

Escuela de Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

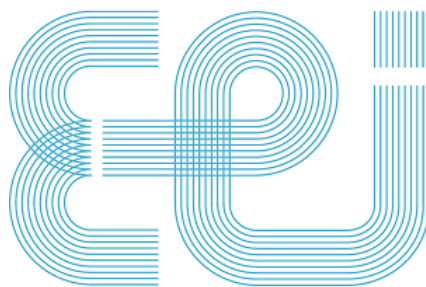
*Diseño de una aplicación informática para la gestión de
un almacén sin automatización con distintas interfaces
para los operarios*

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

ALUMNO: José Tomás Torre Pedroarena

DIRECTORES: Joaquín López Fernández

Universida_{de}Vigo



Escuela de Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de una aplicación informática para la gestión de
un almacén sin automatización con distintas interfaces
para los operarios*

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

Documento

MEMORIA

Universida_{de}Vigo

ÍNDICE

Índice de figuras	3
Índice de tablas	4
1 Introducción	6
1.1 Contexto y motivación del proyecto	6
1.2 Problema a resolver	7
1.3 Objetivos del TFG	7
2 Estado del arte	8
2.1 Sistemas de gestión de almacenes (WMS)	8
2.2 Funcionalidades habituales en aplicaciones de gestión de almacenes	8
2.3 Aplicaciones comerciales de gestión de almacenes	9
2.4 Justificación de la solución propuesta	9
3 Marco teórico y tecnológico	10
3.1 Aplicaciones multiplataforma	10
3.2 Arquitecturas cliente-servidor	10
3.3 Aplicaciones móviles Android	11
3.4 Aplicaciones de escritorio	11
3.5 Comunicación entre aplicaciones (APIs REST)	12
3.6 Backend y framework Spring Boot	12
4 Análisis del sistema	14
4.1 Descripción general del sistema	14
4.2 Identificación de usuarios	14
4.3 Requisitos del sistema	14
4.3.1 Requisitos funcionales	14
4.3.2 Requisitos no funcionales	14
4.4 Casos de uso.....	14
4.5 Restricciones técnicas	14
5 Diseño del sistema	15
5.1 Arquitectura general del sistema	15
5.2 Diseño de la aplicación Desktop.....	15
5.3 Diseño de la aplicación Android	15
5.4 Diseño de la base de datos.....	15
5.5 Diseño de la API	15
5.6 Diagramas UML	15
5.6.1 Diagrama de clases	15
5.6.2 Diagrama de secuencia	15
5.6.3 Diagrama de despliegue	15
5.7 Diseño de la interfaz de usuario	15
6 Implementación	16
6.1 Herramientas y tecnologías utilizadas	16
6.2 Implementación de la aplicación Desktop	16
6.3 Implementación de la aplicación Android	16

6.4 Implementación del backend / servidor.....	16
6.5 Implementación de la base de datos	16
6.6 Seguridad y gestión de errores.....	16
6.7 Control de versiones y gestión del proyecto	16
7 Resultados y discusión.....	17
7.1 Resultados del desarrollo.....	17
7.2 Evaluación del cumplimiento de objetivos	17
7.3 Ventajas de la solución propuesta	17
7.4 Limitaciones detectadas	17
8 Conclusiones y trabajos futuros	18
8.1 Conclusiones	18
8.2 Líneas de mejora y trabajos futuros	18
Bibliografía	19

ÍNDICE DE FIGURAS

1 Arquitectura cliente-servidor	11
2 Comunicación mediante APIs REST	12

TÍTULO DEL TRABAJO
NOMBRE Y APELLIDOS

ÍNDICE DE TABLAS

GLOSARIO DE SIGLAS

API Interfaz de Programación de Aplicaciones. 5, 10, 12, 13

ERP Planificación de Recursos Empresariales. 5

GUI Interfaz Gráfica de Usuario. 5

HTTP Hypertext Transfer Protocol. 5, 12

HTTPS Hypertext Transfer Protocol Secure. 5, 12

JSON JavaScript Object Notation. 5, 12

REST Transferencia de Estado Representacional. 5, 10, 12, 13

SQL Lenguaje de Consulta Estructurado. 5

WMS Sistema de Gestión de Almacenes. 1, 5, 8

XML Extensible Markup Language. 5, 12

DEFINICIONES

backend Parte de un sistema software encargada de la lógica de negocio, el acceso a los datos y la comunicación con otros sistemas o aplicaciones cliente. 5, 12, 13

framework Conjunto de herramientas, librerías y convenciones que proporcionan una estructura base para el desarrollo de aplicaciones software. 5, 12

SKU Stock Keeping Unit, identificador único de un producto en el inventario. 5

1 INTRODUCCIÓN

[?] La optimización de los procesos industriales y logísticos es un objetivo fundamental en entornos productivos modernos, donde la eficiencia operativa, la trazabilidad de los materiales y la reducción de errores tienen un impacto directo en los costes y en la calidad del servicio. En este contexto, el almacén desempeña un papel clave dentro de la cadena de suministro, actuando como punto de enlace entre la producción, el transporte y la distribución.

Dentro de los distintos tipos de almacenes existentes, los almacenes de consolidación cumplen una función específica: agrupar, organizar y preparar mercancía procedente de diferentes orígenes para su posterior expedición conjunta. Este tipo de instalaciones presenta particularidades operativas propias, como un elevado volumen de movimientos, una alta rotación de productos y la necesidad de una trazabilidad precisa de palets, ubicaciones y pedidos.

La digitalización de la gestión de este tipo de almacenes permite mejorar el control de inventario, la localización de materiales y la coordinación de los procesos de entrada y salida de mercancía, reduciendo la dependencia de procedimientos manuales. Este Trabajo Fin de Grado se centra en el desarrollo de una solución técnica orientada específicamente a la gestión de almacenes de consolidación, concebida como un sistema de apoyo a la operativa industrial e integrando diferentes plataformas de uso.

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema compuesto por una aplicación de escritorio, una aplicación móvil Android y un backend encargado de la gestión y persistencia de los datos. La solución se plantea desde un enfoque práctico, alineado con los conocimientos adquiridos en la titulación de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, y orientado a la mejora de procesos reales mediante el uso de tecnologías software como herramienta de soporte.

1.1 Contexto y motivación del proyecto

En entornos industriales y logísticos, la correcta gestión del almacén resulta esencial para garantizar la continuidad de la producción y el cumplimiento de los plazos de entrega. En el caso de los almacenes de consolidación, una gestión ineficiente puede provocar desajustes en el inventario, tiempos muertos en los procesos de preparación de pedidos, errores en la agrupación de mercancía y dificultades en la trazabilidad de los materiales, afectando directamente a la eficiencia operativa de la instalación.

Aunque existen soluciones comerciales para la gestión de almacenes, estas suelen estar orientadas a grandes centros logísticos generalistas o presentan un elevado grado de complejidad, lo que dificulta su implantación en almacenes de consolidación de menor escala o con flujos de trabajo específicos. En muchos casos, estas soluciones requieren una inversión considerable en infraestructura, formación o consultoría, lo que limita su adopción en determinados entornos industriales.

La motivación de este proyecto surge de la necesidad de disponer de una herramienta accesible y fácil de utilizar, orientada a instalaciones que no cuentan con soluciones informáticas específicas para la gestión de almacenes de consolidación. La solución propuesta permite gestionar los elementos fundamentales de este tipo de almacenes e integrarse de forma natural en la operativa diaria mediante una interfaz intuitiva. La combinación de una aplicación de escritorio, orientada a tareas de gestión y planificación, junto con una aplicación móvil para la operativa en planta, responde a escenarios reales presentes en entornos industriales y automatizados.

Desde el punto de vista formativo, este proyecto permite aplicar conocimientos relacionados con sistemas de información, arquitectura de sistemas, gestión de datos y diseño de interfaces, complementando la formación técnica en automatización y electrónica industrial con el desarrollo de soluciones digitales orientadas a la mejora y optimización de procesos logísticos.

1.2 Problema a resolver

El problema que aborda este Trabajo Fin de Grado es la ausencia de un sistema integrado, accesible y adaptado a almacenes de consolidación en entornos industriales, que permita gestionar de forma eficaz la información asociada a productos, palets, ubicaciones, movimientos y pedidos.

En muchas instalaciones de este tipo, estas tareas se realizan mediante herramientas no especializadas, soluciones parciales o procesos manuales, lo que incrementa la probabilidad de errores y dificulta el acceso a información actualizada y consistente. Esta situación puede dar lugar a ineficiencias operativas, pérdidas de material, desajustes en el inventario y una trazabilidad limitada, especialmente en entornos caracterizados por un elevado volumen de movimientos y una alta rotación de mercancía.

El sistema propuesto pretende resolver este problema proporcionando una solución que:

- Centralice la información del almacén de consolidación en una base de datos única y coherente.
- Permita el control del inventario y la gestión de ubicaciones de forma estructurada y sistemática.
- Facilite la gestión de pedidos y el registro de movimientos de mercancía durante los procesos de consolidación.
- Ofrezca acceso a la información tanto desde un entorno de escritorio, orientado a tareas de gestión, como desde dispositivos móviles utilizados en la operativa diaria en planta.

El alcance del proyecto se centra en el diseño e implementación de un sistema de apoyo a la gestión de almacenes de consolidación, sin abordar directamente el control físico de equipos automatizados. No obstante, la arquitectura planteada se concibe de forma que permita una posible integración futura con sistemas de automatización industrial o de control de planta.

1.3 Objetivos del TFG

El objetivo general de este Trabajo Fin de Grado es desarrollar un sistema de gestión orientado a almacenes de consolidación en entornos industriales, que permita mejorar el control, la organización y la trazabilidad de los materiales mediante el uso de aplicaciones software integradas.

Para alcanzar este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las necesidades operativas de un almacén de consolidación en un entorno industrial.
- Diseñar una arquitectura de sistema que integre aplicaciones de escritorio y móviles mediante un backend común.
- Implementar la gestión de productos, palets, ubicaciones y pedidos asociados a los procesos de consolidación.
- Desarrollar un sistema de persistencia de datos que garantice la integridad y disponibilidad de la información.
- Diseñar interfaces orientadas a facilitar la operativa diaria del personal del almacén.
- Evaluar el funcionamiento del sistema mediante pruebas que validen su utilidad como herramienta de apoyo a la gestión de almacenes de consolidación.

2 ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presenta el estado del arte relacionado con los sistemas de gestión de almacenes, con especial atención a los almacenes de consolidación. Se describen los conceptos generales asociados a los Sistemas de Gestión de Almacenes (WMSs), las funcionalidades habituales que incorporan este tipo de aplicaciones y algunas de las soluciones comerciales existentes, con el objetivo de contextualizar la solución propuesta en este Trabajo Fin de Grado.

2.1 Sistemas de gestión de almacenes (WMS)

Un Sistema de Gestión de Almacenes, conocido como WMS (*Warehouse Management System*), es una herramienta software diseñada para apoyar y optimizar las operaciones que se llevan a cabo en un almacén. Su principal función es gestionar de forma estructurada la información relacionada con el inventario, las ubicaciones, los movimientos de mercancía y los procesos de entrada y salida de materiales.

Los sistemas WMS actúan como un elemento central dentro de la cadena logística, proporcionando visibilidad sobre el estado del almacén y facilitando la toma de decisiones operativas. En entornos industriales, estos sistemas permiten reducir errores asociados a la gestión manual, mejorar la trazabilidad de los productos y optimizar el uso del espacio y de los recursos disponibles.

En función del tipo de instalación, los WMS pueden adaptarse a diferentes escenarios, como almacenes de producción, centros de distribución o almacenes de consolidación. En este último caso, el sistema debe gestionar un elevado volumen de movimientos, coordinar la agrupación de mercancía procedente de diferentes orígenes y garantizar una correcta trazabilidad de palets y pedidos hasta su expedición.

Desde un punto de vista funcional, un WMS suele estructurarse en distintos módulos que cubren aspectos como la gestión de inventario, el control de ubicaciones, la planificación de operaciones y la generación de informes. Asimismo, estos sistemas pueden integrarse con otros sistemas de información, como sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) o sistemas de control industrial, dependiendo del nivel de automatización de la instalación.

2.2 Funcionalidades habituales en aplicaciones de gestión de almacenes

Las aplicaciones de gestión de almacenes incorporan un conjunto de funcionalidades orientadas a cubrir las necesidades operativas básicas de una instalación logística o industrial. Aunque estas funcionalidades pueden variar en función del tipo de almacén y del sector, existen una serie de características comunes ampliamente presentes en los sistemas WMS.

Entre las funcionalidades más habituales se encuentran la gestión de la recepción de mercancía, que permite registrar la entrada de productos en el almacén y asociarlos a ubicaciones específicas. Asimismo, la gestión de ubicaciones resulta fundamental para organizar el espacio disponible y facilitar la localización de materiales durante las operaciones diarias.

Otra funcionalidad clave es la gestión del inventario, que proporciona información actualizada sobre las existencias disponibles y permite detectar desajustes o incidencias. En el caso de los almacenes de consolidación, esta funcionalidad adquiere especial relevancia debido a la alta rotación de productos y a la necesidad de coordinar múltiples movimientos de entrada y salida.

Las aplicaciones WMS también suelen incluir herramientas para la gestión de pedidos y la preparación de expediciones, facilitando la agrupación de mercancía y el seguimiento de los envíos. La trazabilidad de los materiales, especialmente a nivel de palet, constituye otro aspecto esencial, ya que permite conocer el historial de movimientos y garantizar un control adecuado de

la mercancía.

Finalmente, muchas aplicaciones incorporan funcionalidades de apoyo como la generación de informes, el control de usuarios y permisos, y la integración con dispositivos móviles, lo que resulta especialmente útil para la operativa en planta y para la reducción de errores en tareas repetitivas.

2.3 Aplicaciones comerciales de gestión de almacenes

En el mercado existen numerosas soluciones comerciales orientadas a la gestión de almacenes, que ofrecen un amplio abanico de funcionalidades y niveles de complejidad. Estas soluciones suelen formar parte de plataformas logísticas o sistemas empresariales más amplios, y están diseñadas para adaptarse a diferentes tipos de instalaciones y volúmenes de operación.

Algunas de estas aplicaciones están orientadas a grandes centros logísticos o a entornos altamente automatizados, incorporando funcionalidades avanzadas de optimización y control. Sin embargo, este enfoque puede suponer una barrera para su adopción en instalaciones de menor escala o en almacenes de consolidación con procesos específicos, debido a la complejidad de configuración y a los costes asociados a su implantación y mantenimiento.

Otras soluciones comerciales ofrecen versiones más simplificadas, pero aun así suelen estar basadas en flujos de trabajo genéricos que no siempre se ajustan de forma óptima a las particularidades de cada instalación. En muchos casos, la adaptación a procesos concretos requiere desarrollos adicionales o modificaciones en la operativa existente, lo que reduce la flexibilidad del sistema.

En este contexto, se observa una brecha entre las soluciones altamente especializadas y complejas, y la necesidad de herramientas más accesibles y adaptables a entornos industriales concretos, como los almacenes de consolidación que no cuentan con sistemas de gestión avanzados.

2.4 Justificación de la solución propuesta

A partir del análisis del estado del arte, se pone de manifiesto la necesidad de disponer de soluciones de gestión de almacenes que, sin alcanzar la complejidad de los grandes sistemas comerciales, permitan cubrir de forma eficaz las necesidades operativas de instalaciones concretas, como los almacenes de consolidación.

La solución propuesta en este Trabajo Fin de Grado se justifica por su enfoque específico hacia este tipo de almacenes, priorizando la simplicidad de uso, la adaptación a flujos de trabajo reales y la integración de distintas plataformas de acceso. El sistema se concibe como una herramienta de apoyo a la operativa industrial, facilitando la gestión de inventario, la trazabilidad de palets y la coordinación de pedidos sin imponer una reestructuración completa de los procesos existentes.

Además, la combinación de una aplicación de escritorio para tareas de gestión y planificación, junto con una aplicación móvil para la operativa en planta, permite cubrir distintos escenarios de uso habituales en entornos industriales. Este enfoque contribuye a mejorar la accesibilidad a la información y a reducir errores derivados de la introducción manual de datos.

En conjunto, la propuesta se sitúa como una alternativa intermedia entre soluciones comerciales complejas y la ausencia de herramientas específicas, ofreciendo una base flexible que puede evolucionar e integrarse en el futuro con otros sistemas de automatización industrial.

3 MARCO TEÓRICO Y TECNOLÓGICO

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos y tecnológicos que sustentan el desarrollo del sistema propuesto. Se abordan los conceptos relacionados con los sistemas de gestión de almacenes, las arquitecturas cliente-servidor, el desarrollo de aplicaciones multiplataforma, las aplicaciones móviles Android, las aplicaciones de escritorio y los mecanismos de comunicación entre aplicaciones, incluyendo el uso de Interfaz de Programación de Aplicaciones (APIs) de tipo Transferencia de Estado Representacional (REST) en determinados componentes del sistema.

3.1 Aplicaciones multiplataforma

Las aplicaciones multiplataforma permiten ofrecer funcionalidades similares a través de diferentes dispositivos y entornos de ejecución, compartiendo una lógica común del sistema. Este enfoque resulta especialmente relevante en entornos industriales y logísticos, donde coexisten estaciones de trabajo fijas y dispositivos móviles utilizados directamente en planta.

Desde un punto de vista funcional, la adopción de soluciones multiplataforma facilita la reutilización de la lógica de negocio y la centralización de la información, reduciendo los costes de mantenimiento y mejorando la coherencia del sistema. En el ámbito de la gestión de almacenes, este enfoque permite que distintos perfiles de usuario accedan al sistema desde interfaces adaptadas a sus necesidades, manteniendo una única fuente de datos consistente [1].

No obstante, el desarrollo multiplataforma también plantea retos, como la adaptación de la interfaz de usuario a diferentes dispositivos o la necesidad de garantizar un comportamiento homogéneo del sistema en entornos con capacidades técnicas diversas. Por este motivo, resulta habitual separar la lógica de negocio de las interfaces, delegando el procesamiento principal en un sistema centralizado.

3.2 Arquitecturas cliente-servidor

La arquitectura cliente-servidor es un modelo ampliamente utilizado en sistemas distribuidos, en el que las funciones del sistema se reparten entre componentes cliente y un servidor central. Los clientes se encargan de la interacción con el usuario, mientras que el servidor gestiona la lógica de negocio y la persistencia de los datos.

Este modelo resulta especialmente adecuado para sistemas de gestión en entornos industriales, ya que permite centralizar la información, facilitar el acceso concurrente y mejorar el control sobre la integridad de los datos. En el contexto de la gestión de almacenes, una arquitectura cliente-servidor permite que múltiples usuarios y dispositivos accedan simultáneamente al sistema sin duplicar información ni introducir inconsistencias [1].

Además, este tipo de arquitectura favorece la escalabilidad del sistema y su posible integración futura con otros sistemas, como plataformas empresariales o sistemas de automatización industrial, al proporcionar un punto centralizado de acceso a los servicios y a los datos.

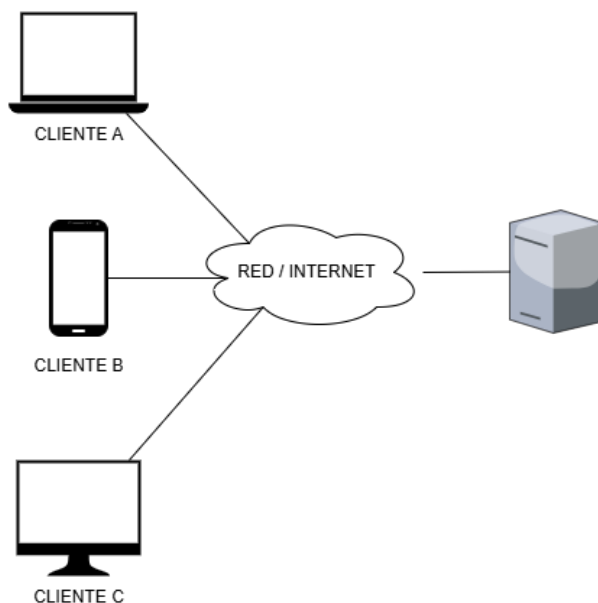


Figura 1: Arquitectura cliente-servidor

3.3 Aplicaciones móviles Android

Android es uno de los sistemas operativos más extendidos en dispositivos móviles y terminales industriales, lo que lo convierte en una plataforma adecuada para aplicaciones destinadas a la operativa en planta. La documentación oficial de Android describe una arquitectura basada en componentes como actividades y fragmentos, que permiten gestionar la interfaz de usuario y el ciclo de vida de la aplicación [2].

En entornos industriales y logísticos, el uso de aplicaciones móviles facilita el acceso a la información en tiempo real y reduce la necesidad de desplazamientos innecesarios o registros manuales. En particular, en almacenes de consolidación, las aplicaciones Android permiten registrar movimientos, consultar inventario o identificar palets directamente en el punto de operación.

Desde un punto de vista arquitectónico, las aplicaciones móviles suelen actuar como clientes ligeros que se comunican con un servidor central mediante servicios web. Este enfoque permite simplificar el desarrollo de la aplicación móvil y mantener la coherencia de la lógica del sistema, delegando en el servidor la gestión principal de los datos.

3.4 Aplicaciones de escritorio

Las aplicaciones de escritorio continúan desempeñando un papel fundamental en entornos industriales para tareas de gestión, supervisión y planificación. Estas aplicaciones suelen ejecutarse en estaciones de trabajo fijas y permiten ofrecer interfaces más completas para la visualización y administración de grandes volúmenes de información.

En el sistema desarrollado, la aplicación de escritorio se concibe como la herramienta principal para la gestión del almacén de consolidación, permitiendo la administración de productos, ubicaciones, pedidos y usuarios. Este tipo de aplicación resulta especialmente adecuada para tareas que requieren una visión global del sistema y un mayor nivel de detalle en la información presentada.

El uso combinado de aplicaciones de escritorio y móviles permite adaptar la interacción con el sistema a distintos contextos de uso, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo errores derivados de la introducción manual de datos.

3.5 Comunicación entre aplicaciones (APIs REST)

La comunicación entre los distintos componentes del sistema puede realizarse mediante interfaces de programación de aplicaciones (APIs). Una API puede definirse como el conjunto de funciones, procedimientos o métodos que un sistema de información pone a disposición de otros sistemas para permitir su interacción de forma estructurada y controlada [3]. Este mecanismo resulta especialmente adecuado en escenarios donde existen clientes heterogéneos que requieren acceso controlado a la información del sistema.

En este contexto, las APIs de tipo REST constituyen uno de los enfoques más utilizados para la comunicación entre sistemas distribuidos. REST es un conjunto de principios arquitectónicos orientados al diseño de interfaces entre sistemas, basado en el uso del protocolo Hypertext Transfer Protocol (HTTP), o bien Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS) como medio de comunicación, sin añadir capas adicionales de abstracción [3].

Entre las principales características de las arquitecturas REST se encuentra el empleo de HTTP para la realización de operaciones sobre los recursos del sistema, así como el intercambio de datos mediante formatos estructurados, siendo JavaScript Object Notation (JSON) y Extensible Markup Language (XML) los más habituales. Los sistemas que implementan estos principios se denominan sistemas RESTful [3].

Una API REST, o API RESTful, es por tanto una interfaz que expone los recursos de un sistema siguiendo los principios REST, permitiendo que los clientes accedan a dichos recursos mediante peticiones HTTP estandarizadas y reciban las respuestas en formatos estructurados. Este enfoque favorece la interoperabilidad, el desacoplamiento entre clientes y servidor y la evolución independiente de los distintos componentes del sistema.

En entornos industriales y logísticos, el uso de APIs REST permite integrar aplicaciones de escritorio, aplicaciones móviles y sistemas externos, garantizando un acceso coherente y controlado a la información del sistema. Además, este tipo de interfaces facilita la escalabilidad de la solución y su posible integración futura con otros sistemas de información o plataformas de automatización industrial.

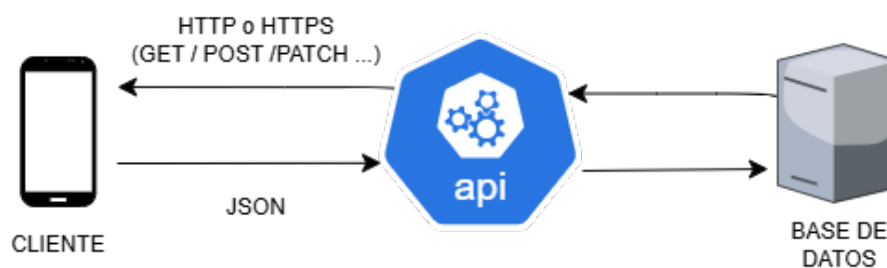


Figura 2: Comunicación mediante APIs REST

En el sistema desarrollado, el uso de una API REST se aplica específicamente en la comunicación entre la aplicación móvil Android y el backend del sistema, implementado mediante Spring Boot. La aplicación de escritorio, por su parte, se conecta directamente al servidor de base de datos, actuando como un cliente especializado para tareas de gestión y administración. Esta aproximación permite adaptar el mecanismo de comunicación a las necesidades y características de cada tipo de cliente.

3.6 Backend y framework Spring Boot

Spring Boot es un framework de desarrollo basado en el lenguaje Java que facilita la creación de aplicaciones de tipo backend y servicios web. Está diseñado para simplificar la configuración y

el despliegue de aplicaciones, proporcionando una estructura predefinida y mecanismos de auto-configuración que reducen la necesidad de configuraciones manuales [4].

En el contexto de sistemas distribuidos, Spring Boot se utiliza habitualmente para implementar APIs de tipo REST, permitiendo exponer la lógica de negocio y el acceso a los datos mediante servicios accesibles por distintos clientes. Su integración con el ecosistema Java y su compatibilidad con tecnologías de persistencia lo convierten en una opción adecuada para el desarrollo de backends en entornos industriales y empresariales.

4 ANÁLISIS DEL SISTEMA

4.1 Descripción general del sistema

4.2 Identificación de usuarios

4.3 Requisitos del sistema

4.3.1 Requisitos funcionales

4.3.2 Requisitos no funcionales

4.4 Casos de uso

4.5 Restricciones técnicas

5 DISEÑO DEL SISTEMA

5.1 Arquitectura general del sistema

5.2 Diseño de la aplicación Desktop

5.3 Diseño de la aplicación Android

5.4 Diseño de la base de datos

5.5 Diseño de la API

5.6 Diagramas UML

5.6.1 Diagrama de clases

5.6.2 Diagrama de secuencia

5.6.3 Diagrama de despliegue

5.7 Diseño de la interfaz de usuario

6 IMPLEMENTACIÓN

- 6.1 Herramientas y tecnologías utilizadas**
- 6.2 Implementación de la aplicación Desktop**
- 6.3 Implementación de la aplicación Android**
- 6.4 Implementación del backend / servidor**
- 6.5 Implementación de la base de datos**
- 6.6 Seguridad y gestión de errores**
- 6.7 Control de versiones y gestión del proyecto**

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Resultados del desarrollo

7.2 Evaluación del cumplimiento de objetivos

7.3 Ventajas de la solución propuesta

7.4 Limitaciones detectadas

8 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

8.1 Conclusiones

8.2 Líneas de mejora y trabajos futuros

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Gu, M. Goetschalckx, and L. McGinnis, "Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review," *European Journal of Operational Research*, vol. 203, no. 3, pp. 539–549, 2010.
- [2] Google, "Android developers documentation," <https://developer.android.com>, 2024, Último acceso: enero 2026.
- [3] Iniciativa Aporta, "Buenas prácticas en el diseño de apis y linked data," https://datos.gob.es/elearning/Unidades_Didacticas/Unidad_8/contenidos/descargas/unidad_imprimible.pdf, 2020, gobierno de España.
- [4] VMware, "Spring boot reference documentation," <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/html/>, 2024, Último acceso: enero 2026.