas de Rendimiento”, donde el Usuario accede a la funcionalidad de análisis comparativo de valores predichos versus reales. Este caso de uso incluye la operación “Solicitar Evaluaciones”, que recupera los datos históricos necesarios para el cálculo de métricas de desempeño. Además, se definen dos puntos de extensión (estereotipo «<<extend>>»):

- “Seleccionar variable”, que permite al usuario elegir una variable específica (por ejemplo, temperatura o humedad) para filtrar el gráfico de rendimiento.
- “Cerrar vista”, que habilita finalizar la sesión de visualización de estadísticas y regresar al menú principal.

De este modo, “Solicitar Estadísticas de Rendimiento” orquesta la petición de evaluaciones al backend y ofrece al usuario la posibilidad de refinar la consulta por variable o cerrar la interfaz cuando termine de inspeccionar los resultados.

Figura 25. Diagrama de caso de uso para solicitud de estadísticas de rendimiento



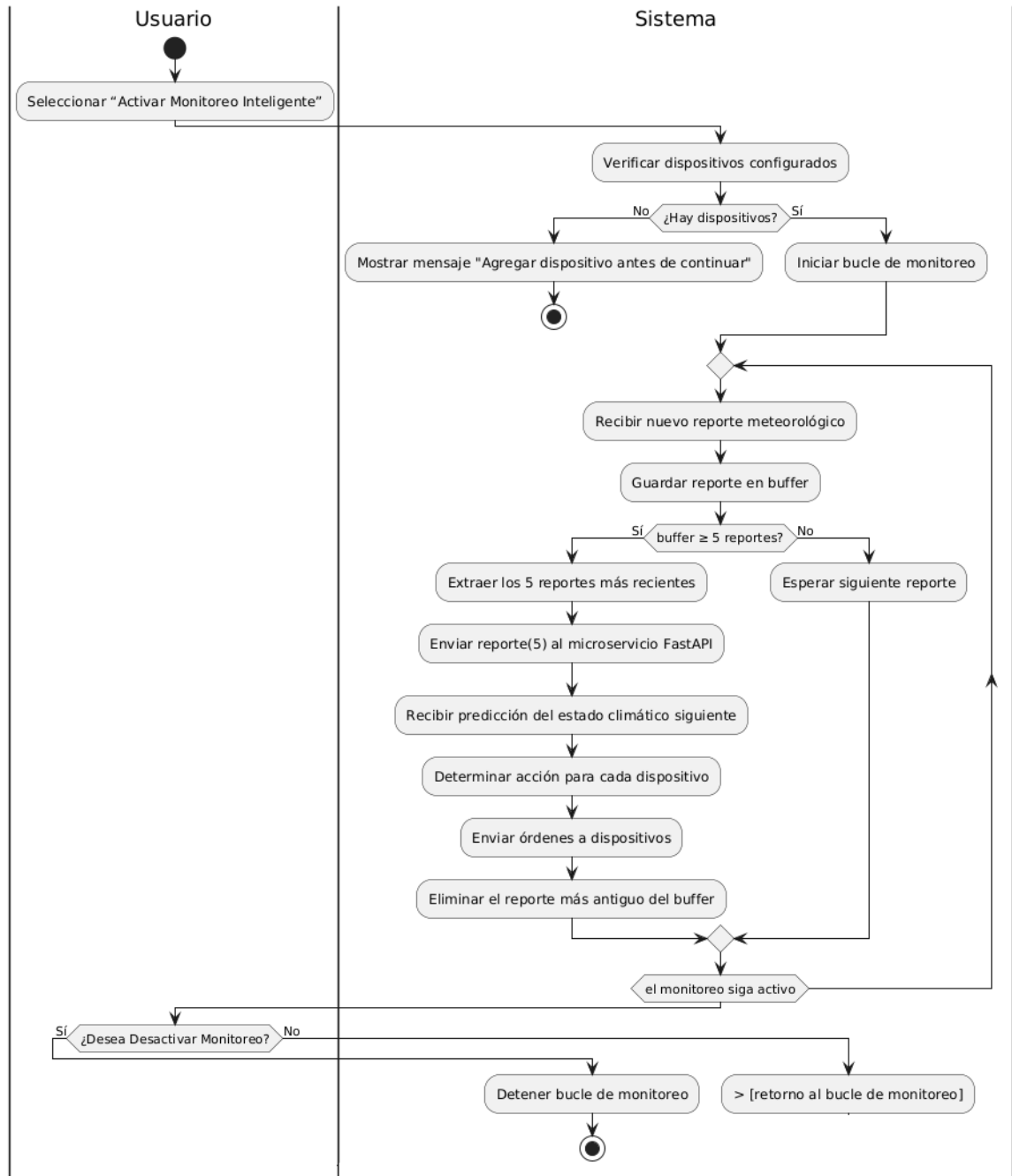
Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.4 Diagrama de actividades

En la Figura 26 se muestra el diagrama de actividades correspondiente al caso de uso “Activar Monitoreo Inteligente”. Este diagrama describe el flujo de trabajo que se inicia cuando el usuario selecciona la opción de monitoreo inteligente. Primero, el sistema verifica la existencia de dispositivos configurados; si no se han agregado, solicita al usuario incluir al menos uno antes de continuar. Una vez confirmados los dispositivos, el sistema entra en un bucle de monitoreo continuo: cada nuevo reporte meteorológico se almacena en un buffer, y cuando este acumula cinco registros, se envía la ventana móvil de cinco reportes al microservicio FastAPI para obtener la predicción del siguiente estado climático. A partir de dicha predicción, el sistema determina y envía las acciones correspondientes a cada dispositivo (abrir/cerrar, encender/apagar, ajustar niveles), descartando luego el reporte más antiguo para mantener siempre una ventana móvil de tamaño cinco. El monitoreo se mantiene

activo hasta que el usuario decide desactivarlo, momento en el cual el flujo se interrumpe y finaliza el proceso de monitoreo inteligente.

Figura 26. Diagrama de actividades para “Activar Monitoreo Inteligente”



Fuente: elaboración propia.

## 4.2 Diseño del Sistema

### 4.2.1 Arquitectura basada en microservicios

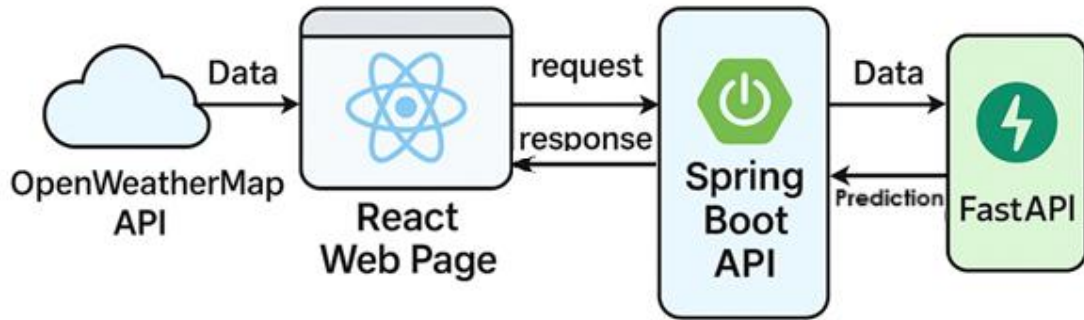
Desde la perspectiva del desarrollo de software, se adoptó una arquitectura basada en microservicios. El sistema se dividió en componentes con responsabilidades diferenciadas.

- Módulo de recolección de datos: captura información de sensores climáticos y consume la API de OpenWeatherMap para obtener reportes en tiempo real.
- Módulo de orquestación (API de Spring Boot): actúa como punto central de integración; recibe los datos meteorológicos desde el frontend, los envía al microservicio de predicción y retorna la respuesta a la interfaz de usuario.
- Módulo de procesamiento inteligente (FastAPI + ML): carga el modelo de Machine Learning, recibe los datos climáticos del API de Spring Boot y genera predicciones para anticipar eventos meteorológicos.
- Módulo de visualización: mediante una interfaz web desarrollada en React, presenta los reportes meteorológicos y simula, a través de videos 3D, las acciones automatizadas que debe ejecutar la casa inteligente.

Para que el sistema reaccionara automáticamente ante cambios en los datos en tiempo real, se implementó el patrón de diseño Observador (Observer Pattern), garantizando una respuesta dinámica, escalable y eficiente.

El sistema implementado corresponde a una arquitectura de microservicios, en la que cada componente opera como un servicio autónomo. El flujo de información entre los distintos servicios se ilustra en la Figura 27.

Figura 27. Arquitectura propuesta basada en servicios



Fuente: elaboración propia.

El sistema se organiza en cuatro componentes principales, cada uno con responsabilidades claramente delimitadas. La interfaz de usuario (React) se encarga de presentar el reporte meteorológico al usuario y de capturar sus interacciones (por ejemplo, la ejecución de videos 3D que simulan las acciones de la casa inteligente). El API de Spring Boot funge como orquestador de la lógica de negocio: recibe las peticiones desde la capa de presentación, valida y enriquece los datos, y delega la generación de predicciones al microservicio FastAPI, que se dedica exclusivamente a cargar el modelo de Machine Learning y devolver los resultados al API de Spring Boot. Finalmente, la OpenWeatherMap API, un servicio externo, provee en tiempo real los datos meteorológicos que se visualizan inicialmente en la capa de presentación y se almacenan o utilizan para generar predicciones.

#### 4.2.2 Tecnologías seleccionadas para el proyecto

A continuación, en la Tabla 13 se presentan con las principales tecnologías utilizadas en el proyecto.

Tabla 13. Tecnologías y herramientas utilizadas en el proyecto

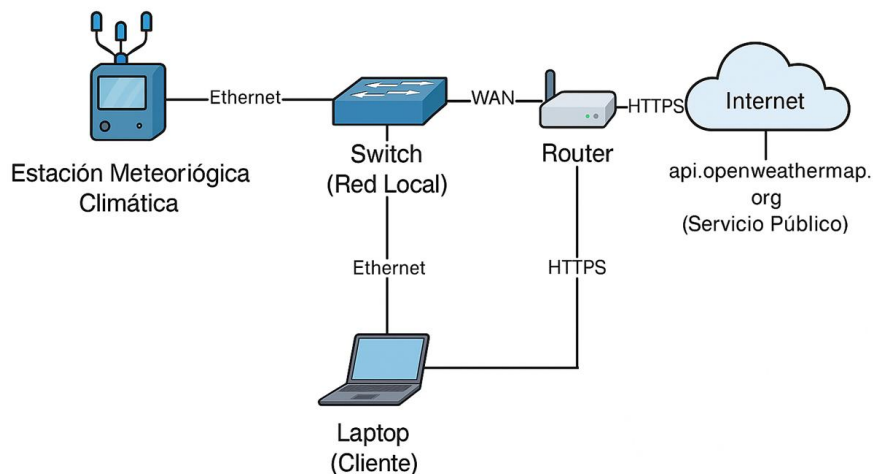
<b>Tecnología</b>	<b>Propósito / Uso principal</b>
<b>Spring Boot</b>	API RESTful en Java; orquestación de peticiones, lógica de negocio y conexión con FastAPI y la base de datos.
<b>React + Vite</b>	Interfaz web interactiva; obtiene datos meteorológicos, muestra predicciones y ejecuta animaciones 3D.
<b>FastAPI</b>	Microservicio de Machine Learning; carga el modelo LSTM y devuelve predicciones climáticas a Spring Boot.
<b>OpenWeatherMap API</b>	Fuente externa de datos meteorológicos en tiempo real.
<b>Docker</b>	Contenerización de cada servicio
<b>TensorFlow / Keras</b>	Entrenamiento y exportación del modelo LSTM para predicción climática.
<b>scikit-learn</b>	Normalización de datos (MinMaxScaler) y métricas de evaluación (MSE, MAE).
<b>Three.js</b>	Renderizado de animaciones 3D en el frontend para simular acciones de la casa inteligente.
<b>Bootstrap</b>	Componentes y estilos responsivos en la interfaz React.
<b>MongoDB Atlas</b>	Almacenamiento en la nube de registros climáticos, predicciones y configuraciones del sistema.
<b>Git / GitHub</b>	Gestionar control de versiones y repositorios de código.
<b>Swagger / OpenAPI</b>	Documentación automática de los endpoints de Spring Boot.

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.3 Diseño de redes de comunicación entre componentes del sistema

En una etapa inicial del proyecto, se instalaron sensores y una estación meteorológica para estudiar variables ambientales y, simultáneamente, se estableció integración con sistemas públicos como OpenWeatherMap. En conjunto, esta topología (ver Figura 28) garantiza que los datos generados por la estación local se transmitan de forma confiable dentro del entorno local, mientras el equipo cliente accede simultáneamente a la información local y a los datos oficiales proporcionados por la API pública. Este esquema permite la validación cruzada de mediciones y el análisis comparativo de tendencias entre fuentes de datos locales y externas.

Figura 28. Diagrama de red para captura y consulta de datos climáticos



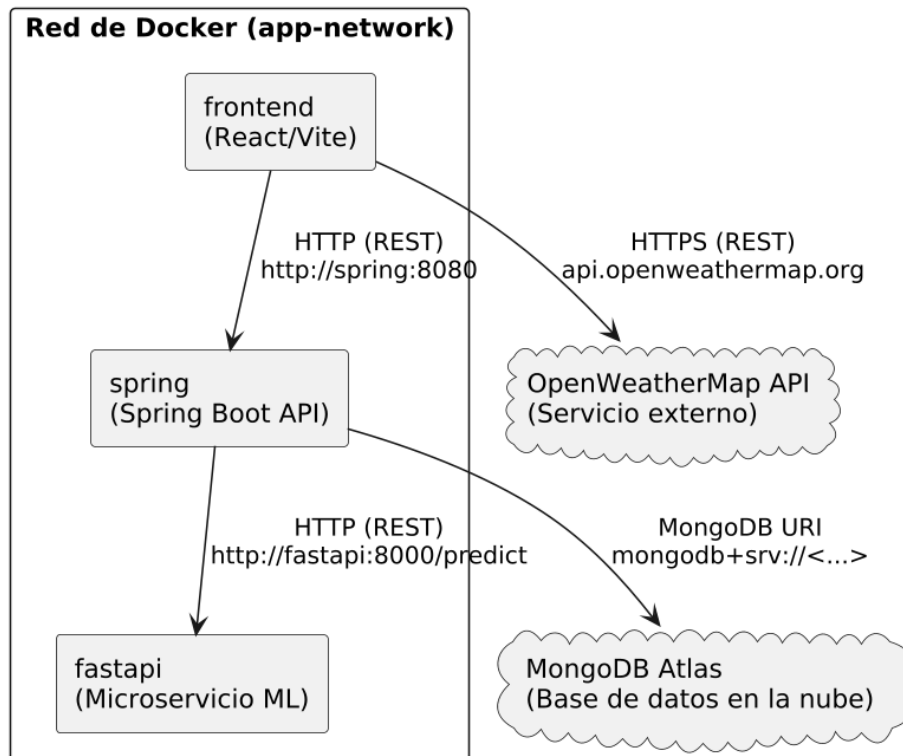
Fuente: Elaboración propia.

Iniciada la etapa de desarrollo después de diferentes pruebas y validaciones se decide que, para mejor rendimiento del sistema, los datos climáticos serán consultados únicamente a través del API de OpenWeather. Para ello, se define la siguiente configuración de red en Docker Compose.

## Configuración de red de comunicación en Docker Compose

Al iniciar Docker Compose, se crea una red bridge única llamada app-network que conecta los contenedores frontend, spring y fastapi. El contenedor frontend (React/Vite) consulta en tiempo real la API pública de OpenWeatherMap vía Internet. El contenedor spring (Spring Boot) centraliza la lógica: recibe peticiones REST del frontend, persiste y consulta en MongoDB Atlas mediante su URI pública, y agrupa lotes de cinco lecturas para enviarlos a fastapi (ML) mediante JSON para obtener predicciones. Una vez recibida la respuesta de fastapi, spring determina acciones, almacena resultados en Atlas y responde al frontend. Así, spring es el único que accede a la base de datos en la nube, mientras fastapi queda aislado de la capa de persistencia. Gracias a app-network, ambos servicios intercambian datos usando sus hostnames (spring, fastapi), sin requerir IPs estáticas. El diagrama de red interno se muestra en la Figura 29.

Figura 29. Diagrama de red y despliegue en Docker Compose



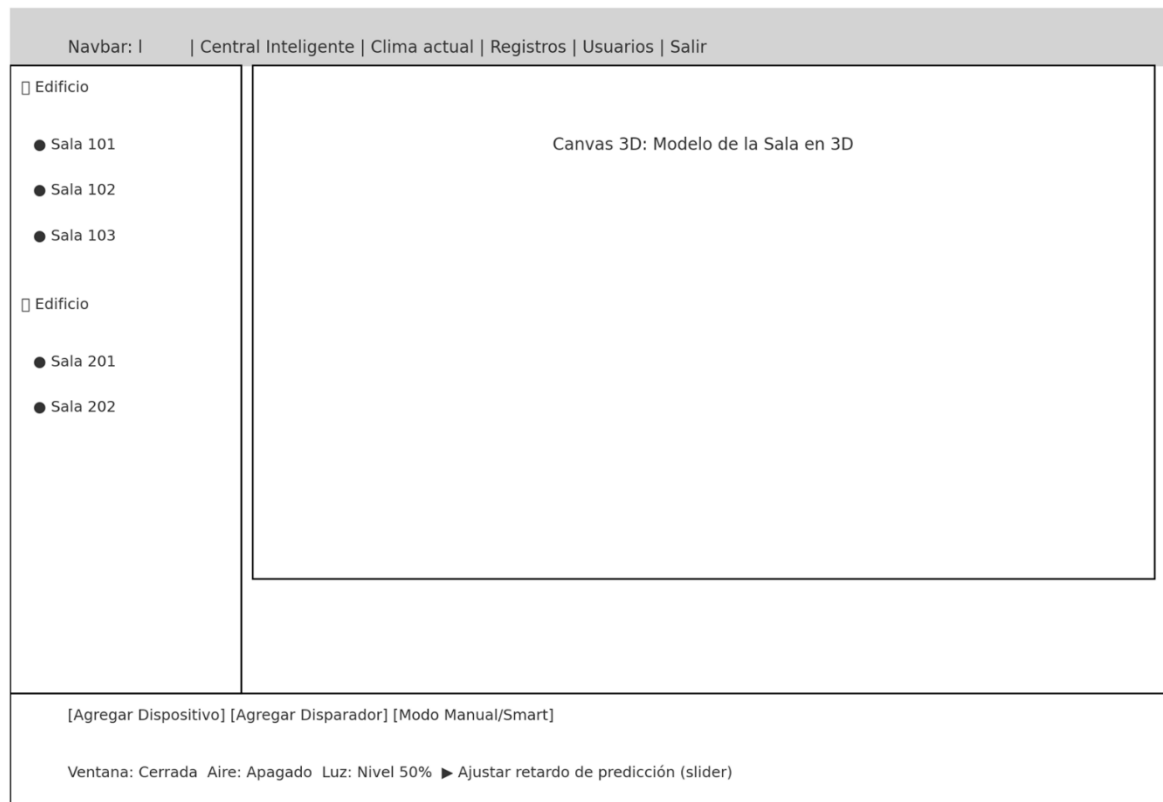
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4. Diseño de vistas.

El diseño de las vistas constituye un componente clave dentro del cronograma de actividades del proyecto, ya que representa la base visual sobre la cual se construirá posteriormente la codificación del sistema, conforme a los objetivos y fases estipuladas.

A continuación, se presenta un diseño preliminar tipo wireframe de la pantalla “Central Inteligente”, donde se ilustra la disposición de la barra de navegación superior, el panel lateral con la selección de edificios y salas, el área principal destinada al modelado 3D de la habitación y el panel inferior con controles y estado de los dispositivos. Este diseño preliminar se aprecia en la Figura 30.

Figura 30. Vista preliminar de la interfaz “Central Inteligente”



Fuente: Elaboración propia.

## 4.3 Desarrollo de los Módulos del sistema

### 4.3.1 Cronograma de Sprints

En la Tabla 14 se presenta el cronograma de Sprints con sus objetivos principales y entregables para cada iteración.

Tabla 14. Cronograma de Sprints

Sprint	Objetivo principal	Entregables
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Configuración de repositorios y contenedores (Docker).</li> <li>• Consumo inicial de OpenWeatherMap.</li> <li>• Estructura base de Spring Boot y React.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repositorios en GitHub y Dockerfiles.</li> <li>• Proyecto React/Vite inicializado.</li> <li>• Endpoint básico en Spring Boot para validar la conexión con OpenWeatherMap.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrenamiento del modelo LSTM en Python.</li> <li>• Creación del microservicio FastAPI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo modelo_pronostico_clima.h5 y scaler_pronostico_clima.pkl.</li> <li>• Endpoint POST /predict en FastAPI que devuelve predicciones.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de los endpoints REST en Spring Boot.</li> <li>• Integración Spring Boot/FastAPI para solicitar predicciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endpoints en Spring Boot:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- POST /api/clima (guarda datos meteorológicos).</li> <li>- GET /api/predicciones (recupera histórico).</li> </ul> </li> <li>- Lógica para invocar FastAPI y almacenar la predicción.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño e implementación de la interfaz React.</li> <li>• Integración de animaciones 3D (videos o modelos 3D).</li> <li>• Conexión React/Spring Boot.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes React: Dashboard clima, vista 3D de la “Casa Inteligente”.</li> <li>• Videos 3D configurados para simular acciones.</li> <li>• Llamadas al API REST para mostrar datos en tiempo real.</li> </ul>

Sprint	Objetivo principal	Entregables
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de integración y rendimiento.</li> <li>• Validación de usabilidad con usuarios.</li> <li>• Ajustes finales y documentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados de pruebas de carga y tiempos de respuesta.</li> <li>• Informe de precisión del modelo con datos reales.</li> <li>• Feedback de usuarios y lista de ajustes.</li> <li>• Documentación técnica completa (README, Swagger/OpenAPI, manual de usuario).</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.2 Reglas condicionales del monitoreo inteligente

#### Para la automatización inteligente del cerrado de ventana

Para el cierre de ventanas, según la escala de Beaufort, los vientos se consideran peligrosos a partir de 17,2 m/s (62 km/h), lo que corresponde a un vendaval partir de esta velocidad, los árboles pueden comenzar a quebrarse y se pueden presentar daños importantes en edificios.

Teniendo en cuenta que la central meteorológica reporta las medidas de velocidad del viento y ráfagas en metros por segundo (m/s), los niveles considerados altos serían:

- Viento sostenido alto: a partir de 11 m/s aproximadamente.
- Ráfagas fuertes: a partir de 17 m/s aproximadamente.

Según esta información las medidas sugeridas para automatizar el cierre de ventanas en el sistema inteligente serían cuando se alcancen o superen estos valores:

- Cerrar ventanas automáticamente si:
  - Velocidad del viento  $\geq 11$  m/s
  - Ráfagas  $\geq 17$  m/s

La tabla 15 presenta la lógica condicional que se programó en la aplicación para las acciones a realizar de manera proactiva ante la lectura de una predicción, meteorológica del sistema.

Tabla 15. Tabla de acción automática por viento y ráfagas

<b>Viento sostenido (m/s)</b>	<b>Ráfagas (m/s)</b>	<b>Condición</b>	<b>Acción recomendada</b>
0 – 5	0 – 7	Brisa suave	No hacer nada
6 – 10	8 – 12	Viento moderado	Opcional: cerrar parcialmente ventanas
11 – 15	13 – 17	Viento fuerte	Cerrar ventanas automáticamente
16 – 20	18 – 22	Viento muy fuerte	Cerrar ventanas y alertar usuario
> 20	> 22	Riesgo de tormenta / ráfagas extremas	Cerrar ventanas y activar alerta de seguridad

Fuente: Elaboración propia

### **Para la automatización inteligente del brillo de lampara**

Para ajustar la iluminación artificial según la nubosidad, puedes se puede hacer un condicional en base a mediciones de la intensidad de la luz natural (en lux) teniendo en cuenta que en la medida que aumenta la nubosidad disminuye la luz natural, entonces se puede aumentar la intensidad de la luz artificial y optar por una temperatura de color más cálida (menor Kelvin) para imitar la luz natural del día. Especificaciones tenías en cuenta se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Recomendaciones para ajustar la luz artificial según nubosidad

<b>Nubosidad (%)</b>	<b>Condición exterior</b>	<b>Ajuste recomendado de la luz interior</b>
0% – 30%	Soleado o poco nublado	<b>Luz mínima</b> o incluso <b>apagada</b>
31% – 60%	Parcialmente nublado	<b>Luz baja</b> (30% - 50% de intensidad)
61% – 80%	Nublado	<b>Luz media</b> (50% - 70% de intensidad)
81% – 100%	Muy nublado / cubierto	<b>Luz alta</b> (75% - 100% de intensidad)

Fuente: Elaboración propia

### **Para la automatización inteligente del nivel del aire acondicionado.**

Para un buen confort térmico y eficiencia energética, la temperatura recomendada para un aire acondicionado generalmente es:

Recomendaciones estándar:

- Temperatura recomendada: Entre 24°C y 26°C.
- Sensación térmica elevada: si la sensación térmica (feels\_like) es alta (>30°C), se puede ajustar hacia 24°C para mantener confort sin un consumo excesivo.

Tabla 17. Criterio específico según temperatura ambiente y sensación térmica

<b>Sensación Térmica (feels_like)</b>	<b>Temperatura exterior</b>	<b>Ajuste recomendado del aire acondicionado</b>
27°C a 30°C	25°C a 28°C	25°C - 26°C
31°C a 35°C	29°C a 32°C	24°C - 25°C
Mayor a 35°C	Mayor a 32°C	23°C - 24°C

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3 Base de datos en MongoDB Atlas

Se decidió emplear MongoDB Atlas como servicio de base de datos en la nube. La base de datos principal se denomina climaDB y actualmente contiene tres colecciones, “clima” que almacena los reportes meteorológicos obtenidos en tiempo real o por intervalos. “evaluaciones\_modelo” guarda las métricas de desempeño (predicciones vs. valores reales) para cada variable climática. “usuarios” contiene los registros de los usuarios autorizados del sistema, sus credenciales y permisos.

Gracias a la flexibilidad de MongoDB, cada colección maneja documentos JSON con esquemas dinámicos, lo que facilita la incorporación de nuevos campos si las necesidades del proyecto evolucionan. En la Tabla 18, se presenta una tabla resumen con información relevante sobre cada colección.

Tabla 18. Estructura de las colecciones con campos principales

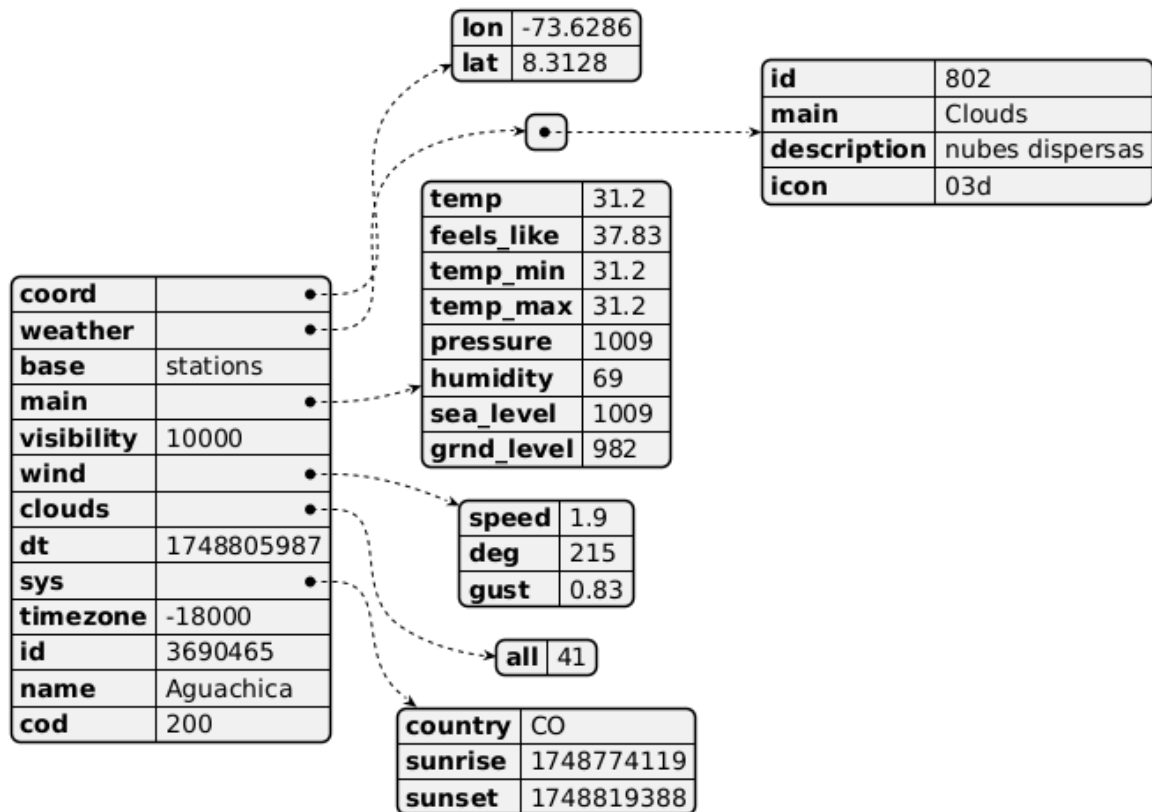
Colección	Descripción	Campos principales
<b>clima</b>	Almacena los reportes meteorológicos recolectados de OpenWeatherMap (o sensores, en versiones futuras), tanto en tiempo real como históricos. Cada documento contiene coordenadas, datos de temperatura, humedad, nubes, viento, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- _id (ObjectId)</li> <li>- coord (objeto con lon, lat)</li> <li>- weather (arreglo de objetos: id, main, description, icon)</li> <li>- base (string)</li> <li>- main (objeto con temp, feels_like, temp_min, temp_max, pressure, humidity, sea_level, grd_level)</li> <li>- visibility (int)- wind (objeto con speed, deg, gust)</li> <li>- clouds (objeto con all)- dt (timestamp)</li> <li>- sys (objeto con country, sunrise, sunset)</li> <li>- timezone (int)</li> <li>- id (int, OpenWeatherMap ID)- name (string, ciudad)</li> <li>- cod (int)</li> </ul>

Colección	Descripción	Campos principales
<b>Evaluaciones modelo</b>	Registra las métricas de desempeño del modelo predictivo. En cada documento se guardan los valores pronosticados frente a los valores reales, junto con los errores calculados y la fecha de evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- _class (string, clase Java)</li> <li>- _id (ObjectId)</li> <li>- prediccion (objeto con predicted_temp, predicted_feels_like, predicted_humidity, predicted_clouds, predicted_wind_speed, predicted_wind_gust)</li> <li>- valor_real (objeto que incluye main: temp, feels_like, humidity; clouds: all; wind: speed, gust)</li> <li>- fechaEvaluacion (timestamp)</li> <li>- _class (string, clase Java)</li> </ul>
<b>usuarios</b>	Contiene la información de las cuentas de usuario del sistema, incluidas credenciales hasheadas, rol asignado y última fecha de acceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- _id (ObjectId)</li> <li>- nombre (string, nombre completo)</li> <li>- correo (string, email)</li> <li>- username (string, usuario para login)</li> <li>- password (string, hash bcrypt)- rol (string, e.g., "superusuario" o "usuario")</li> <li>- ultimoAcceso (Date, marca de tiempo de último login)</li> <li>- _class (string, clase Java)</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

La Figura 31 es una representación de un documento JSON de la colección “Clima” en MongoDB, donde se enumeran los atributos principales (coord, weather, main, wind, clouds, sys) y sus relaciones.

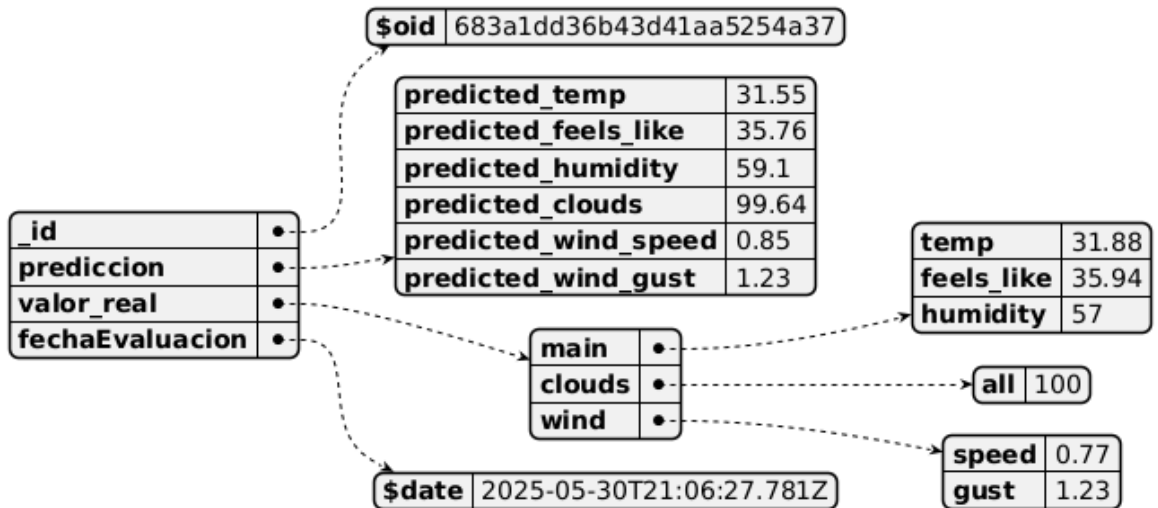
Figura 31. Estructura del documento Clima



Fuente: Elaboración propia

El diagrama de la colección Evaluación de Modelo, es donde se muestran las propiedades predicción y valor\_real como objetos anidados. Para mayor detalle sobre cómo se comparan los valores predichos con los reales, véase la Figura 32.

Figura 32. Estructura del documento Evaluación de Modelo



Fuente: Elaboración propia

La estructura de la colección Usuario en MongoDB, detalla los campos de autenticación y metadatos de cada cuenta. Para ver cómo se almacenan los datos de los usuarios, consulte la Figura 33.

Figura 33. Estructura del documento Usuario



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Modelado y Renderizado Blender

Como parte del desarrollo del sistema para una edificación inteligente, se elaboraron representaciones visuales en 3D de una ventana corrediza automatizada, un aire acondicionado y una lámpara inteligentes, simulando distintos estados de funcionamiento e interacción con el entorno. Estas visualizaciones fueron desarrolladas utilizando el software Blender 3.6, aplicando principios de modelado, para asignación de materiales realistas. Las imágenes generadas tienen como propósito apoyar visualmente la comprensión del sistema, reflejando su comportamiento ante diversas condiciones climáticas simuladas, en coherencia con la lógica de automatización implementada.

Figura 34. Modelado de ventana abre/cierra en 3D



Fuente: Elaboración propia

En la figura 34 se puede evidenciar una secuencia visual que ilustra el funcionamiento automatizado de una ventana inteligente dentro del entorno simulado. A través del modelado 3D, se representan distintas fases del sistema de cierre automatizado, activado por una orden directa del sistema central del hogar inteligente, el cual opera en sincronía con datos climáticos recolectados en tiempo real por la API desarrollada.

Esta representación es fundamental, ya que demuestra cómo la automatización inteligente responde visual y funcionalmente ante variables ambientales. Las decisiones automatizadas, como el cierre de ventanas, forman parte del conjunto de respuestas que el sistema inteligente ofrece para conservar la energía, mantener el confort térmico y proteger los espacios internos frente a condiciones climáticas desfavorables.

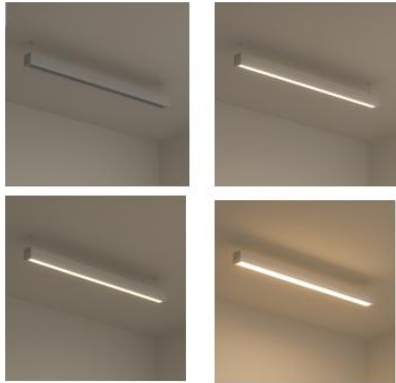
Figura 35. Modelado del aire apaga/enciende en 3D



Fuente: Elaboración propia

En Figura 35 se observa la secuencia de imágenes que simularan el comportamiento de encendido automático del aire acondicionado. Esta simulación representa el proceso de activación o apagado del dispositivo, el cual se detona como respuesta automática ante condiciones térmicas, previamente detectadas y reportadas por el sistema de monitoreo climático.

Figura 36. Modelado de lampara enciende/apaga en 3D



Fuente: Elaboración propia

Al igual que en las simulaciones previas del sistema de climatización (aire acondicionado) y del sistema de control de apertura/cierre de ventanas, en la Figura 36 esta secuencia de modelado 3D representa la activación automatizada de una lámpara inteligente. A través del renderizado de un conjunto de imágenes, se observa el proceso en el cual la lámpara inteligente cambia de estado, pasando de apagada a encendida, en respuesta a parámetros previamente definidos en el sistema de automatización, tales como la hora del día, condiciones de nubosidad.

#### **4.3.5 Entrenamiento de modelos de machine learning**

Para generar el modelo de predicción meteorológica, se empleó un enfoque de series temporales basado en redes neuronales LSTM (Long Short-Term Memory). A partir de datos históricos de variables climáticas (temperatura, sensación térmica, humedad, nubosidad, viento y ráfaga), se construyeron ventanas móviles de cinco registros consecutivos para predecir el sexto paso futuro. El flujo incluyó la lectura de datos desde un archivo JSON, la normalización con MinMaxScaler, la creación de secuencias de entrenamiento y validación, y la definición de una red LSTM con una capa de 50 unidades, seguida de una capa densa de salida. El modelo se entrenó durante un máximo de 50 épocas, aplicando EarlyStopping para evitar

sobreajuste. Finalmente, se evaluó su desempeño con métricas de error cuadrático medio (MSE) y error absoluto medio (MAE) para cada variable.

Tabla 19. Resumen de configuración y desempeño del modelo LSTM

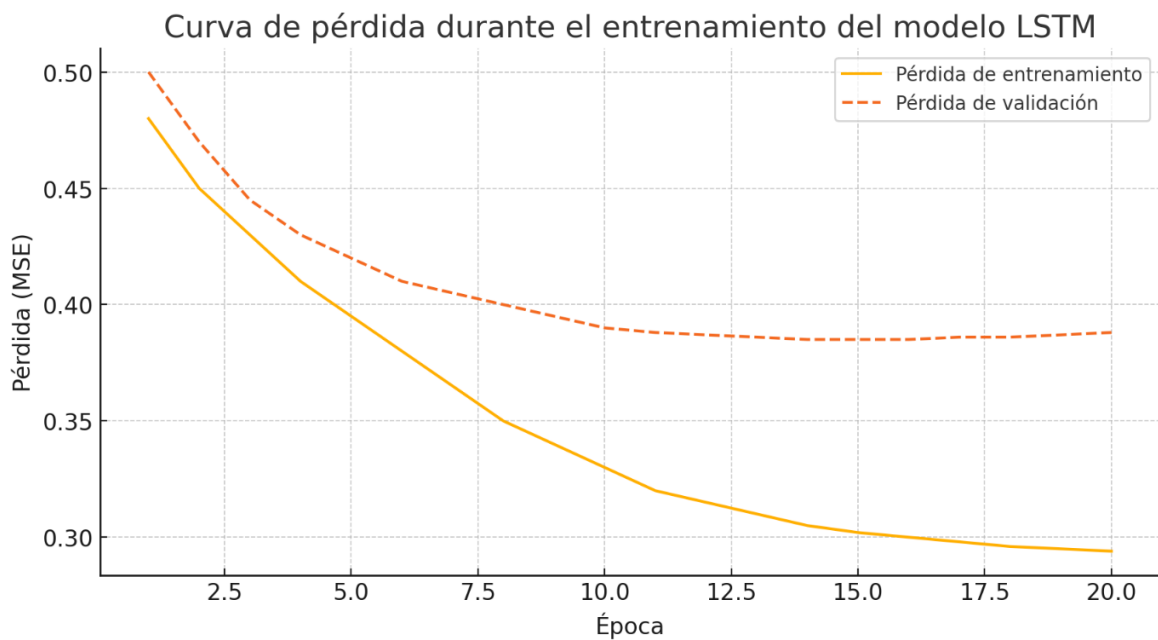
<b>Parametro / Métrica</b>	<b>Valor</b>
Variables de entrada	Temperatura, Sensación, Humedad, Nubosidad, Viento, Ráfaga
Escala de normalización	MinMax (rango [0, 1])
Tamaño de ventana (timesteps)	5
Arquitectura LSTM	1 capa LSTM (50 unidades) + 1 capa Dense (6 salidas)
Función de activación	tanh (LSTM) / linear (Dense)
Función de pérdida	MSE (Mean Squared Error)
Optimizador	Adam (learning_rate=0.001)
Épocas máximas	50
Tamaño de lote (batch_size)	32
EarlyStopping	monitor='val_loss', patience=5
MSE final (entrenamiento)	0.29
MSE final (validación)	0.38
MAE promedio (validación)	0.50

Fuente: Elaboración propia

En la primera sección de la Tabla 19 se describen las variables climáticas utilizadas (temperatura, sensación térmica, humedad, nubosidad, viento y ráfaga) y el método de escala aplicado (MinMaxScaler para normalizar los valores entre 0 y 1). El modelo LSTM empleó una capa oculta con 50 unidades y una capa densa de salida con 6 neuronas, una por cada variable a predecir, con activación lineal. Se usó la función de pérdida MSE y el optimizador Adam con tasa de aprendizaje 0.001. El entrenamiento se llevó a cabo en 50 épocas como máximo, con EarlyStopping que detuvo el entrenamiento si la pérdida de validación no mejoraba en 5 épocas

consecutivas. Finalmente, se listan las métricas de desempeño: un MSE de aproximadamente 0.29 en el conjunto de entrenamiento y 0.38 en validación, con un MAE promedio de 0.50 en validación.

Figura 37. Curva de pérdida de entrenamiento y validación



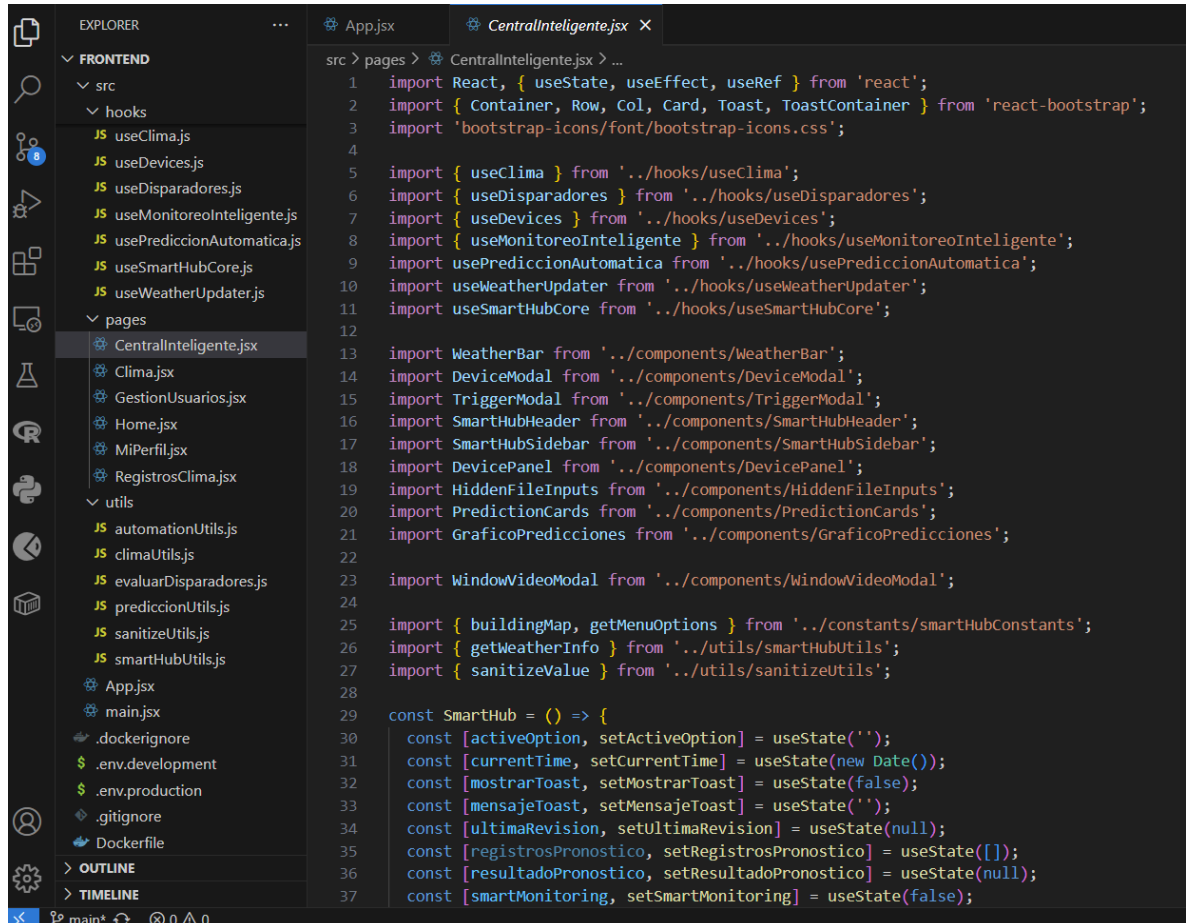
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 37 se presenta la curva de pérdida (Mean Squared Error) a lo largo de las primeras 20 épocas de entrenamiento. La línea continua corresponde a la pérdida de entrenamiento, mientras que la línea punteada indica la pérdida de validación. Se observa que la pérdida de entrenamiento disminuye progresivamente desde valores alrededor de 0.48 en la época 1 hasta aproximadamente 0.29 en la época 20. Simultáneamente, la pérdida de validación se reduce desde 0.50 hasta cerca de 0.38 en la época 15, momento en el que se estabiliza, lo que sugiere un buen ajuste del modelo sin sobreajuste significativo. La convergencia de ambas curvas y el comportamiento de EarlyStopping indican que el modelo aprendió patrones valiosos de la serie temporal para generar predicciones confiables.

### 4.3.5 codificación de componentes

A continuación, se mostrarán varias capturas de la codificación y se describirán partes clave del proyecto de programación.

Figura 38. Estructura de CentralInteligente.jsx en el editor de código



```
src > pages > CentralInteligente.jsx > ...
1  import React, { useState, useEffect, useRef } from 'react';
2  import { Container, Row, Col, Card, Toast, ToastContainer } from 'react-bootstrap';
3  import 'bootstrap-icons/font/bootstrap-icons.css';
4
5  import { useClima } from '../hooks/useClima';
6  import { useDisparadores } from '../hooks/useDisparadores';
7  import { useDevices } from '../hooks/useDevices';
8  import { useMonitoreoInteligente } from '../hooks/useMonitoreoInteligente';
9  import usePrediccionAutomatica from '../hooks/usePrediccionAutomatica';
10 import useWeatherUpdater from '../hooks/useWeatherUpdater';
11 import useSmartHubCore from '../hooks/useSmartHubCore';
12
13 import WeatherBar from '../components/WeatherBar';
14 import DeviceModal from '../components/DeviceModal';
15 import TriggerModal from '../components/TriggerModal';
16 import SmartHubHeader from '../components/SmartHubHeader';
17 import SmartHubSidebar from '../components/SmartHubSidebar';
18 import DevicePanel from '../components/DevicePanel';
19 import HiddenFileInputs from '../components/HiddenFileInputs';
20 import PredictionCards from '../components/PredictionCards';
21 import GraficoPredicciones from '../components/GraficoPredicciones';
22
23 import WindowVideoModal from '../components/WindowVideoModal';
24
25 import { buildingMap, getMenuOptions } from '../constants/smartHubConstants';
26 import { getWeatherInfo } from '../utils/smartHubUtils';
27 import { sanitizeValue } from '../utils/sanitizeUtils';
28
29 const SmartHub = () => {
30   const [activeOption, setActiveOption] = useState('');
31   const [currentTime, setCurrentTime] = useState(new Date());
32   const [mostrarToast, setMostrarToast] = useState(false);
33   const [mensajeToast, setMensajeToast] = useState('');
34   const [ultimaRevisión, setUltimaRevisión] = useState(null);
35   const [registrosPronostico, setRegistrosPronostico] = useState([]);
36   const [resultadoPronostico, setResultadoPronostico] = useState(null);
37   const [smartMonitoring, setSmartMonitoring] = useState(false);
```

Fuente: Elaboración propia

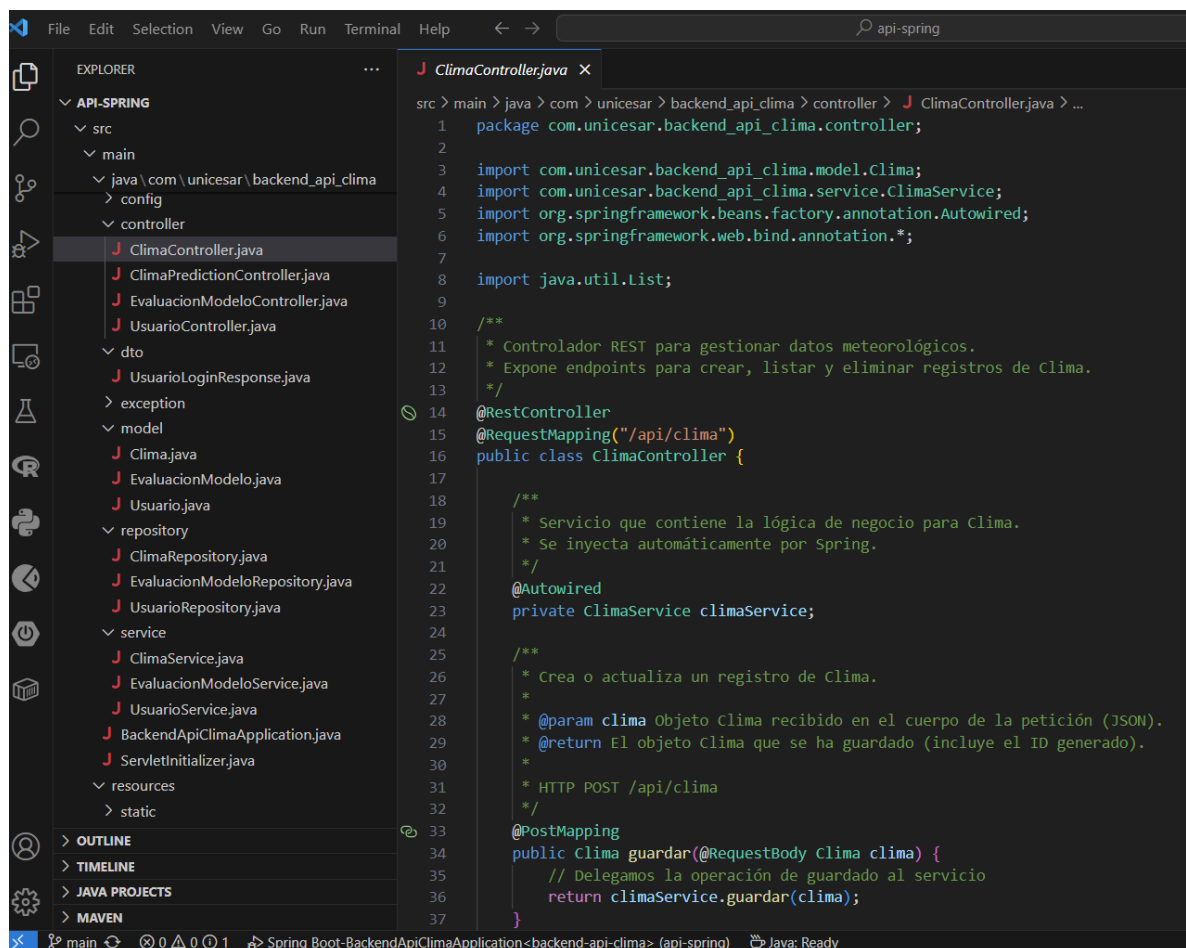
En la Figura 38 se presenta la sección de codificación del frontend, centrada en la página CentralInteligente.jsx, que actúa como núcleo de la lógica React para el panel de control. En esta vista se importan y se integran múltiples hooks personalizados (como useClima, useDevices, useMonitoreoInteligente, usePrediccionAutomatica, etc.) junto con componentes de interfaz (WeatherBar,

DevicePanel, TriggerModal, GraficoPredicciones, WindowVideoModal, entre otros). El archivo organiza el estado global del Smart Hub mediante llamadas a estos hooks, coordina los efectos secundarios (fetch de datos, suscripción a WebSockets, temporizadores) y estructura el diseño en filas y columnas usando React-Bootstrap.

El API encargado de la lógica de negocio y la comunicación con el frontend se desarrollará sobre el framework Spring Boot.

En la siguiente captura de pantalla, se presenta el controlador principal que gestiona los endpoints relacionados con los datos climáticos en el backend de Spring Boot.

Figura 39. Estructura de un controlador en el proyecto Spring Boot



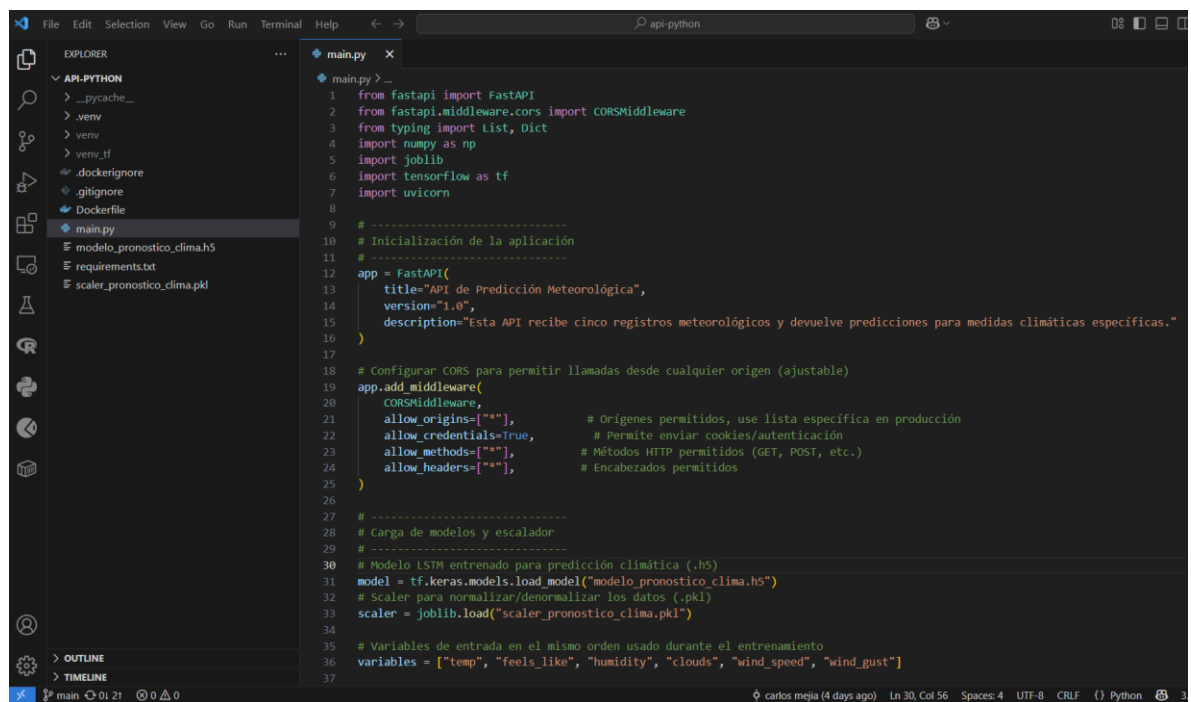
```
src > main > java > com > unicesar > backend_api_clima > controller > ClimaController.java > ...
1  package com.unicesar.backend_api_clima.controller;
2
3  import com.unicesar.backend_api_clima.model.Clima;
4  import com.unicesar.backend_api_clima.service.ClimaService;
5  import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
6  import org.springframework.web.bind.annotation.*;
7
8  import java.util.List;
9
10 /**
11  * Controlador REST para gestionar datos meteorológicos.
12  * Expone endpoints para crear, listar y eliminar registros de Clima.
13  */
14 @RestController
15 @RequestMapping("/api/clima")
16 public class ClimaController {
17
18     /**
19     * Servicio que contiene la lógica de negocio para Clima.
20     * Se inyecta automáticamente por Spring.
21     */
22     @Autowired
23     private ClimaService climaService;
24
25     /**
26     * Crea o actualiza un registro de Clima.
27     *
28     * @param clima Objeto Clima recibido en el cuerpo de la petición (JSON).
29     * @return El objeto Clima que se ha guardado (incluye el ID generado).
30     */
31     * HTTP POST /api/clima
32     */
33     @PostMapping
34     public Clima guardar(@RequestBody Clima clima) {
35         // Delegamos la operación de guardado al servicio
36         return climaService.guardar(clima);
37     }
38 }
```

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 39 se observa el archivo ClimaController.java abierto en Visual Studio Code. A la izquierda aparece la estructura de paquetes del módulo api-spring, que incluye los directorios “controller”, “service”, “model”, “repository” y otros. A la derecha, se muestra el código fuente del controlador, el cual está anotado con `@RestController` y mapea las peticiones a `/api/clima`. Dentro de esta clase, el servicio `ClimaService` se inyecta con `@Autowired` para delegar la lógica de negocio. El método `guardar(@RequestBody Clima clima)` está anotado con `@PostMapping` y recibe un objeto JSON, lo pasa a `climaService.guardar(clima)` y devuelve el registro persistido con su ID generado. Esta implementación demuestra la separación clara entre la capa de presentación (controlador REST) y la capa de servicio, facilitando el mantenimiento y la reutilización de la lógica de negocio.

En la siguiente pantalla muestra el archivo principal `main.py` del microservicio FastAPI encargado de la predicción meteorológica.

Figura 40. Código fuente de `main.py` en el microservicio FastAPI



```
1 from fastapi import FastAPI
2 from fastapi.middleware.cors import CORSMiddleware
3 from typing import List, Dict
4 import numpy as np
5 import joblib
6 import tensorflow as tf
7 import uvicorn
8
9 # -----
10 # Inicialización de la aplicación
11 # -----
12 app = FastAPI(
13     title="API de Predicción Meteorológica",
14     version="1.0",
15     description="Esta API recibe cinco registros meteorológicos y devuelve predicciones para medidas climáticas específicas."
16 )
17
18 # Configurar CORS para permitir llamadas desde cualquier origen (ajustable)
19 app.add_middleware(
20     CORSMiddleware,
21     allow_origins=["*"],           # Orígenes permitidos, use lista específica en producción
22     allow_credentials=True,       # Permite enviar cookies/autenticación
23     allow_methods=["*"],         # Métodos HTTP permitidos (GET, POST, etc.)
24     allow_headers=["*"],         # Encabezados permitidos
25 )
26
27 # -----
28 # Carga de modelos y escalador
29 # -----
30 # Modelo LSTM entrenado para predicción climática (.h5)
31 model = tf.keras.models.load_model("modelo_pronostico_clima.h5")
32 # Escalar para normalizar/denormalizar los datos (.pkl)
33 scaler = joblib.load("scaler_pronostico_clima.pkl")
34
35 # Variables de entrada en el mismo orden usado durante el entrenamiento
36 variables = ["temp", "feels_like", "humidity", "clouds", "wind_speed", "wind_gust"]
37
```

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 40 se aprecia la implementación de la aplicación FastAPI dentro de Visual Studio Code. El fragmento inicia con las importaciones necesarias (FastAPI, middleware CORS, tensorflow, joblib, entre otros). Se crea la instancia `app = FastAPI(...)` con metadata descriptiva del servicio. A continuación, se configura el middleware CORS para permitir solicitudes desde cualquier origen durante el desarrollo (con comentarios que indican ajustar esta lista en producción). Más abajo, se cargan el modelo LSTM entrenado (`modelo_pronostico_clima.h5`) mediante `tf.keras.models.load_model()` y el objeto `MinMaxScaler` identificado como `scaler_pronostico_clima.pkl` usando `joblib.load()`. Finalmente, se define la lista `variables = ["temp", "feels_like", "humidity", "clouds", "wind_speed", "wind_gust"]`, que especifica el orden de las columnas en el JSON de entrada. Esta configuración inicial en `main.py` prepara el entorno para recibir solicitudes POST en el endpoint `/predict` y entregar predicciones basadas en el modelo cargado.

## 4.4 Implementación y pruebas

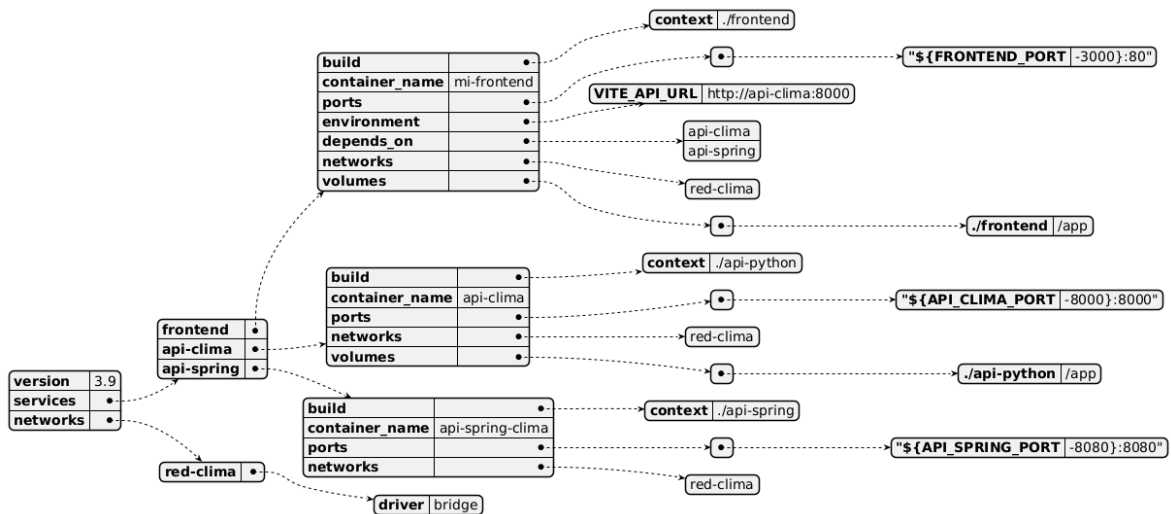
### 4.4.1 Descripción general del despliegue

El proyecto se despliega en un entorno local utilizando Docker Compose, lo que facilita la orquestación de los tres contenedores principales (`frontend`, `api-clima` y `api-spring-clima`) dentro de una red interna llamada `red-clima`. Cada servicio define su contexto de construcción (`build`), nombre de contenedor, mapeo de puertos (por ejemplo, `FRONTEND_PORT:-3000`:80 para servir React en `http://localhost:3000`), variables de entorno necesarias (como `VITE_API_URL=http://api-clima:8000` para el frontend y `SPRING_DATA_MONGODB_URI` para Spring Boot con MongoDB Atlas), dependencias (`depends_on`), y montajes de volumen (`volumes`) para desarrollo activo. Al ejecutar `docker-compose up --build`, Docker Compose genera las imágenes correspondientes y levanta todos los servicios en la red `red-clima`, permitiendo que cada contenedor se resuelva por nombre de servicio (por ejemplo,

api-clima:8000 y api-spring-clima:8080) sin necesidad de configurar direcciones IP estáticas.

En la Figura 41 se muestra la representación UML del archivo docker-compose.yml, con los bloques que describen cada servicio y sus propiedades clave, así como la red compartida (red-clima). Este diagrama ilustra gráficamente cómo los tres contenedores internos (mi-frontend, api-clima y api-spring-clima) se conectan entre sí y cómo se mapean sus puertos al host, garantizando la comunicación fluida en el entorno local.

Figura 41. Representación UML del archivo docker-compose.yml



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 Documentación de la API spring boot – API Principal

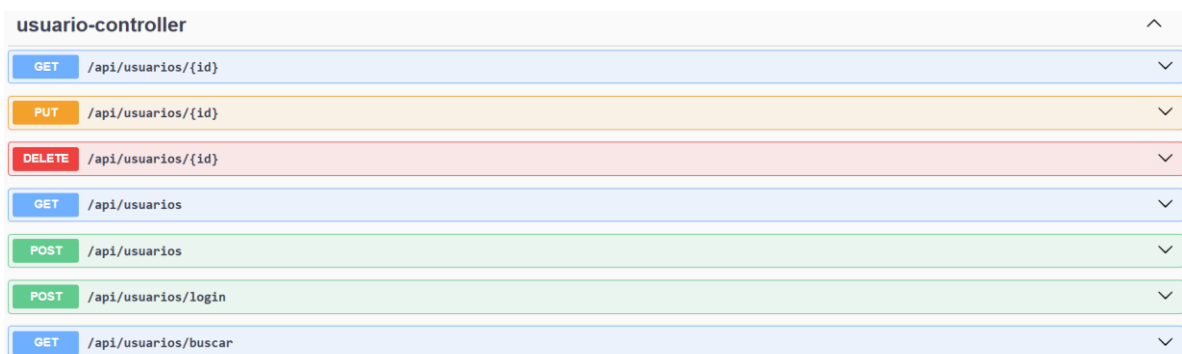
A continuación, se presenta la documentación del API principal, hecha en Spring Boot. Esta API expone los endpoints necesarios para recibir y almacenar reportes meteorológicos, solicitar predicciones al microservicio de FastAPI, gestionar evaluaciones de modelo y administrar usuarios. Toda la especificación se genera

automáticamente mediante Springdoc OpenAPI y está disponible en Swagger UI para facilitar su consulta e interacción.

En la Figura 42 se observan los distintos endpoints expuestos por el controlador de usuarios en la API de Spring Boot. Entre ellos se incluyen:

- **GET /api/usuarios/{id}** para recuperar la información de un usuario por su identificador.
- **PUT /api/usuarios/{id}** para actualizar los datos de un usuario existente.
- **DELETE /api/usuarios/{id}** para eliminar una cuenta de usuario.
- **GET /api/usuarios** para listar todos los usuarios registrados.
- **POST /api/usuarios** para crear una nueva cuenta de usuario.
- **POST /api/usuarios/login** para autenticar a un usuario y obtener el token de acceso.
- **GET /api/usuarios/buscar** para buscar usuarios mediante criterios de consulta.

Figura 42. Endpoints del controlador de usuarios (usuario-controller)



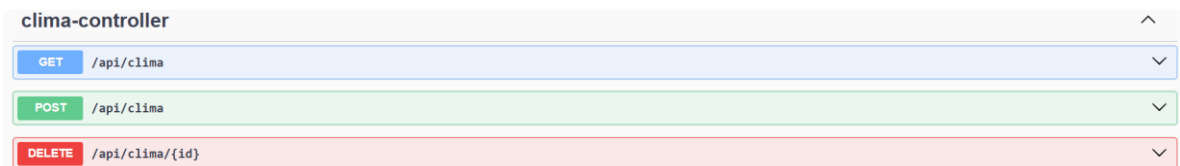
usuario-controller	
GET	/api/usuarios/{id}
PUT	/api/usuarios/{id}
DELETE	/api/usuarios/{id}
GET	/api/usuarios
POST	/api/usuarios
POST	/api/usuarios/login
GET	/api/usuarios/buscar

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43 se muestran las rutas expuestas por el controlador de clima en la API de Spring Boot. En detalle:

- **GET /api/clima** permite recuperar todos los registros meteorológicos almacenados.
- **POST /api/clima** recibe un nuevo reporte del clima (por ejemplo, datos obtenidos de OpenWeatherMap) y lo almacena en la base de datos.
- **DELETE /api/clima/{id}** elimina un registro específico de clima a partir de su identificador.

Figura 43. Endpoints del controlador de clima (clima-controller)



The screenshot shows a list of API endpoints for the 'clima-controller'. The endpoints are: GET /api/clima, POST /api/clima, and DELETE /api/clima/{id}. Each endpoint is represented by a colored bar with a dropdown arrow on the right.

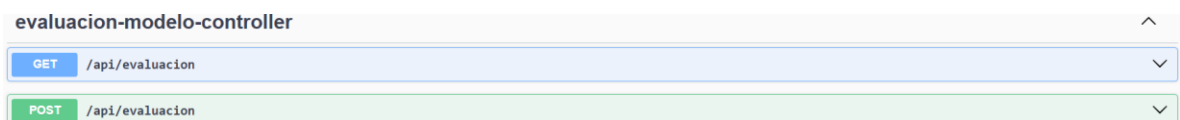
clima-controller	
GET	/api/clima
POST	/api/clima
DELETE	/api/clima/{id}

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 44 se visualizan las rutas disponibles para gestionar las evaluaciones del modelo de predicción.

- **GET /api/evaluacion** permite obtener todas las evaluaciones almacenadas en la base de datos, retornando detalles tanto de la predicción como del valor real.
- **POST /api/evaluacion** recibe un objeto con la predicción retornada por FastAPI y el valor real más reciente, guardando un nuevo documento de evaluación para su posterior análisis.

Figura 44. Endpoints del controlador de evaluación de modelo (evaluacion-modelo-controller)



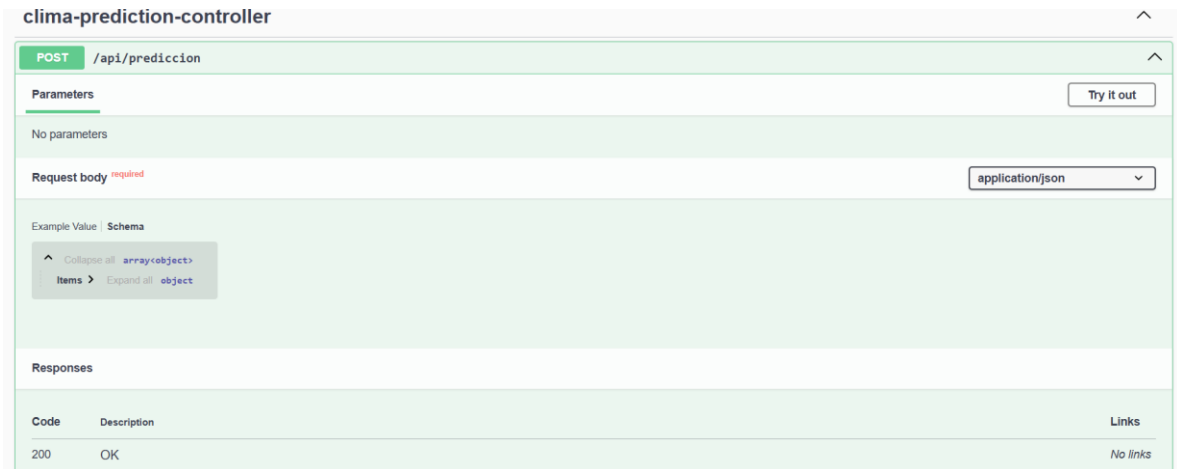
The screenshot shows a list of API endpoints for the 'evaluacion-modelo-controller'. The endpoints are: GET /api/evaluacion and POST /api/evaluacion. Each endpoint is represented by a colored bar with a dropdown arrow on the right.

evaluacion-modelo-controller	
GET	/api/evaluacion
POST	/api/evaluacion

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 45 se muestra la configuración del endpoint **POST /api/prediccion** en la API de Spring Boot. En esta vista de Swagger UI se puede apreciar que no existen parámetros en la URL y que el cuerpo de la solicitud debe ser un arreglo JSON de cinco objetos (registros climáticos).

Figura 45. Endpoints del controlador de predicción de clima



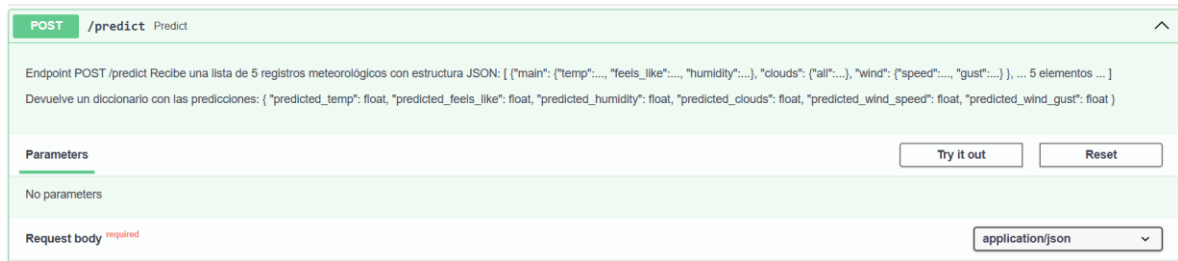
Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3 Documentación de FastAPI – API para la Predicción Meteorológica

Este microservicio expone el endpoint **POST /predict**, el cual recibe una ventana móvil de cinco registros climáticos y devuelve las predicciones correspondientes.

En la Figura 46 se observa la documentación automática generada por FastAPI para el endpoint **POST /predict**. En este panel de Swagger UI se detalla que la ruta no recibe parámetros en la URL y que el cuerpo de la solicitud debe ser un arreglo JSON de cinco registros meteorológicos (cada uno con campos como `main.temp`, `main.feels_like`, `main.humidity`, `clouds.all`, `wind.speed` y `wind.gust`). Asimismo, se especifica que la respuesta será un diccionario JSON con las claves de salida (`predicted_temp`, `predicted_feels_like`, `predicted_humidity`, `predicted_clouds`, `predicted_wind_speed`, `predicted_wind_gust`).

Figura 46. Endpoint POST /predict en FastAPI.



Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 Capturas de pantalla de la aplicación funcionando en local

Se muestran en esta sección las capturas de pantalla del software funcionando como parte de la documentación de despliegue.

La Figura 47 muestra la pantalla de inicio de sesión, que impide el acceso al sistema sin autenticación.

Figura 47. Pantalla de inicio de sesión del sistema

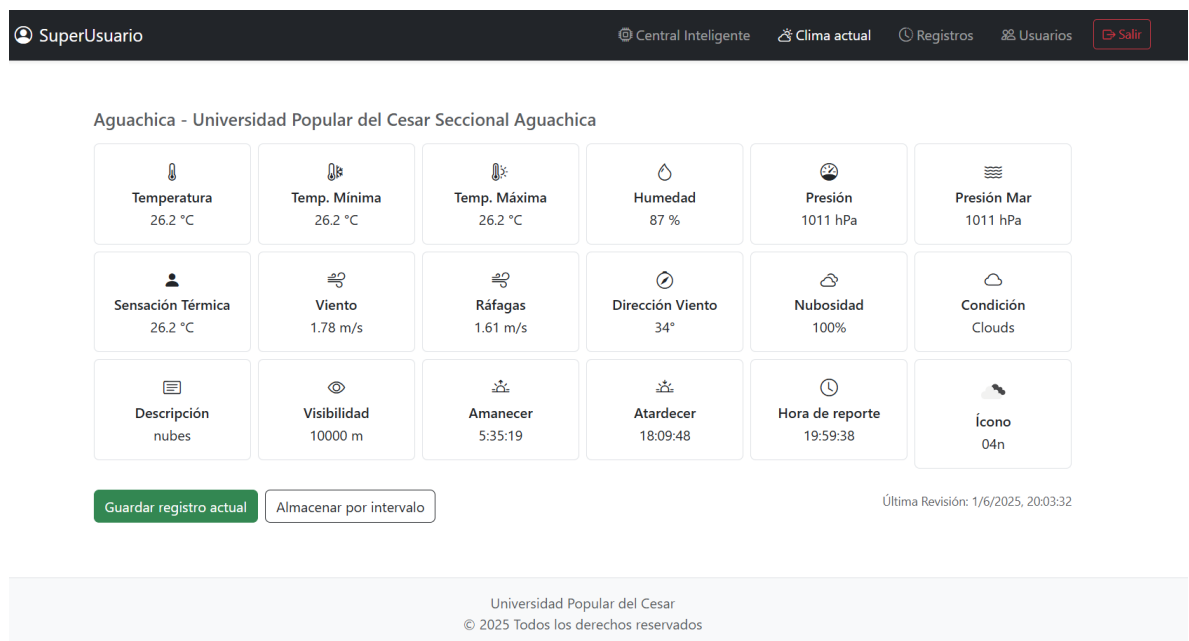


Universidad Popular del Cesar  
© 2025 Todos los derechos reservados

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 48 se observa la pantalla principal de “Clima Actual” una vez que el usuario ha iniciado sesión. Aquí se presentan en tarjetas todos los valores obtenidos de la API de OpenWeatherMap (temperatura, humedad, viento, presión, nubosidad, horas de amanecer y atardecer, etc.). En la parte inferior, se encuentran los botones “Guardar registro actual” y “Almacenar por intervalo” que permiten al usuario persistir el reporte en la base de datos de MongoDB Atlas para posteriores consultas.

Figura 48. Vista “Clima Actual” con datos meteorológicos en tiempo real



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 49 se muestra la vista donde el usuario (o superusuario) puede consultar todos los reportes meteorológicos almacenados en la base de datos. La interfaz incluye un filtro por fecha, la opción de limpiar filtros, botones para “Exportar Todos”, “Exportar Seleccionado” y “Borrar Todos”, así como acciones individuales (“Detalle” y “Eliminar”) para cada registro. Además, se indica la cantidad de registros filtrados (por ejemplo, “Mostrando 30 de 800 registros filtrados”).

Figura 49. Pantalla de “Registros Climáticos Almacenados”

Filtrar por fecha:

dd/mm/aaaa

Mostrando 30 de 800 registros filtrados.

✓	Fecha Medición	Icono	Temp (°C)	Sensación (°C)	Viento (m/s)	Ráfagas (m/s)	Humedad (%)	Nubosidad (%)	Acciones
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:13:52		26.58°C	26.58°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:17:10		26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:27:18		26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:28:34		26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:28:34		26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 50 se muestra el formulario de edición de perfil, donde el usuario autenticado puede actualizar su correo y, opcionalmente, cambiar su contraseña. Los campos de nombre y usuario aparecen deshabilitados para evitar modificaciones no autorizadas, mientras que el campo de “Nueva Contraseña” incorpora validaciones de longitud y complejidad.

Figura 50. Vista “Mi perfil” del usuario autenticado

SuperUsuario

Central Inteligente

Clima actual

Registros

Usuarios

Salir

### Mi perfil

Nombre

SuperUsuario

Usuario

SuperUsuario

Correo

super2@unicesar.edu.co

Nueva Contraseña

Deja vacío si no deseas cambiarla

La nueva contraseña debe tener al menos 6 caracteres, una mayúscula, una minúscula y un número.

Guardar cambios

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 51 se muestra la interfaz de administración de cuentas disponible para el rol de superusuario. En esta vista, se listan todos los usuarios registrados con columnas que incluyen Nombre, Correo, Usuario, Rol y Último Acceso. Cada fila ofrece botones de “Editar” y “Eliminar” para modificar o deshabilitar usuarios existentes. Además, en la esquina superior derecha aparece el botón “Crear Usuario” que abre el formulario para agregar una nueva cuenta.<sup>1</sup>

Figura 51. Pantalla de “Gestión de Usuarios”

**Gestión de Usuarios**

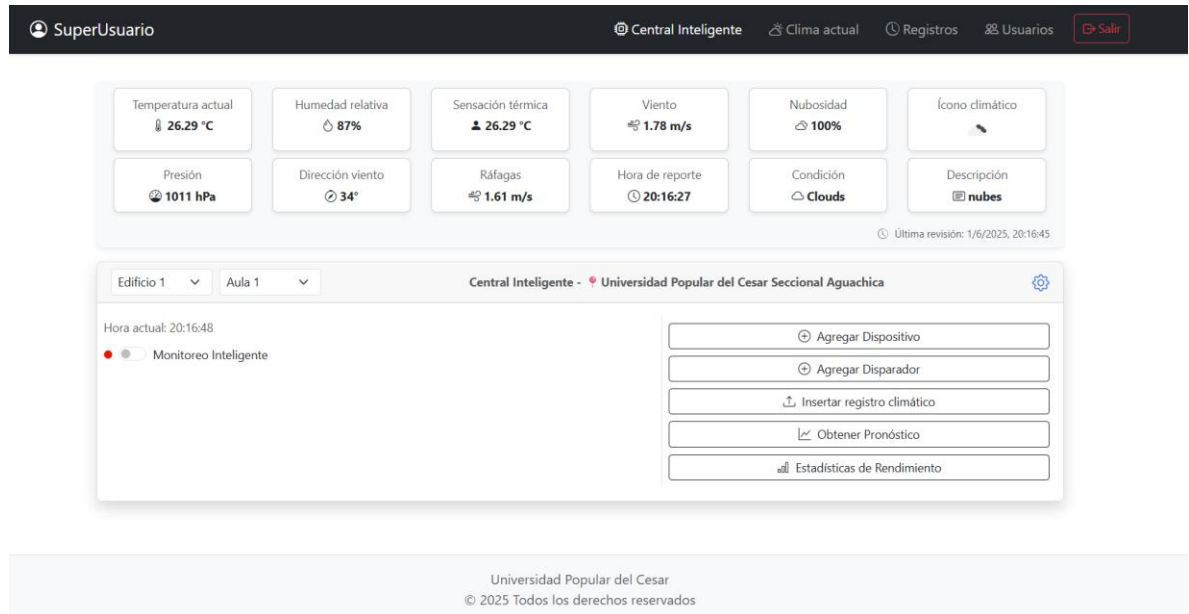
Crear Usuario

Nombre	Correo	Usuario	Rol	Último Acceso	Acciones
Carlos Mejía	administrador01@unicesar.edu.co	carlosmejia	Super Usuario	27/5/2025, 13:06:41	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
Usuario Estándar1	estandar1@unicesar.edu.co	estandar1	Usuario Estándar	20/5/2025, 13:59:19	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
SuperUser	superusuario1@unicesar.edu.co	super1	Super Usuario	21/5/2025, 1:32:04	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
dfgddgfh	fdgfdh@dfgg.djd	prueba1	Usuario Estándar	22/5/2025, 23:24:00	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
lina marcela	linamarcela@unicesar.edu.co	linam	Super Usuario	2/6/2025, 0:54:38	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
Super Usuario	superusuario@unicesar.edu.co	superUsuario	Super Usuario	26/5/2025, 11:18:28	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
superU	superu@unicesar.edu.co	super	Super Usuario	1/6/2025, 2:28:45	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
jose	jose12@gmail.com	jose12	Usuario Estándar	30/5/2025, 2:53:42	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
jose	jose@gmail.com	jose	Usuario Estándar	29/5/2025, 15:27:09	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>
SuperUsuario	super2@unicesar.edu.co	SuperUsuario	Super Usuario	2/6/2025, 1:03:31	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a>

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 52 se presenta la pantalla principal de “Central Inteligente” tras la selección de un edificio y una sala. En la parte superior aparecen de nuevo los datos del clima actual obtenidos de OpenWeatherMap, mientras que debajo se habilitan los controles específicos de monitoreo inteligente: un interruptor para “Monitoreo Inteligente” (inactivo por defecto), el selector de espacios (Edificio y Aula), y los botones para acciones clave: “Agregar Dispositivo”, “Agregar Disparador”, “Insertar registro climático”, “Obtener Pronóstico” y “Estadísticas de Rendimiento”.

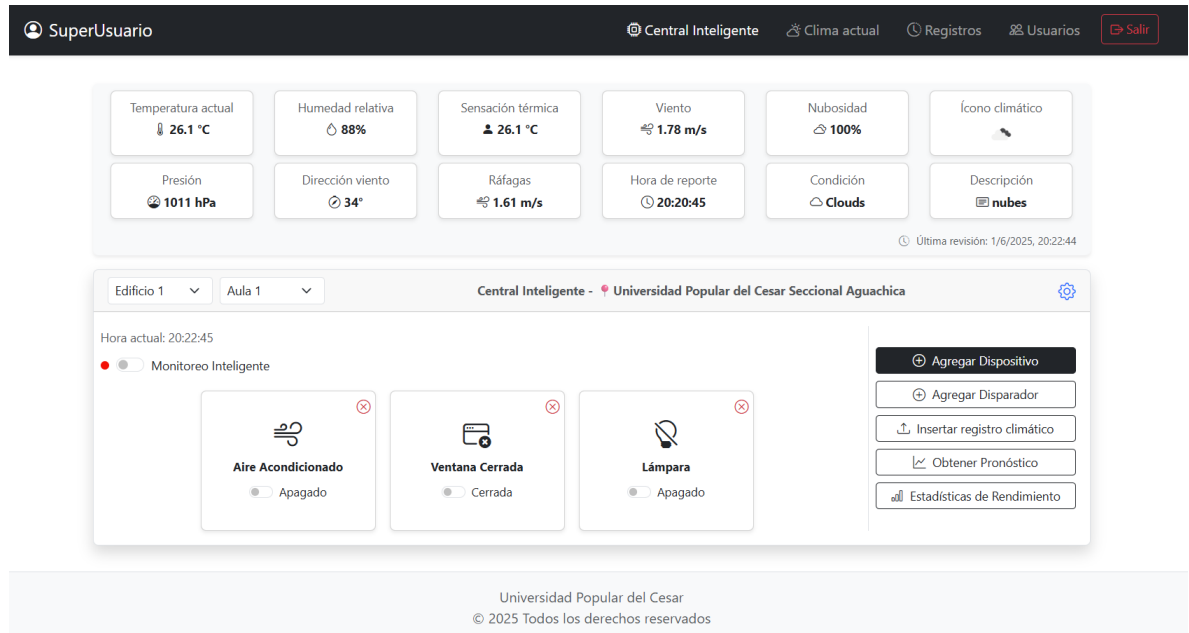
Figura 52. Vista inicial de “Central Inteligente”



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 53 se muestra el panel de “Central Inteligente” con tres dispositivos agregados a la sala: Aire Acondicionado, Ventana y Lámpara. Cada tarjeta permite ver el estado actual (apagado/cerrado) y cuenta con un botón para eliminar ese dispositivo. El interruptor de “Monitoreo Inteligente” sigue apagado, y en el panel derecho permanecen los botones para agregar nuevos dispositivos, disparadores, insertar registros climáticos, obtener pronósticos y ver las estadísticas de rendimiento.

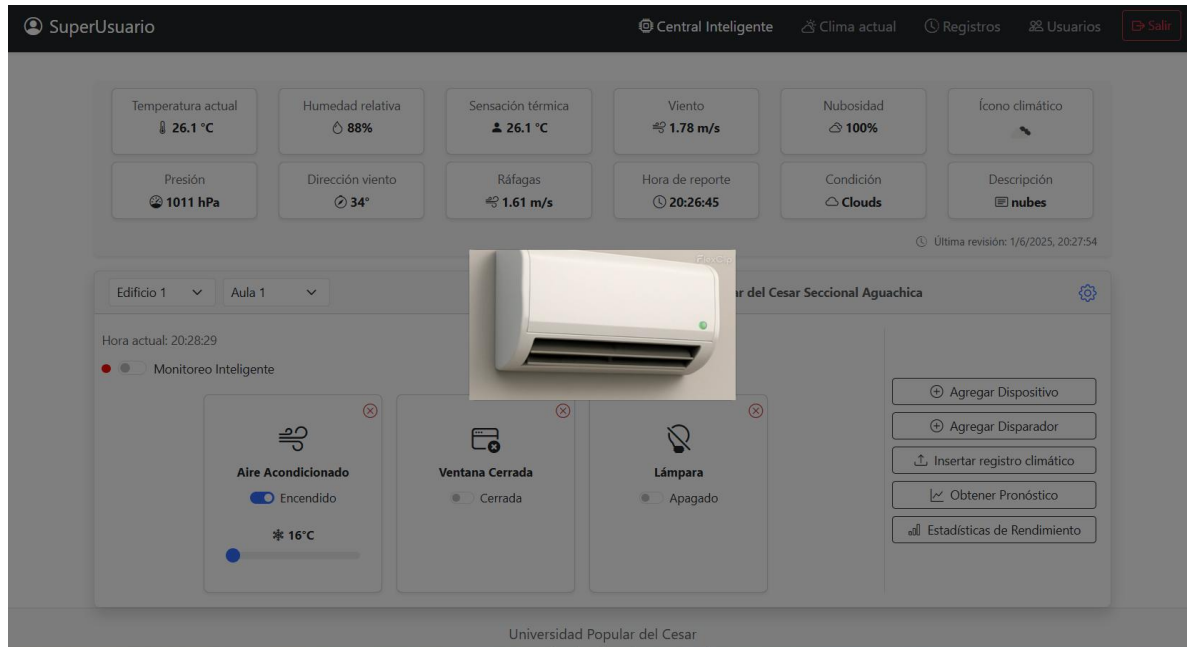
Figura 53. Dispositivos Agregados en la “Central Inteligente”



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 54 se ilustra el resultado de activar el aire acondicionado de forma manual desde la “Central Inteligente”. Al cambiar el interruptor del dispositivo a “Encendido”, la tarjeta correspondiente actualiza su estado y se reproduce automáticamente el video 3D que simula el aire acondicionado en funcionamiento, validando visualmente el cambio de estado dentro del sistema.

Figura 54. Animación 3D al encender manualmente el aire acondicionado



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 55 se aprecia el modal donde el usuario configura un nuevo disparador para un dispositivo. El formulario permite seleccionar el tipo de dispositivo (por ejemplo, "Aire Acondicionado"), definir una o más condiciones basadas en variables climáticas (ej. "Temperatura actual < 30 °C") y especificar la acción a ejecutar ("apagar"). Al hacer clic en "Guardar Disparador", la configuración se almacena en el backend y se aplicará cuando se cumpla la condición durante el monitoreo automático.

Figura 55. Formulario para “Agregar Disparador Inteligente”

The image shows a web interface for smart building management. A modal window titled "Agregar Disparador Inteligente" is open over a dashboard. The dashboard displays various environmental metrics: Temperatura actual (25.7 °C), Humedad relativa (89%), Sensación térmica (26.65 °C), Viento (1.81 m/s), Nubosidad (100%), and Presión (1012 hPa). The modal form contains the following fields and controls:

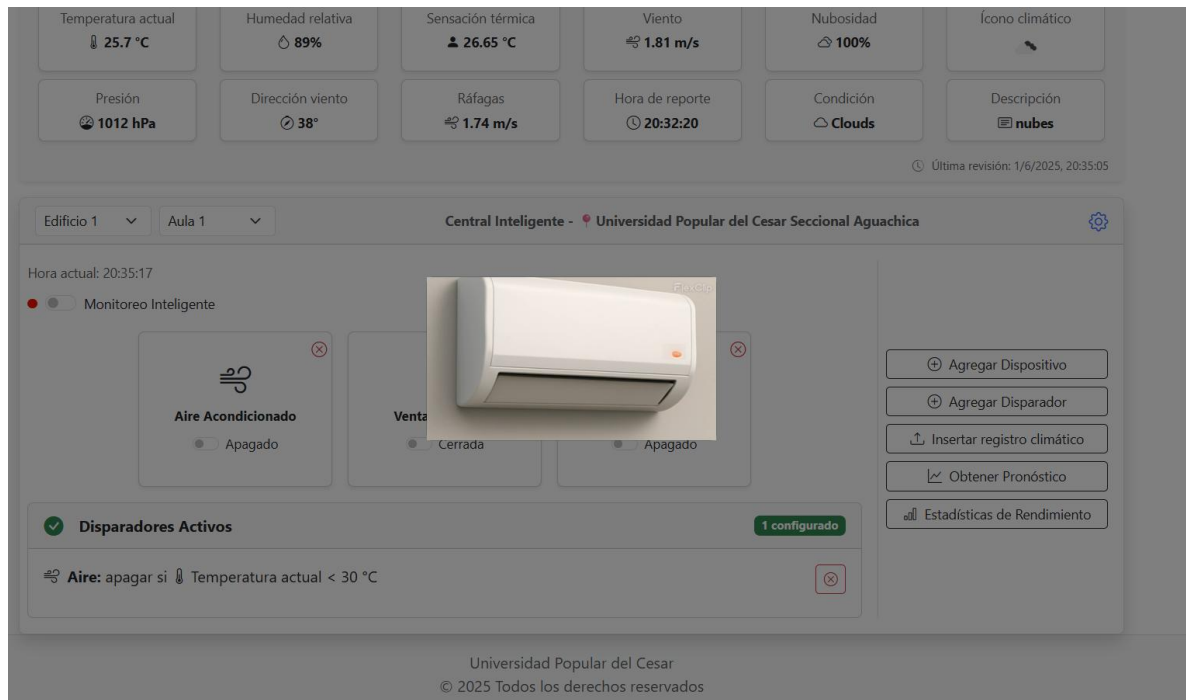
- Tipo de Dispositivo:** A dropdown menu with "Aire Acondicionado" selected.
- Temperatura actual:** A dropdown menu with "<" selected, followed by a text input field containing "30".
- + Agregar Condición:** A button to add a condition.
- Acción:** A dropdown menu with "apagar" selected.
- Buttons:** "Cancelar" and "Guardar Disparador".

At the bottom of the interface, the text "Universidad Popular del Cesar" and "© 2025 Todos los derechos reservados" is visible.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 56 se muestra la sección “Disparadores Activos” en la parte inferior de la “Central Inteligente”, donde aparece el disparador configurado: “Aire: apagar si Temperatura actual < 30 °C”. Con el monitoreo inteligente desactivado y disparadores agregados, el sistema evalúa continuamente las condiciones programadas. Al detectarse que la temperatura ha estado por debajo de 30 °C, el aire acondicionado se apaga automáticamente (se actualiza el interruptor en la tarjeta del dispositivo) y se reproduce el video 3D en el centro de la pantalla, mostrando el aire apagándose sin intervención manual.

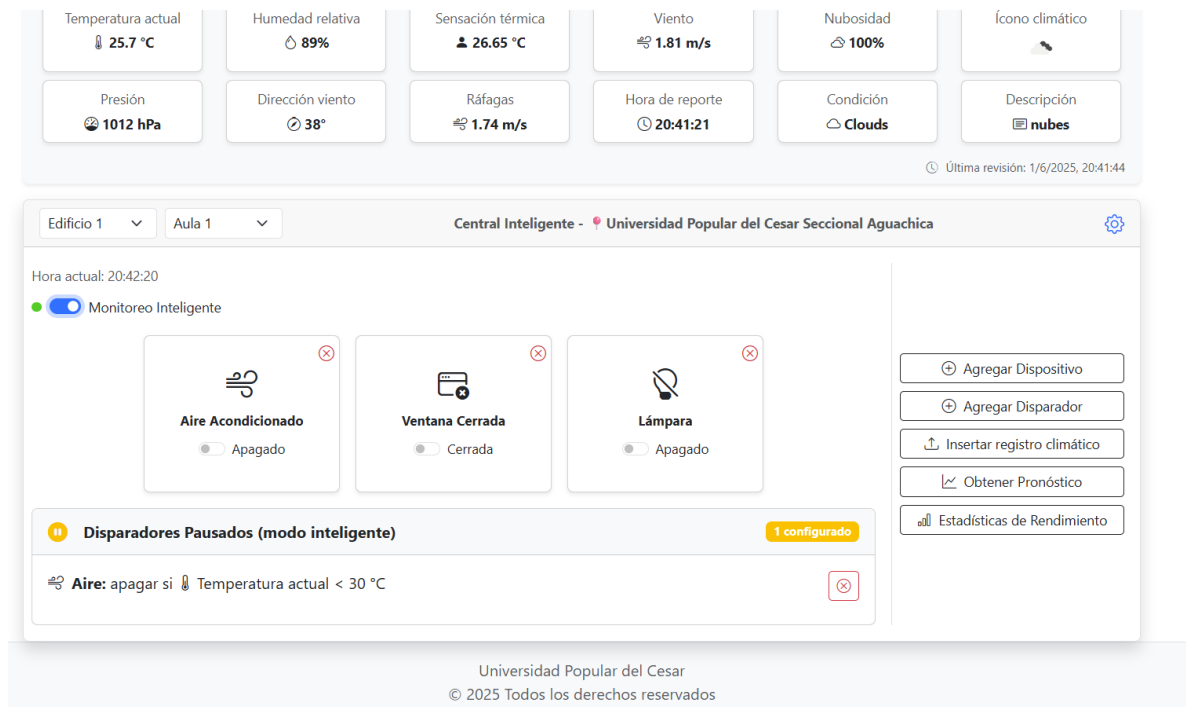
Figura 56. Disparadores activos y animación de apagado automático del aire acondicionado



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 57 se observa que, al activar el interruptor de “Monitoreo Inteligente” (ícono verde) en la “Central Inteligente”, la sección de “Disparadores Activos” pasa a mostrarse como “Disparadores Pausados (modo inteligente)”. Esto evita conflictos entre las reglas de disparadores manuales y las acciones automáticas basadas en predicciones. Una vez habilitado el monitoreo inteligente, el sistema recopila y almacena cinco reportes meteorológicos consecutivos en un buffer. Al completarse estos cinco registros, se envían al backend para solicitar una predicción al microservicio FastAPI. Con la respuesta recibida, la lógica del sistema determina automáticamente los ajustes de cada dispositivo (siguiendo criterios de confort y seguridad) y actualiza los estados sin intervención manual.

Figura 57. Disparadores en pausa cuando se activa el “Monitoreo Inteligente”



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 58 se aprecia la salida de la consola del navegador mientras el sistema alimenta el buffer con cinco registros climáticos, envía esos cinco datos al backend para solicitar la predicción automática, y luego corre el buffer guardando solo los cuatro registros más recientes para la siguiente iteración. Asimismo, puede observarse que, tras recibir la predicción, el sistema espera el valor real para registrar la evaluación del modelo con su correspondiente comparación. Esta trazabilidad permite verificar paso a paso el flujo de datos, la invocación al microservicio y la lógica de almacenamiento de predicciones y valores reales.

Figura 58. Trazabilidad en la consola durante el “Monitoreo Inteligente”

```
[Clima][20:41:21] Cambio detectado. dt index-CyTq7p-s.js:55
anterior = 1748828224, dt nuevo = 1748828481

[SmartMode] Registro recibido, index-CyTq7p-s.js:55
buffer size: 5

[useDisparadores] efecto ejecutado index-CyTq7p-s.js:55

[useDisparadores] Monitoreo no activo, index-CyTq7p-s.js:55
deteniendo intervalo

[SmartMode] Evaluación modelo index-CyTq7p-s.js:55
guardada con valor real

[SmartMode] Enviando últimos 5 index-CyTq7p-s.js:55
registros para predicción: ▶ (5) [...], [...], [...], [...], [...]]

[SmartMode] Predicción obtenida: index-CyTq7p-s.js:55
{predicted_temp: 25.44, predicted_feels_like: 26.7, predic
▶ ted_humidity: 88.11, predicted_clouds: 100.23, predicted_w
ind_speed: 1.78, ...}

[SmartMode] Niveles calculados: index-CyTq7p-s.js:55
• Aire acondicionado → 26°C index-CyTq7p-s.js:55
• Ventanas → abrir index-CyTq7p-s.js:55
• Lámpara → 90% index-CyTq7p-s.js:55

[SmartMode] Buffer deslizado, nuevo index-CyTq7p-s.js:55
tamaño: 4

[useDisparadores] efecto ejecutado index-CyTq7p-s.js:55

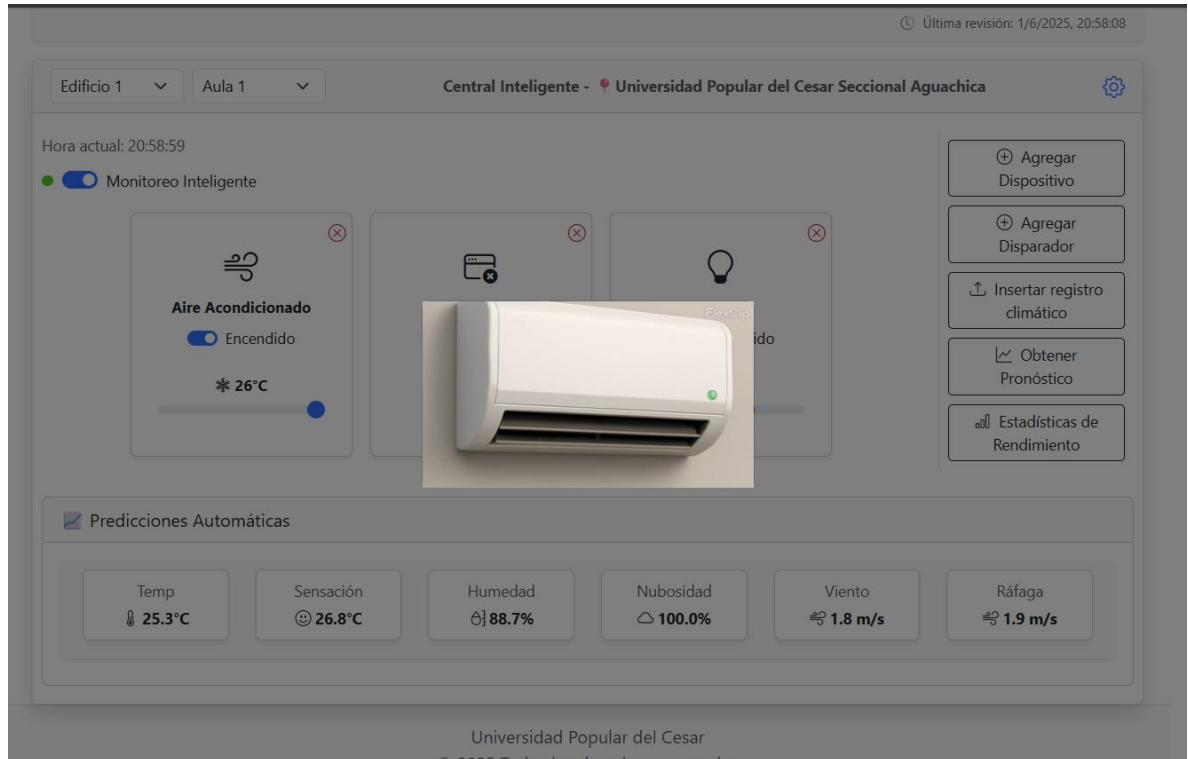
[useDisparadores] Monitoreo no activo, index-CyTq7p-s.js:55
deteniendo intervalo

[Clima][20:42:08] Sin cambio en dt: index-CyTq7p-s.js:55
1748828481

[Clima][20:43:27] Sin cambio en dt: index-CyTq7p-s.js:55
1748828481
```

En la Figura 59 se observa que, con el “Monitoreo Inteligente” activo, el sistema ha recibido una nueva predicción que se muestra en el panel inferior bajo “Predicciones Automáticas” (por ejemplo, Temp 25.3 °C, Sensación 26.8 °C, Humedad 88.7 %, Nubosidad 100 %, Viento 1.8 m/s, Ráfaga 1.9 m/s). Inmediatamente después, la lógica inteligente determina que el aire acondicionado debe encenderse, lo cual se refleja en la tarjeta del dispositivo (toggle en posición “Encendido” y temperatura fijada en 26 °C) y se reproduce la animación 3D correspondiente, validando el ajuste automático sin intervención manual.

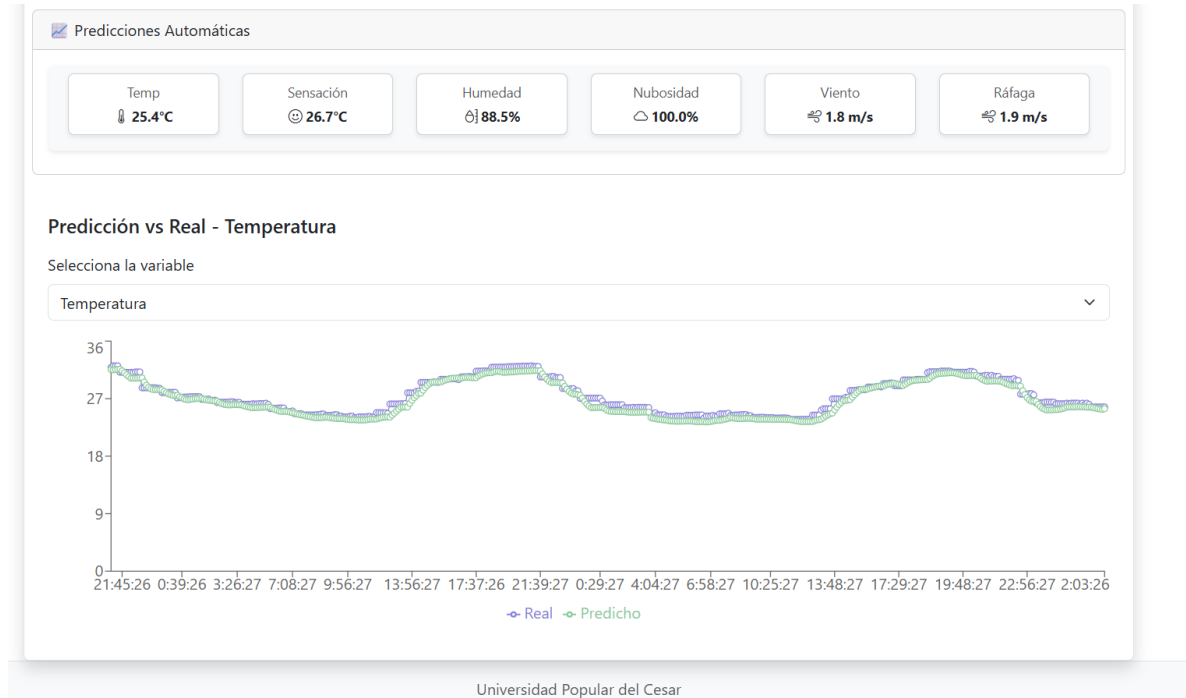
Figura 59. Ejecución del monitoreo inteligente y animación 3D del encendido de aire



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 60 se presenta el gráfico lineal donde se trazan, a lo largo del tiempo, los valores de temperatura reales (en color morado) frente a los valores predichos (en color verde). Esta visualización permite evaluar la precisión del modelo de pronóstico, observando si las curvas de temperatura real y predicha convergen o se desvían significativamente en diferentes franjas horarias.

Figura 60. Gráfica de comparación Predicción vs Real para la variable Temperatura



Fuente: Elaboración propia

El sistema también permite insertar manualmente un reporte climático y, al enviar un JSON con cinco registros meteorológicos, obtiene al instante la predicción del sexto registro basado en esos datos.

Las evidencias documentadas a lo largo de estos subcapítulos confirman la madurez del sistema desde la fase de diseño hasta su despliegue productivo. De esta manera, se cierra el ciclo de desarrollo con una plataforma completamente funcional y escalable, lista para futuras ampliaciones e integraciones que maximicen su impacto en entornos inteligentes.

## 5. CONCLUSIÓN

El desarrollo del sistema inteligente de control ambiental para edificaciones presentado en este trabajo demuestra la viabilidad y eficacia de combinar datos meteorológicos en tiempo real con técnicas de aprendizaje automático para optimizar la gestión energética y garantizar condiciones de confort en espacios académicos. A lo largo de la investigación, se logró cumplir con los objetivos planteados: definir una arquitectura de microservicios desacoplada, implementar un pipeline de entrenamiento y validación de un modelo LSTM para pronóstico climático, y construir la interfaz de usuario capaz de mostrar información en tiempo real, almacenar registros y activar automáticamente acciones sobre los dispositivos de una central inteligente.

La arquitectura propuesta compuesta por un frontend en React, un API RESTful orquestador en Spring Boot y un microservicio de predicción en FastAPI validó que cada componente puede escalarse de forma independiente, facilitando el mantenimiento y la incorporación de nuevas funcionalidades. El modelo LSTM obtuvo un desempeño balanceado, suficiente para guiar la toma de decisiones automáticas, tales como encender o apagar el aire acondicionado, abrir o cerrar ventanas y regular la iluminación según las condiciones pronosticadas. La inclusión de animaciones 3D en la interfaz mejoró la comprensión de las acciones ejecutadas, reforzando la usabilidad del sistema. Asimismo, la utilización de MongoDB Atlas permitió manejar tanto datos históricos como evaluaciones del modelo en un entorno de base de datos en la nube, asegurando persistencia y disponibilidad.

El proceso de implementación y pruebas confirmó que el uso de ventanas móviles de cinco registros meteorológicos es adecuado para capturar tendencias temporales y generar predicciones con un horizonte razonable para el control de dispositivos. Los disparadores configurables y el “modo inteligente” coexisten sin conflictos, puesto que el sistema suspende automáticamente las reglas manuales

cuando el modelo LSTM asume el control de los ajustes. Las pruebas de integración en entorno local mostraron un excelente rendimiento para las solicitudes de datos y predicciones, cumpliendo con los requisitos de usabilidad y eficiencia.

El impacto positivo que podría tener este proyecto en la universidad popular del Cesar seccional Aguachica representaría una gran iniciativa en la de contribuir a la eficiencia energética, la sostenibilidad institucional y el mejoramiento de las condiciones ambientales en los espacios universitarios.

En La región de Aguachica Cesar se caracteriza por las elevadas temperaturas, cambios climáticos imprevistos, esto genera la necesidad de soluciones que permitan adaptarse a los espacios de la universidad de forma dinámica, el uso de esta herramienta en tiempo real, integrando los modelos predictivos, lograra anticipar fenómenos como olas de calor, lluvias intensas o aumento de la humedad, ajustando los sistemas de ventilación, iluminación entre otros. El poder reaccionar de manera proactiva mejoraría el confort y el bienestar dentro de los espacios de la universidad. A su vez lograría reducir el consumo innecesario de energía eléctrica.

En términos de Rendimiento energético esta tecnología podría reducir entre el 20% y 40%, teniendo en cuenta que dispositivos domóticos pueden llegar ahorra hasta un 30% de consumo energético según (TuAlarmaSinCuotas, 2023), sin contar con un sistema de predicción o sistema inteligente al prevenir el uso continuo del aire acondicionado o de las luces encendidas sin ninguna necesidad, además la recolección de datos climáticos permite mejorar los hábitos energéticos.

El ahorro energético generaría un impacto positivo en la calidad del ambiente en la comida universitaria, ofrecería una mayor comodidad, seguridad y un control, permitiendo predecir cualquier evento climático, que se pueda ocasionar pueda ocasionar, además promueve la conciencia ambiental más activa, al involucrar a las personas en el uso de responsable de recursos.

El efecto o impacto social que puede tener este proyecto significativo al bienestar colectivo radica en mejorar la calidad de vida de las personas mediante la incorporación de tecnologías emergentes, que permitan optimizar las condiciones ambientales de los espacios habitables, la implementación de sistemas inteligentes basados en análisis predictivos del clima no solo transforma el entorno físico sino también promueve la sostenibilidad y eficiencia. Tanto en hogares como en espacios académico y entornos industriales, puede contribuir a regular factores como la temperatura, la iluminación o la ventilación, previniendo eventos climáticos adversos. Esto podría dar como resultado un ambiente mas saludable y controlado, y genera seguridad para quienes lo usan. La capacidad de prever condiciones extremas y el poder adaptarse de manera automática al entorno de estas variables, reduce riesgo para la salud, previene daños a la infraestructura disminuyendo el consumo innecesario de recurso.

Desde una perspectiva global, la implementación masiva de tecnologías inteligentes en hogares puede contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono, disminuyendo la demanda energética de las ciudades y favoreciendo el cumplimiento de metas sostenibles en materia de cambio climático. Así, no solo transforma la manera de habitar, sino que se convierte en una aliada clave en la lucha por un futuro más eficiente y sostenible.

No obstante, existen áreas de mejora que merecen atención en trabajos futuros. Primero, se podría ampliar la base de datos de entrenamiento incorporando datos históricos más extensos o fuentes regionales adicionales para potenciar la exactitud

del modelo. Segundo, la inclusión de variables adicionales (como radiación solar o calidad del aire) podría enriquecer las capacidades de predicción y extender el alcance del sistema a otros ámbitos, como salud ambiental o control de ventilación. Tercero, el despliegue en entornos productivos, por ejemplo, mediante contenedores orquestados con Kubernetes requerirá evaluaciones de resiliencia, balanceo de carga y tolerancia a fallos para asegurar alta disponibilidad. Finalmente, la integración con sistemas de gestión energética de edificios (BEMS) y la aplicación de algoritmos de optimización podría maximizar el ahorro energético y reducir costos operativos a escala real.

En general, esta investigación valida un prototipo funcional que combina tecnologías actuales de desarrollo web, microservicios y machine learning para ofrecer un sistema inteligente de control ambiental, sentando las bases para implementaciones a gran escala en entornos educativos o empresariales. La arquitectura modular, el enfoque iterativo de Scrum y la metodología CRISP-DM para el modelado de datos constituyen un marco robusto y replicable para futuros proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito de edificios inteligentes y gestión energética.

## **6. RECOMENDACIONES**

Para mejorar la precisión y robustez del sistema, se recomienda ampliar la fuente de datos climáticos incorporando registros históricos adicionales o información proveniente de estaciones locales para enriquecer el conjunto de entrenamiento del modelo LSTM. En paralelo, es clave desplegar los microservicios en un entorno de producción basado en contenedores orquestados (Kubernetes o Docker Swarm), configurando pipelines de CI/CD que automaticen la construcción, las pruebas y el

despliegue de cada componente (React, Spring Boot y FastAPI), garantizando alta disponibilidad, balanceo de carga y tolerancia a fallos.

De cara al futuro, resulta conveniente planificar pilotos en entornos reales, por ejemplo, aulas o edificios universitarios, recolectar feedback tanto cualitativo como cuantitativo (encuestas de satisfacción y registros de consumo energético) y explorar colaboraciones interdisciplinarias (ingeniería eléctrica, arquitectura) para integrar el sistema con redes inteligentes (smart grids) o sistemas de gestión de edificios, así como investigar enfoques de aprendizaje federado que permitan entrenar modelos cooperativamente sin compartir datos sensibles directamente.

Con el fin de ampliar el alcance, es recomendable integrar el sistema con plataformas institucionales de gestión de instalaciones existentes (por ejemplo, plataformas de campus virtual o sistemas de reservas de aulas). De este modo, se automatizarían tareas de control ambiental vinculadas al horario de clases o eventos, optimizando aún más el consumo energético y reforzando el valor agregado ante administradores universitarios. Asimismo, establecer alianzas con empresas de domótica y proveedores de dispositivos IoT abriría la posibilidad de incorporar nuevos sensores (calidad del aire, ocupación) y actuadores especializados, enriqueciendo las capacidades del “Smart Hub” sin necesidad de rediseñar la arquitectura central. Adicionalmente, se podría implementar una skill de Alexa (o acción de Google Assistant) que, mediante AWS IoT o Google Cloud Functions, exponga las mismas APIs RESTful del backend para consultas y comandos por voz (por ejemplo, “encender aire en sala 101” o “¿cuál es el pronóstico para esta tarde?”), brindando una capa de interacción natural y facilitando el acceso al sistema desde asistentes digitales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Aguachica. (2018). *Nuestro municipio*. <https://www.aguachica-cesar.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Alcaldía de Aguachica. (2025). *Plan de desarrollo territorial 2025-2027: Aguachica entorno de paz, progreso y sostenibilidad*.
- Araujo, J. (2022). Implementación de las nuevas tecnologías. Simuladores virtuales en la transferencia del conocimiento en la educación anatómica. *Avances en*

- Biomedicina*, 11(2), 78-88.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5547092>
- Arispe, C., Yangali, J., & Guerrero, M. (2020). *La investigacion cientifica: una aproximacion para los estudios de posgrado*. Universidad Internacional del Ecuador. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/171469>
- Barrio, M. (2018). *Internet de las cosas*. Editorial Reus. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/121519>
- Benanav, A. (2020). *Automation and the Future of Work*. Verso Books. [https://www.google.com/books/about/Automation\\_and\\_the\\_Future\\_of\\_Work.html?id=mDf\\_DwAAQBAJ](https://www.google.com/books/about/Automation_and_the_Future_of_Work.html?id=mDf_DwAAQBAJ)
- Berchon, M., & Luyt, B. (2016). *La impresion 3D: guia definitiva para makers, disenadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Editorial GG. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/45582>
- Brave Developer. (2021). *¿Qué es REST, RESTful API, RESTful y JSON?* <https://bravedeveloper.com/2021/09/01/que-es-rest-restful-api-restful-y-json/>
- Castillo, J. (2019). *Big data. IFCT128PO*. IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/124254>
- Company, P., & Gonzalez, C. (2013). *CAD 3D con SolidWorks: diseno basico*. D - Universitat Jaume I. Servei de Comunicacio i Publicacions. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/51752>
- Fernández, R., Ordieres, J., Martínez de Pisón, F., González, A., Alba, F., Lostado, R., & Pernía, A. (2023). *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. Grupo de Investigación EDMANS.
- Fernandez Sanchez, J. (2016). *Problemas de meteorologia y climatologia*. UNED - Universidad Nacional de Educacion a Distancia. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/103057>
- Fielding, R. T. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. <https://ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
- Furszyfer Del Rio, D. D., Sovacool, B. K., & Griffiths, S. (2021). Culture, energy and climate sustainability, and smart home technologies: A mixed methods

- comparison of four countries. *Energy and Climate Change*, 2, 100035.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egycc.2021.100035>
- Galvis, J. (2022). Modelo predictivo de consumos de energía eléctrica aplicando redes neuronales artificiales. En *Tesis de Grado*.  
<https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7116>
- García, J. Y. F. (2018). Orientaciones para la construcción de viviendas inteligentes en Colombia basadas en el Internet de las cosas. En *Tesis de Maestría*.  
<https://hdl.handle.net/10630/30564>
- García Moreno, E. (2020). *Automatización de procesos industriales: robótica y automática*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.  
<https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/129686>
- Ghosh, A. (Amitava), Ratasuk, R., & Rost, P. (2022). *5G-Enabled Industrial IoT Networks*. Artech House.  
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadviu/detail.action?docID=6965421>
- Gomez, M. (2009). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Brujas. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/78021>
- González, I. (2021). *Robots en la sombra*. Difusora Larousse - Anaya Multimedia.  
<https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/217092>
- Herrera, L. (2005). Viviendas inteligentes (Domótica). *Ingeniería e Investigación*, 25(2), 47-53. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325207>
- Higuera, E., & Salazar, J. (2016). Desarrollo de una interfaz de usuario para monitorizar remotamente el consumo de energía eléctrica por circuito ramal en una instalación de tipo residencial bajo la perspectiva del hogar inteligente (Smart home). En *Tesis de Grado*.  
<https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/35046>
- IBM. (2025). *¿Qué es una API REST?*
- Jorquera, A. (2017). *Fabricación Digital: introducción al modelado e impresión 3D*. Ministerio de Educación y Formación Profesional de España.  
<https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/49441>

- Jovita, J. A., Ramachandran, G., & Rathinam, D. N. E. (2022). REST API and SOAP - Web Services Validation in IoT environment. *NeuroQuantology*, 20(16), 695-710. <https://doi.org/https://doi.org/10.14704/NQ.2022.20.16.NQ88071>
- Kang, J., Yu, S., & Yang, K. (2021). Real-time data processing framework based on RESTful web services for IoT applications. *Journal of Network and Computer Applications*, 178, 102994. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102994>
- Kaustubh, D. (2021). *Lifecycle IoT Security for Engineers*. Artech House. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadviu/detail.action?docID=6805253>
- Kumar, N., Sundaram, K., Reena, R., & Madhumathi, S. (2023). Optimizing Energy Consumption in Smart Homes Using Machine Learning Techniques. *E3S Web Conf.*, 387, 2002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338702002>
- Lerma, H. (2009). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto (4a ed.)*. Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/69092>
- Liyanage, M., Braeken, A., Kumar, P., & Ylianttila, M. (2020). *IoT Security: Advances in Authentication*. John Wiley & Sons, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadviu/detail.action?docID=5988985>
- Llaneza, P. (2018). *Seguridad y responsabilidad en la Internet de las cosas (IoT)*. Editorial Bosch.
- López S, D. (2024). *Automatización de un sistema domótico para una vivienda inteligente*. <https://hdl.handle.net/10630/30564>
- Ortiz, J. (2014). *Casos practicos de modelado 3D de precision a partir de fotografias*. Universidade de Santiago de Compostela. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/43040>
- Patni, S. (2017). Fundamentals of RESTful APIs. En S. Patni (Ed.), *Pro RESTful APIs: Design, Build and Integrate with REST, JSON, XML and JAX-RS* (pp. 1-9). Apress. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2665-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2665-0_1)

- Pergantis, E. N., Priyadarshan, Theeb, N. Al, Dhillon, P., Ore, J. P., Ziviani, D., Groll, E. A., & Kircher, K. J. (2024). *Field demonstration of predictive heating control for an all-electric house in a cold climate*. <https://arxiv.org/abs/2402.07032>
- Pressman, R. S. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th, Ed.). McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/>
- Rajlich, V. (2011). *Software Engineering: The Current Practice*. CRC Press LLC. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadviu/detail.action?docID=1581463>
- Rangel, R. S. (2024). *Desarrollo de una aplicación web para la automatización del proceso KDD de los datos de encuestas de egresados en la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica*.
- Razghandi, M., Zhou, H., Erol-Kantarci, M., & Turgut, D. (2021). *Smart Home Energy Management: Sequence-to-Sequence Load Forecasting and Q-Learning*. <https://arxiv.org/abs/2109.12440>
- Ronquillo, V., Castro, M., & Castro, J. (2024). *Metodología de la Investigación Educativa*. Editorial Tecnocientífica Americana. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/253751>
- Sánchez, D. F. (2024). Herramientas de análisis espacio-temporal de datos climáticos y espectrales como base para la caracterización y modelación climática y estimación indirecta de parámetros productivos en aguacate cv. Hass. En *Tesis de Maestría*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86890>
- Seoanez Calvo, M. (2008). *Tratado de climatología aplicada a la ingeniería medioambiental: analisis climatico. Uso del analisis climatico en los estudios medioambientales*. Mundi-Prensa. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/35867>
- Suarez Leon, A. A., Vazquez Seisdedos, C. R., & Huffel, S. Van. (2018). *Machine learning approaches for ambulatory electrocardiography signal processing*. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/120524>
- Theobald, O. (2017). *Machine Learning For Absolute Beginners: A Plain English Introduction Second Edition*.

Torres, L. (2018). *Integración de sistemas automatizados: elaboración de prototipos y su reporte técnico*. Grupo Editorial Exodo. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/128565>

Vera, G. N., & Villavicencio, D. A. (2024). Diseño e implementación de un sistema IoT residencial para detectar fugas de agua empleando machine learning. En *Proyecto Integrador*. ESPOL.FIEC. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/62207>

Vinas, J. M. (2005). *Estamos cambiando el clima?* Equipo Sirius. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/35195>

Wu, D., Feng, W., Li, T., & Yang, Z. (2023). Evaluating the intelligence capability of smart homes: A conceptual modeling approach. *Data & Knowledge Engineering*, 148, 102218. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.datak.2023.102218>

Yana, J. W., & Quispe, M. D. (2020). *Modelo predictivo agroclimático para detectar cambios climatológicos con machine learning e IoT para el sector agrario de la Región Puno*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4621>

Zuniga Lopez, I., & Crespo del Arco, E. (2021). *Meteorología y climatología*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://elibro.net/es/lc/biblioupc/titulos/174610>

## ANEXOS

### Anexo A. Cronograma del proyecto


Objetivos	Actividades	2024										2025						
		feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	
<b>Objetivo 1</b>	Actividad 1: Toma de requerimientos	■	■															
	Actividad 2: Encuestas a usuarios			■														
	Actividad 3: Diseño de la red de comunicación				■													
	Actividad 4: Instalación de sensores y pruebas					■	■											




## Anexo B. Diseño de la Encuesta para Evaluar la Viabilidad de la Investigación.

### Sistema de Automatización y Predicción Climática

Universidad Popular del Cesar - Seccional Aguachica

carlosmejiaRodriguez@gmail.com [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

**\* Indica que la pregunta es obligatoria**

**1. ¿Cuál es su programa académico? \***

- Ingeniería de Sistemas
- Ingeniería Agroindustrial
- Ingeniería Ambiental
- Administración de Empresas
- Contaduría Pública
- Economía

**2. ¿Cuál es su jornada de estudio? \***

- Diurna
- Nocturna

**3. ¿En qué semestre se encuentra actualmente? \***

- 1° - 2° semestre
- 3° - 4° semestre
- 5° - 6° semestre
- 7° semestre o superior

**4. ¿Con qué frecuencia experimenta incomodidades relacionadas con las condiciones climáticas en los salones de clase?** \*

- Siempre
- Frecuentemente
- Algunas veces
- Rara vez
- Nunca

**5. ¿Qué factores climáticos afectan más su comodidad en los salones?** \*  
(Seleccione todas las que apliquen)

- Temperatura elevada
- Humedad elevada
- Calidad del aire
- Falta de ventilación
- Lluvias inesperadas

**6. ¿Considera que las condiciones climáticas afectan su rendimiento académico?** \*

- Sí, significativamente
- Sí, en cierta medida
- No estoy seguro(a)
- No, en absoluto

**7. ¿Qué funcionalidades considera más importantes en un sistema de monitoreo climático para espacios académicos?** \*  
(Seleccione todas las que apliquen)

- Ajuste automático de temperatura y ventilación
- Monitoreo y alerta de calidad del aire
- Anticipación de cambios climáticos extremos
- Optimización del uso de recursos energéticos
- Reportes sobre condiciones ambientales

**8. ¿Qué tiempo de respuesta considera aceptable para que el sistema realice ajustes ante un cambio climático? \***

- Inmediato (menos de 1 minuto)
- Rápido (1-5 minutos)
- Moderado (6-15 minutos)
- No tengo una preferencia específica

**9. ¿Qué interfaz considera más adecuada para controlar el sistema? \***

- Aplicación móvil
- Página web
- Panel físico en las aulas
- Asistente de voz

**10. ¿Qué tan importante considera implementar un sistema automatizado de monitoreo climático en los salones de clase? (1: Nada importante, 5: Muy importante) \***

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**11. ¿Cree que este sistema contribuiría a reducir el consumo energético de la universidad? \***

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no

**12. ¿Considera que este tipo de sistemas podría inspirar el desarrollo de proyectos similares en otras áreas de la universidad?** \*

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no

**13. ¿Qué tan probable es que apoye la implementación de este sistema en su sede universitaria? (1: Nada probable, 5: Muy probable)** \*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

## Anexo C. Manual de Usuario.

### CAPITULO 1: INICIO DE SESION.

Al ingresar a la aplicación, se presenta una interfaz donde el usuario puede iniciar sesión, el cual se requiere:

- Usuario
- Contraseña

**Nota importante: La contraseña debe tener mínimo 6 caracteres, una mayúscula, una minúscula y un número.**

Al ingresar estos datos ya podemos darle click al botón iniciar sesión.



The image shows a login form for 'Espacios Inteligentes'. At the top is a logo of a building with a Wi-Fi signal. Below the logo, the text reads 'Espacios Inteligentes' and 'Sistema inteligente de control ambiental'. There are two input fields: 'Usuario' and 'Contraseña'. Below these fields is a blue button labeled 'Iniciar sesión'. A red oval highlights the button, and a red arrow points from a box labeled 'BOTON INICIAR' to the button.

**Nota importante: La creación de usuarios, solo la puede hacer el administrador, el cual crea el usuario y escoge el rol que se va a manejar.**

## CAPITULO 2: PAGINA PRINCIPAL.

Al Iniciar sesión, esta será nuestra vista principal, donde contamos con una barra de navegación con 4 secciones, una vista previa de datos climáticos de la ciudad de Aguachica, Cesar, los cuales se van actualizando en la parte de hora de reporte, podemos observar la hora del último reporte climático que se hizo, también tres botones, los cuales 2 están en la parte inferior izquierda que nos ayudara a guardar los registros climáticos manualmente y un botón en la parte superior derecha para cerrar nuestra sesión.

The screenshot displays the main dashboard for Aguachica, Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica. The interface includes a navigation bar at the top with the following items: 'super', 'Central Inteligente', 'Clima actual', 'Registros', 'Usuarios', and 'Salir'. Below the navigation bar, the dashboard title is 'Aguachica - Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica'. The main content area is a grid of 18 weather-related cards:

Temperatura 24.81 °C	Temp. Mínima 24.81 °C	Temp. Máxima 24.81 °C	Humedad 89 %	Presión 1012 hPa	Presión Mar 1012 hPa
Sensación Térmica 25.67 °C	Viento 1.23 m/s	Ráfagas 1.18 m/s	Dirección Viento 47°	Nubosidad 100%	Condición Clouds
Descripción nubes	Visibilidad 10000 m	Amanecer 5:35:10	Atardecer 18:08:35	Hora de reporte 22:41:54	Ícono 04n

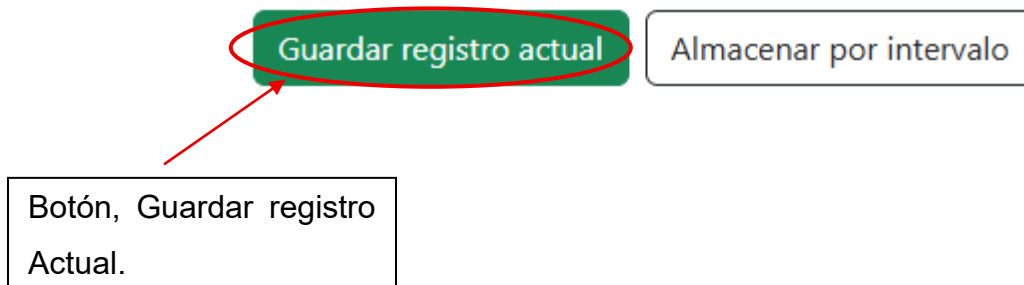
At the bottom of the dashboard, there are two buttons: 'Guardar registro actual' (highlighted in green) and 'Almacenar por intervalo'. The text 'Última Revisión: 27/5/2025, 22:50:16' is visible below the grid. The footer contains the text 'Universidad Popular del Cesar'.

Annotations in the image include:

- 'Barra de navegación' pointing to the top navigation bar.
- 'Botón de salir.' pointing to the 'Salir' button in the navigation bar.
- 'Botones para guardar registros climáticos.' pointing to the 'Guardar registro actual' and 'Almacenar por intervalo' buttons.
- 'Hora de reporte.' pointing to the 'Hora de reporte' card in the weather grid.

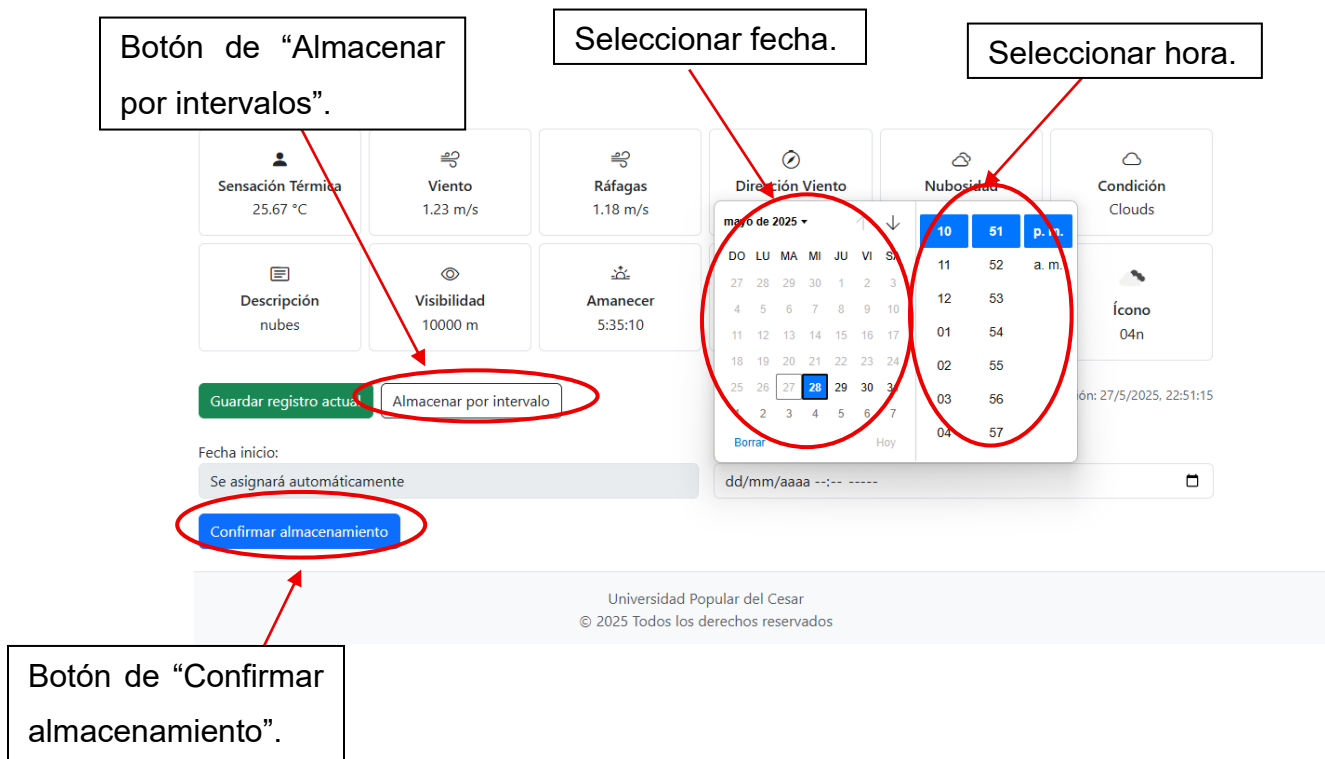
## 2.1. Guardar Un Registro Climático.

Para guardar un registro registros climático damos click al botón “Guardar registro Actual”.



### 2.1.1. Guardar Varios Registros Climáticos.

Pero si queremos guardar más de un registro damos clic en el botón “Almacenar por intervalos”, el cual nos mostrara una pequeña interfaz donde podemos elegir que fecha y hasta que horas queremos que guardar los registros climáticos y al finalizar damos click en el botón “Confirmar almacenamiento”.



### CAPITULO 3: GESTION DE USUARIOS.

Para la Gestion de usuarios, ingresamos donde dice “Usuarios” en nuestra barra de búsqueda, nos va a mostrar una interfaz donde podemos visualizar un botón de crear usuario, una tabla el cuan contiene los datos de cada usuario, como su nombre, correo, usuario, rol y su último acceso a la plataforma y unos botones con unas acciones los cuales podemos eliminar el usuario y editar la información del mismo.

Sección Usuario.

super Central Inteligente Clima actual Registros **Usuarios** Salir

#### Gestión de Usuarios

Crear Usuario

Nombre	Correo	Usuario	Rol	Último Acceso	Acciones
Carlos Mejía	administrador01@unicesar.edu.co	carlosmejia	Super Usuario	27/5/2025, 13:06:41	Editar Eliminar
Usuario Estándar1	estandar1@unicesar.edu.co	estandar1	Usuario Estándar	20/5/2025, 13:59:19	Editar Eliminar
SuperUser	superusuario1@unicesar.edu.co	super1	Super Usuario	21/5/2025, 1:32:04	Editar Eliminar
dfgddgfh	dfgdfdh@dfgg.djd	prueba1	Usuario Estándar	22/5/2025, 23:24:00	Editar Eliminar
lina marcela	linamarcela@unicesar.edu.co	linam	Super Usuario	26/5/2025, 20:02:57	Editar Eliminar
Super Usuario	superusuario@unicesar.edu.co	superUsuario	Super Usuario	26/5/2025, 11:18:28	Editar Eliminar
superU	superu@unicesar.edu.co	super	Super Usuario	28/5/2025, 3:50:15	Editar Eliminar

Botón “Crear usuario”

Botón “Eliminar”.

Botón “Editar”.

Tabla con información del usuario.

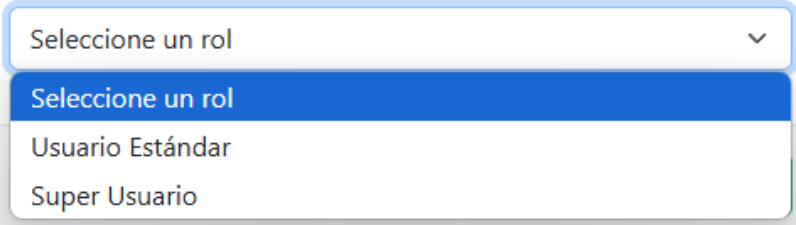
### 3.1. Crear Usuario.

Para crear Usuario damos click en el botón “Crear Usuario”, el cual nos va a abrir un formulario con los siguientes campos:

- Nombre
- Correo
- Username
- Password
- Rol

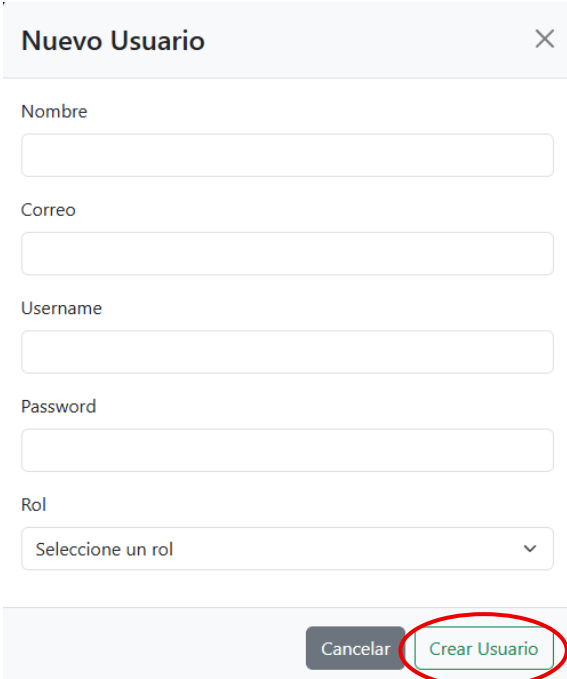
En el apartado de rol, contamos con dos roles, uno es Usuario estándar y el otro Super Usuario.

Rol




A dropdown menu with a light blue border and a white background. The text inside the menu is "Seleccione un rol" with a small downward arrow on the right. Below the menu, there are three options: "Seleccione un rol" (highlighted in blue), "Usuario Estándar", and "Super Usuario".

Al llenar todos los campos damos click en el botón “Crear Usuario” para así finalizar la operación y crear nuestro usuario.



A form titled "Nuevo Usuario" with a close button (X) in the top right corner. The form contains five input fields: "Nombre", "Correo", "Username", "Password", and "Rol". The "Rol" field is a dropdown menu with "Seleccione un rol" and a downward arrow. At the bottom of the form, there are two buttons: "Cancelar" and "Crear Usuario". The "Crear Usuario" button is circled in red, and a red arrow points to it from a box on the right that says "Botón 'Crear Usuario'".

### 3.2. Editar usuario.

Si queremos editar un usuario, debemos darle click al botón “Editar”, , nos va a mostrar un formulario donde podemos editar nuestro nombre, correo y rol, para

#### Editar Usuario ×

Estás editando tu propio usuario.

Nombre

Correo

Rol

Botón  
“Guardar  
Cambios”.

guardar los cambios que hicimos, damos click en el botón “Guardar Cambios”.

## CAPITULO 4: VISUALIZACION DE LOS REGISTROS.

Para visualizar los registros que hemos guardado, nos dirigimos a la sección “Registros”, donde podremos visualizar todos nuestros registros, mediante una tabla la cual contiene la información más relevante como lo es, la fecha que se hizo la medición, la temperatura, la sensación térmica, velocidad el viento, las ráfagas de viento, la Humedad, la Nubosidad y también cuenta con dos botones los cuales son el botón “eliminar ” donde podemos eliminar el registro y un botón “Detalle” para ver más detalles del registro.

Sección Registros.

super Central Inteligente Clima actual **Registros** Usuarios Salir

### Registros Climáticos Almacenados

Filtrar por fecha: dd/mm/aaaa Limpiar Filtro Exportar Todos Exportar Borrar Todos

Mostrando 30 de 673 registros filtrados.

<input checked="" type="checkbox"/>	Fecha Medición	Icono	Temp (°C)	Sensación (°C)	Viento (m/s)	Ráfagas (m/s)	Humedad (%)	Nubosidad (%)	Acciones
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:13:52		26.58°C	26.58°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<a href="#">Detalle</a> <a href="#">Eliminar</a>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:17:10		26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<a href="#">Detalle</a> <a href="#">Eliminar</a>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:27:18		26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<a href="#">Detalle</a> <a href="#">Eliminar</a>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:28:34		26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<a href="#">Detalle</a> <a href="#">Eliminar</a>

Botón “Detalle”.

Botón “Eliminar”.

Tabla con la información más relevante.

Visualización previa al darle click al botón “Detalle”.

```
Detalle del Registro ×  
  
{  
  "id": "682a69ba2a32dc68c2f3ce29",  
  "coord": {  
    "lon": -73.6286,  
    "lat": 8.3128  
  },  
  "weather": [  
    {  
      "id": 500,  
      "main": "Rain",  
      "description": "lluvia ligera",  
      "icon": "10n"  
    }  
  ],  
  "base": "stations",  
  "main": {  
    "temp": 26.58,  
    "feels_like": 26.58,  
    "temp_min": 26.58,  
    "temp_max": 26.58,  
    "pressure": 1009,  
    "humidity": 86,  
    "sea_level": 1009,  
    "grnd_level": 981  
  },  
}
```

## 4.2. Buscar Registro por filtrado.

Si queremos buscar registros lo podemos hacer en la parte de “Filtrar por fecha”, ahí podemos buscar los registros de un día en específico y para borrar la búsqueda por filtrado damos click en el botón “Limpiar Filtro”.

Filtrar por fecha. Botón “Limpiar Filtro”.

super Central Inteligente Clima actual Registros Usuarios Salir

### Registros Climáticos Almacenados

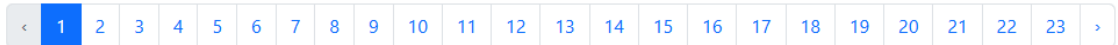
Filtrar por fecha:

Mostrando 30 de 075 registros filtrados.

✓	Fecha Medición	Icono	Temp (°C)	Sensación (°C)	Viento (m/s)	Ráfagas (m/s)	Humedad (%)	Nubosidad (%)	Acciones
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:13:52	☁	26.58°C	26.58°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:17:10	☁	26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:27:18	☁	26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="checkbox"/>	18/5/2025, 18:28:34	☁	26.52°C	26.52°C	2.53 m/s	5.68 m/s	86%	100%	<input type="button" value="Detalle"/> <input type="button" value="Eliminar"/>

#### 4.2.1. Buscar por paginación.

Si No queremos buscar por medio del filtrado, también lo podemos hacer por medio de paginación la cual se encuentra en la parte inferior de la tabla, cada página cuenta con 30 registros guardados.



### CAPITULO 5: CENTRAL INTELIGENTE.

Para Ingresar a la central inteligente, nos dirigimos a la sección “Central Inteligente”, la cual nos va a mostrar principalmente la central inteligente y los datos climáticos.

Sección, central Inteligente.

super Central Inteligente Clima actual Registros Usuarios Salir

Temperatura actual 30.99 °C	Humedad relativa 59%	Sensación térmica 34.58 °C	Viento 3.11 m/s	Nubosidad 99%	Ícono climático
Presión 1011 hPa	Dirección viento 202°	Ráfagas 2.81 m/s	Hora de reporte 11:42:32	Condición Clouds	Descripción nubes

Última revisión: 28/5/2025, 11:42:30

Edificio 1 Aula 1 Central Inteligente - Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica

Hora actual: 11:44:11

Monitoreo Inteligente

- Agregar Dispositivo
- Agregar Disparador
- Insertar registro climático
- Obtener Pronóstico
- Estadísticas de Rendimiento

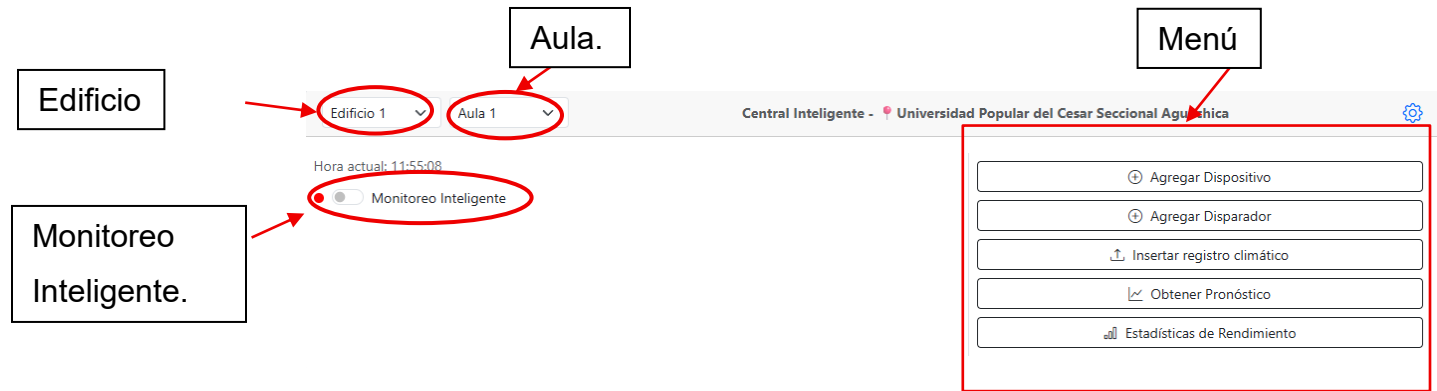
Datos Climáticos.

Central Inteligente.

## 5.1. Manejo de la central inteligente.

En la parte superior izquierda tenemos dos opciones que son “Edificio” y “Aula”, el edificio es la casa y el aula un espacio de la casa, ya sea el cuarto, la sala, etc. Ahí escogemos el espacio donde queremos trabajar con el monitoreo inteligente.

En la parte derecha encontraremos un menú donde podremos agregar un dispositivo, ya sea un aire acondicionado, una ventana o una lampara, podremos agregar un disparador, insertar un registro climático, obtener un pronóstico y las estadísticas de rendimiento.

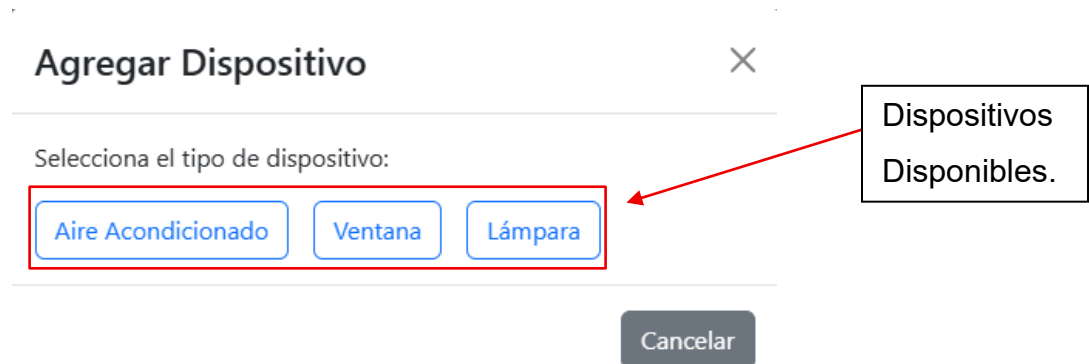


### 5.1.1. Agregar Dispositivo.

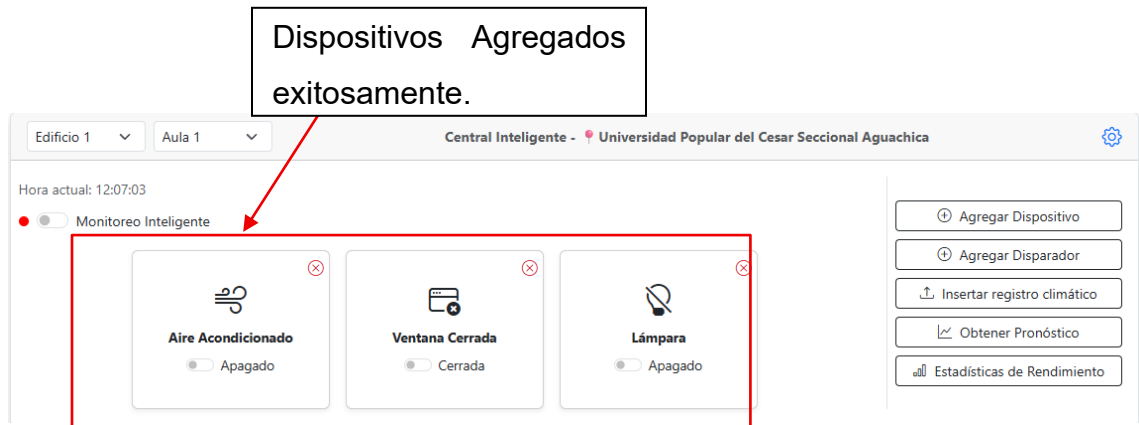
Para Agregar un dispositivo debemos dirigirnos al menú que se encuentra en la parte derecha de la central inteligente, damos clic en el botón “Agregar Dispositivo”.



Seleccionamos el dispositivo que queremos utilizar.



Y ya tendríamos nuestro dispositivo agregado con éxito.

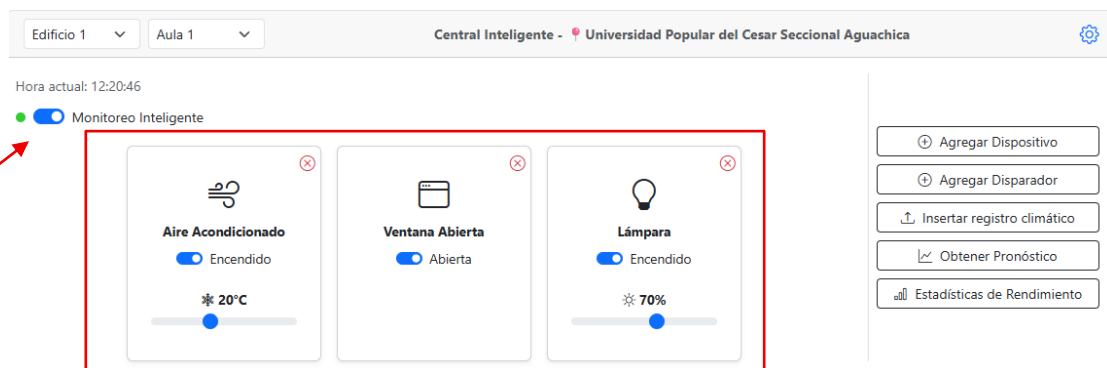


### 5.1.2. Monitoreo Inteligente.

Para utilizar el monitoreo inteligente, primero debemos agregar un dispositivo al cual queremos monitorear, si no utilizamos algún dispositivo el monitoreo inteligente no se podrá activar.

Lo que hace el monitoreo inteligente, es utilizar un modelo de machine learning el cual nos ayuda a predecir qué acción debe hacer el dispositivo, es decir, si tenemos el aire acondicionado prendido, lo que va a hacer el monitoreo inteligente es predecir, si la temperatura actual es muy alta, subir la temperatura del aire

acondicionado, pero si está en un punto medio poner el aire acondicionado en temperatura ambiente el cual se mostrara en la aplicacion con una simulación 3D. De igual forma con la Ventana, si está haciendo mucho viento el monitoreo lo que va a realizar es el cierre de las ventanas o persianas igualmente cuando se cumpla la condición se mostrara una simulación 3D. Con la lampara lo que hace es que si está muy nublado va a elevar la luminosidad de las lámparas y si esta despejado bajar la luminosidad de igual forma se mostrara una simulación de 3D del funcionamiento.

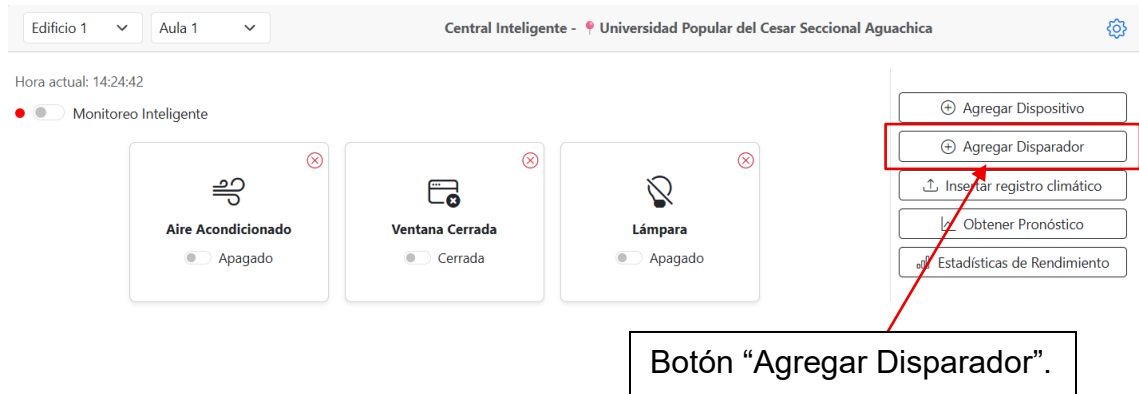


Monitoreo Inteligente.

Dispositivos.

### 5.1.3. Agregar Disparador.

Los Disparadores son una forma manual de hacer condiciones las cuales el usuario puede poner el mismo, en el botón “agregar disparador”.



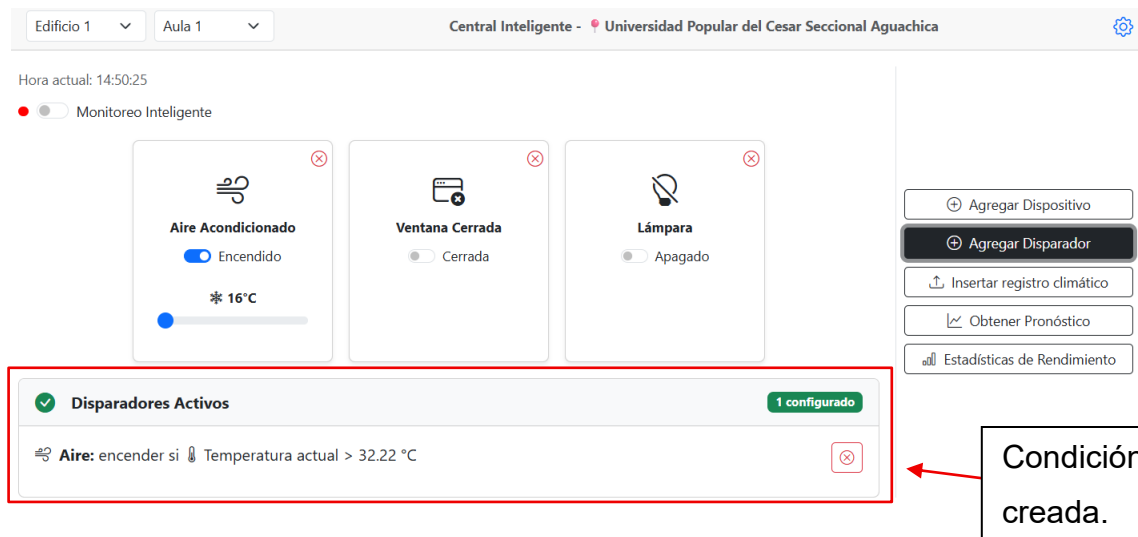
#### 5.1.3.1. disparador del aire acondicionado.

Al darle click al botón “Agregar Disparador”, en tipo de dispositivos seleccionamos aire acondicionado, de ahí pasamos a darle click al botón “Agregar Condición”, elegimos la variable que es “Temperatura Actual”, luego seleccionamos el condicional ya sea “>, <, ==” y por ultimo colocamos el valor que deseemos para que se cumpla la condición, seguidamente seleccionamos la acción que queremos que haga el dispositivo según la condición que le pongamos y damos click en el botón “Guardar condición” para guardar la condición que hemos creado.

**Nota importante: Igual que con el monitoreo inteligente se debe agregar un dispositivo para que el disparador funcione.**



Visualización del disparador del aire acondicionado creado.



### 5.1.3.2. Disparador de la ventana.

Al darle click al botón "Agregar Disparador", en tipo de dispositivos seleccionamos Ventana, de ahí pasamos a darle click al botón "Agregar Condición", elegimos la variable que es "Ráfaga" o "Viento", luego seleccionamos el condicional ya sea ">", "<", "==" y por ultimo colocamos el valor que deseemos para que se cumpla la

condición, seguidamente seleccionamos la acción que queremos que haga el dispositivo según la condición que le pongamos y damos click en el botón “Guardar condición” para guardar la condición que hemos creado.

Selección de dispositivo y configuración de condición.

Botón “Agregar Condición”.

Crear condición.

Selección de acción.

Botón “Guardar”.

### Visualización del disparador de la ventana creado

Edificio 1 Aula 1 Central Inteligente - Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica

Hora actual: 15:13:32

● Monitoreo Inteligente

Aire Acondicionado (Apagado)

Ventana Abierta (Abierta)

Lámpara (Apagado)

Disparadores Activos 1 configurado

Ventana: cerrar si Viento > 1.20 m/s

Condición creada.

### 5.1.3.3. Disparador de la lampara.

Al darle click al botón “Agregar Disparador”, en tipo de dispositivos seleccionamos Luz, de ahí pasamos a darle click al botón “Agregar Condición”, elegimos la variable que es “Nubosidad”, luego seleccionamos el condicional ya sea “>, < , ==” y por ultimo colocamos el valor que deseemos para que se cumpla la condición, seguidamente seleccionamos la acción que queremos que haga el dispositivo según la condición que le pongamos y damos click en el botón “Guardar condición” para guardar la condición que hemos creado.

**Nota importante: Este disparador funcionará únicamente durante el día, desde el amanecer hasta el anochecer.**

The image shows a screenshot of a web interface for creating a smart trigger. The form is titled "Agregar Disparador Inteligente" and includes several fields and buttons. Annotations with red arrows point to specific elements:

- Seleccionar Dispositivo.**: Points to the "Tipo de Dispositivo" dropdown menu, which currently shows "Luz".
- Crear condición.**: Points to the condition configuration area, which includes a warning message: "Este disparador funcionará únicamente durante el día, desde el amanecer hasta el anochecer.", a dropdown for "Nubosidad", a comparison operator ">", and a percentage input field.
- Botón "Agregar"**: Points to the "+ Agregar Condición" button.
- Seleccionar acción.**: Points to the "Acción" dropdown menu, which currently shows "Seleccione una acción".
- Botón "Guardar"**: Points to the "Guardar Disparador" button.

Other visible elements include a "Cancelar" button and a close button (X) in the top right corner of the form.

## Visualización del disparador de la lampara creado.

The screenshot displays a smart building control interface for 'Central Inteligente - Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica'. At the top, there are dropdown menus for 'Edificio 1' and 'Aula 1', and a gear icon for settings. The current time is 15:21:19, and the 'Monitoreo Inteligente' feature is turned on. Three device cards are visible: 'Aire Acondicionado' (Apagado), 'Ventana Cerrada' (Cerrada), and 'Lámpara' (Encendido) with a brightness slider at 100%. On the right, there are buttons for 'Agregar Dispositivo', 'Agregar Disparador', 'Insertar registro climático', 'Obtener Pronóstico', and 'Estadísticas de Rendimiento'. A red box highlights the 'Disparadores Activos' section, which shows '1 configurad' and a rule: 'Luz: encender si ☁ Nubosidad > 35 %'. A red arrow points from a text box labeled 'Condición creada.' to the rule configuration.

Edificio 1 Aula 1 Central Inteligente - Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica

Hora actual: 15:21:19

●  Monitoreo Inteligente

Aire Acondicionado  Apagado

Ventana Cerrada  Cerrada

Lámpara  Encendido

☀ 100%

⊕ Agregar Dispositivo

⊕ Agregar Disparador

↑ Insertar registro climático

📉 Obtener Pronóstico

📊 Estadísticas de Rendimiento

✓ Disparadores Activos 1 configurad

💡 Luz: encender si ☁ Nubosidad > 35 %

Condición creada.