SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIO BASADO EN LA INTEGRACIÓN DE DATOS DISPONIBLES PARA GENERACIÓN DE DASHBOARDS EN LA EMPRESA LOCERÍA COLOMBIANA

GERSON GUSTAVO FERNANDEZ BADILLO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN DESARROLLO DE SOFTWARE
MEDELLÍN
2026

RESUMEN 4

INTRODUCCIÓN 5

1. Planteamiento del problema 6

2. Justificación 8

3. Objetivos 9

Objetivo general 9

Objetivos específicos 10

4. Marco teórico 11

4.1 Antecedentes 12

4.2 Bases teóricas 12

4.3 Marco legal y normativo 14

5. Metodología 17

5.1 Tipo de estudio 17

5.3 Instrumentos de recolección de información 21

5.4 Fuentes de información 24

5.4.1 Fuentes primarias 24

5.4.2 Fuentes secundarias 24

5.4.3 Análisis de la información 25

6. Resultados 26

6.1 Análisis de Requisitos y Modelado de Negocio 26

6.1.1 Diagrama de Casos de Uso 26

6.1.2 Diagrama de Clases 27

7. Conclusiones 33

8. Recomendaciones 35

9. Referencias bibliográficas 36

10. Bibliografía 37

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como propósito documentar el procesos de implementación de un sistema de gestión de inventario basado en la integración de datos provenientes del sistema SAP ERP y su transformación mediante procesos ETL en Python, con el fin de generar dashboards interactivos en Power BI que mejoren el control logístico en la empresa Locería Colombiana.

El proyecto se desarrolló bajo un enfoque aplicado con metodología incremental, permitiendo integrar datos dispersos, estandarizar estructuras y visualizar inconsistencias operativas. Los resultados evidencian reducción de reprocesos manuales, mayor confiabilidad en los reportes y mejor toma de decisiones.

Palabras clave: inventarios, integración de datos, ETL, dashboards, logística, Business Intelligence.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital en el sector manufacturero ha impulsado la necesidad de integrar datos operativos para mejorar la eficiencia logística. En empresas con gran volumen de inventario, la dispersión de información puede generar inconsistencias, reprocesos y pérdidas económicas.

Este trabajo propone el diseño e implementación de un sistema de gestión de inventario en la empresa Locería Colombiana, basado en la integración estructurada de datos provenientes de SAP ERP, su transformación mediante procesos ETL en Python y la generación de dashboards analíticos en Power BI.

El proyecto contribuye al fortalecimiento del control operativo y demuestra cómo la ingeniería de software aplicada puede generar soluciones prácticas bajo restricciones corporativas reales al unificar datos y generar dashboards interactivos, facilita la toma de decisiones, optimiza el uso del espacio de almacenamiento y fortalece la trazabilidad de los productos, generando mayor confianza y autonomía en el personal encargado del inventario.

Finalmente, este desarrollo permitirá crear estrategias para implementar el sistema de manera eficiente y ética, contribuyendo a mejorar los procesos de control de inventario, optimizar la ocupación del espacio y minimizar pérdidas.

1. Planteamiento del problema

Descripción

A nivel mundial, se ha visto que la digitalización y el uso de sistemas de información han transformado la gestión logística en empresas manufactureras. Los sistemas de integración de datos y dashboards son herramientas tecnológicas que permiten centralizar la información, organizar mejor los inventarios y facilitar la toma de decisiones (González, 2023). Además, estos sistemas ayudan a identificar inconsistencias, optimizar el espacio de almacenamiento y mejorar la trazabilidad de los materiales (Ramírez & López, 2022). Diversos estudios resaltan que la implementación de dashboards interactivos en la logística promueve procesos más eficientes, permite el análisis en tiempo real y fortalece la gestión de inventarios, reduciendo pérdidas y errores humanos (Martínez et al., 2024).

En Latinoamérica, la adopción de sistemas tecnológicos en logística ha sido gradual, debido a limitaciones de infraestructura, capacitación del personal y políticas internas de las empresas (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2024). Estudios recientes muestran que las compañías que integran sus inventarios en bases de datos centralizadas y utilizan dashboards obtienen mejoras significativas en la eficiencia operativa y en el control del inventario (González et al., 2023). Sin embargo, la adopción depende de la confianza y capacitación del personal encargado, así como de la fiabilidad de los datos registrados.

En Colombia, muchas empresas manufactureras todavía registran sus inventarios de manera dispersa, lo que genera errores como materiales mal ubicados, pérdidas y reprocesos. Tal es el caso de la empresa Locería Colombiana, una organización con más de 140 años de trayectoria, líder en la manufactura de insumos y productos cerámicos para el hogar, y pieza fundamental de la Organización Corona. Debido a la magnitud de su operación y a la diversidad de materiales que maneja, la gestión de la información logística ha enfrentado retos significativos en la consolidación de datos provenientes de distintas fuentes. La implementación de un sistema de gestión logística centralizado en Locería Colombiana permitirá integrar los datos de inventario, caracterizar los materiales y las ubicaciones físicas, y generar dashboards que faciliten la identificación de inconsistencias. Además, permitirá optimizar el uso del espacio y mejorar la eficiencia operativa. A pesar de las ventajas, es necesario analizar los procesos

internos, capacitar al personal y establecer protocolos claros para garantizar que la tecnología se integre de manera responsable y efectiva en la operación diaria.

Formulación

¿De qué manera un sistema de gestión de inventario basado en integración de datos y dashboards puede mejorar el control de inventarios, optimizar el espacio de almacenamiento y minimizar pérdidas en la empresa Locería Colombiana?

2. Justificación

El estudio sobre la implementación de un sistema de gestión logística basado en integración de datos y dashboards en Locería Colombiana es importante por el impacto que tiene en ámbitos operativos, tecnológicos y metodológicos. Para comenzar, la centralización y visualización de la información permite un control más eficiente del inventario, reduciendo errores y pérdidas de materiales, lo que demuestra cómo la digitalización de los procesos logísticos puede mejorar significativamente la operación de la empresa.

El sistema propuesto, al unificar datos y generar dashboards interactivos, facilita la toma de decisiones, optimiza el uso del espacio de almacenamiento y fortalece la trazabilidad de los productos, generando mayor confianza y autonomía en el personal encargado del inventario (González, 2023). Según López (2022), las herramientas digitales aplicadas a la logística son una forma de fortalecer la eficiencia operativa y promover la organización sistemática de los recursos, lo que es especialmente relevante en empresas con procesos dispersos o registros manuales.

Desde el punto de vista teórico, este estudio ayuda a entender la relación entre la gestión de inventarios, la tecnología y la eficiencia operativa. La integración de datos y el análisis mediante dashboards permite identificar patrones, inconsistencias y oportunidades de mejora, aportando evidencia sobre cómo las herramientas digitales pueden transformar la gestión logística en empresas manufactureras. Asimismo, expertos en logística destacan que los sistemas tecnológicos “no deben reemplazar la experiencia del personal, sino complementarla para mejorar la precisión y la eficiencia en la operación” (Ramírez, 2022), lo que resalta la necesidad de unir el uso de la tecnología con las prácticas logísticas tradicionales.

Finalmente, este estudio permitirá crear estrategias para implementar el sistema de manera eficiente y ética, contribuyendo a mejorar los procesos de control de inventario, optimizar la ocupación del espacio y minimizar pérdidas. Las experiencias de empresas que han adoptado sistemas similares muestran un aumento en la eficiencia, una reducción de errores y un mejor seguimiento de los materiales, lo que evidencia que la integración tecnológica en la logística es una herramienta efectiva para la modernización y competitividad

empresarial (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2024).

3. Objetivos

Objetivo general

Implementar un sistema de gestión de inventario para la empresa Locería Colombiana, mediante la integración de fuentes de datos dispersas y el desarrollo de dashboards interactivos, optimizando el control operativo y la toma de decisiones en el almacén.

Objetivos específicos

I. Caracterizar el flujo de información y los procesos actuales de registro de inventario en la empresa Locería Colombiana para identificar debilidades e inconsistencias.

II. Definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, considerando las restricciones de infraestructura tecnológica de la empresa.

III. Desarrollar módulos de integración de datos (ETL) y dashboards de visualización utilizando herramientas de procesamiento de datos y análisis visual.

IV. Documentar la funcionalidad del sistema desarrollado mediante casos de uso, pruebas de funcionamiento y validación frente a las inconsistencias detectadas, identificando posibles mejoras futuras.

4. Marco teórico

La gestión de inventarios ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo. En sus inicios, desde la teoría clásica económica, los inventarios eran considerados una forma de cubrir necesidades de producción y enfrentar fluctuaciones en la demanda. Las organizaciones mantenían grandes cantidades de productos almacenados para prevenir desabastecimientos, lo que generaba altos costos de almacenamiento y riesgos de obsolescencia (Ballou, 2004).

Con el desarrollo industrial y la globalización, la logística dejó de ser una función meramente operativa para convertirse en un componente estratégico dentro de las organizaciones. Según Christopher (2016), la gestión logística moderna comprende la planificación, implementación y control eficiente del flujo de materiales e información desde su origen hasta el consumidor final. En esta perspectiva, la información adquiere el mismo nivel de importancia que los materiales físicos, ya que permite mejorar la coordinación de los procesos y la toma de decisiones.

Posteriormente surgieron enfoques como la gestión de la cadena de suministro o *Supply Chain Management* (SCM), la cual plantea que la integración y coordinación de procesos, recursos e información dentro de una organización permite optimizar los flujos logísticos, reducir costos operativos y mejorar la eficiencia empresarial (Chopra & Meindl, 2019).

Con el avance tecnológico, la digitalización de los procesos logísticos ha permitido incorporar herramientas informáticas que facilitan el control de inventarios y el análisis de información. En este contexto, los sistemas de información y las herramientas de inteligencia de negocios han adquirido un papel fundamental en la gestión de datos empresariales, permitiendo transformar grandes volúmenes de datos en información útil para la toma de decisiones (Sommerville, 2016).

En la actualidad, muchas organizaciones utilizan herramientas tecnológicas que permiten integrar diferentes fuentes de información y generar reportes analíticos mediante dashboards interactivos. Estas herramientas facilitan la visualización de indicadores clave de desempeño y permiten identificar inconsistencias en los procesos operativos, mejorando la eficiencia del control logístico (Londoño & Rojas, 2020).

4.1 Antecedentes

Tradicionalmente, el control de inventarios se realizaba de manera manual mediante registros físicos, como el sistema Kárdex, que permitía llevar control de las entradas y salidas de mercancía. Aunque estos métodos permitían mantener un registro básico de los productos almacenados, eran susceptibles a errores humanos y dificultades para actualizar la información de manera oportuna (Ballou, 2004).

Con el avance de los sistemas informáticos, las organizaciones comenzaron a implementar sistemas de información que permitían automatizar los procesos de registro y control de inventarios. Estos sistemas facilitaron la centralización de los datos y mejoraron la trazabilidad de los productos dentro de la cadena logística (Bowersox, Closs & Cooper, 2019).

En años recientes, el desarrollo de herramientas de inteligencia de negocios ha permitido integrar múltiples fuentes de información dentro de una misma plataforma de análisis. Estas herramientas permiten generar dashboards interactivos que facilitan la interpretación de los datos y apoyan la toma de decisiones dentro de las organizaciones (Kim & Park, 2021).

4.2 Bases teóricas

Gestión logística

La gestión logística es una disciplina encargada de planificar, organizar y controlar el flujo de materiales, información y recursos dentro de una organización, con el objetivo de garantizar que los productos se almacenen, transporten y distribuyan de manera eficiente (Christopher, 2016).

En empresas industriales, la gestión logística es fundamental para mantener la disponibilidad de inventarios y asegurar la continuidad de los procesos productivos. La correcta integración de los datos logísticos permite mejorar la precisión en el control de inventarios y facilitar el seguimiento de los materiales dentro de los almacenes (Bowersox, Closs & Cooper, 2019).

Supply Chain Management (SCM)

El enfoque de Supply Chain Management plantea que la coordinación entre procesos, recursos e información permite optimizar la cadena de suministro y mejorar la competitividad organizacional (Chopra & Meindl, 2019).

Dentro de este enfoque, los sistemas de información desempeñan un papel clave al permitir la integración de datos provenientes de diferentes áreas de la empresa, lo cual facilita la planificación y el control de inventarios.

Lean Inventory

La teoría del Lean Inventory busca reducir desperdicios, mejorar flujos internos y eliminar procesos innecesarios dentro del sistema logístico (Womack & Jones, 2003).

La identificación de inconsistencias en inventarios, tales como materiales perdidos o mal ubicados, se relaciona directamente con los principios de mejora continua y generación de valor.

Business Intelligence y Analítica de Datos

El Business Intelligence se refiere al conjunto de tecnologías, herramientas y metodologías que permiten recopilar, integrar, analizar y visualizar datos empresariales para apoyar la toma de decisiones (Sommerville, 2016).

En el ámbito logístico, estas herramientas permiten integrar múltiples fuentes de información, identificar inconsistencias en los registros de inventario y generar indicadores clave de desempeño que facilitan el análisis de la operación (Kim & Park, 2021).

Automatizar reportes

A diferencia de modelos predictivos basados en inteligencia artificial, el enfoque del presente proyecto se centra en la integración, transformación y visualización de datos mediante procesos ETL (Extract, Transform, Load).

Dashboards logísticos

Los dashboards son herramientas visuales que permiten representar información compleja mediante gráficos, indicadores y tablas dinámicas, facilitando la interpretación rápida de los datos por parte de los usuarios (Few, 2013).

En el contexto logístico, los dashboards permiten monitorear indicadores relacionados con el inventario, detectar diferencias entre registros físicos y digitales, analizar la rotación de productos y evaluar el desempeño de los procesos operativos (Londoño & Rojas, 2020).

Caracterización de materiales

La caracterización de materiales consiste en clasificar y organizar productos según sus características físicas y logísticas, como dimensiones, peso, categoría y ubicación. Este proceso es fundamental para estructurar correctamente la información y garantizar la generación de reportes confiables.

4.3 ***Marco legal y normativo***

En Colombia, el desarrollo e implementación de software para el control de inventarios se encuentra regulado por un conjunto de disposiciones legales que establecen lineamientos en materia de contratación, propiedad intelectual, protección de datos personales y uso de tecnologías de la información.

En primer lugar, la Ley 80 de 1993 establece las normas generales para la contratación de

obras, bienes y servicios en el país, incluyendo el desarrollo de software. Esta ley define los requisitos, procedimientos y condiciones contractuales que deben cumplirse en la adquisición o desarrollo de soluciones tecnológicas, garantizando transparencia y responsabilidad en los procesos de contratación.

Por su parte, el Decreto 1011 de 2006 regula aspectos relacionados con el uso de software y la protección de los derechos de autor y la propiedad intelectual en el ámbito tecnológico. Este decreto establece responsabilidades tanto para desarrolladores como para usuarios, asegurando la correcta protección de los productos informáticos.

En materia de protección de datos, la Ley 1266 de 2008 establece disposiciones para la protección de datos personales en Colombia. Esta norma es relevante para los sistemas de control de inventarios, ya que dichos sistemas pueden manejar información sensible relacionada con proveedores, empleados o clientes. La ley define los derechos de los titulares de la información y las obligaciones de los responsables del tratamiento de datos.

Asimismo, la Ley 1753 de 2015 regula el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), estableciendo lineamientos para la seguridad y protección de la información manejada a través de sistemas digitales. Esta normativa respalda la implementación de soluciones tecnológicas seguras dentro del entorno empresarial.

El Código de Comercio colombiano también contiene disposiciones aplicables al manejo de software de control de inventarios. Entre los artículos más relevantes se encuentran:

- Artículo 111, que establece los requisitos para la formación de contratos de compraventa, incluyendo aquellos relacionados con la adquisición de software.

- Artículo 123, que regula la protección de los derechos de propiedad intelectual.

- Artículo 140, que establece normas sobre confidencialidad y protección de información en relaciones comerciales.

En relación con la protección del software como creación intelectual, la Ley 23 de 1982 reconoce los derechos de autor sobre obras científicas, literarias y artísticas, incluyendo los

programas de computador. De igual forma, la Ley 170 de 1994, mediante la cual Colombia aprueba acuerdos internacionales en el marco de la Organización Mundial del Comercio (OMC), establece que los programas de ordenador serán protegidos como obras literarias.

Adicionalmente, la Decisión 351 de 1993 de la Comunidad Andina dispone que los programas de ordenador se protegen en los mismos términos que las obras literarias, garantizando derechos exclusivos a sus autores o titulares.

En conjunto, este marco normativo proporciona seguridad jurídica al desarrollo e implementación del sistema propuesto, asegurando la protección de la propiedad intelectual, el tratamiento adecuado de la información y el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes en Colombia.

5. Metodología

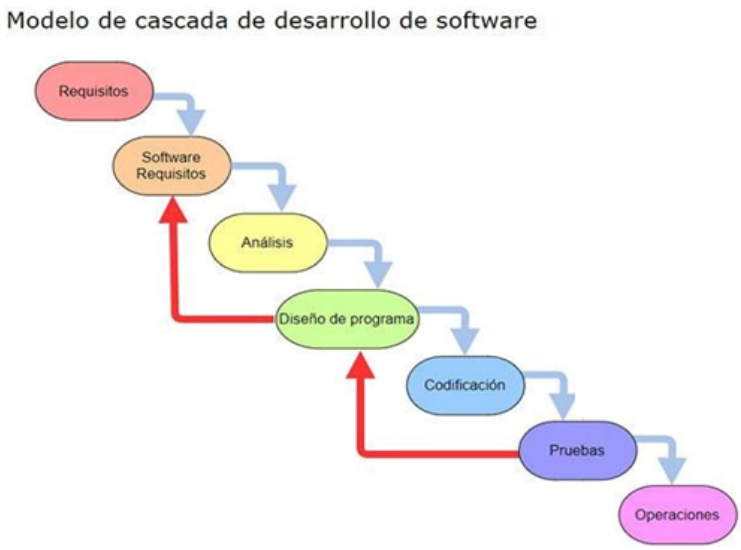
5.1 Tipo de estudio

El presente trabajo de grado se desarrolla bajo un enfoque de investigación aplicada con un componente mixto (cuantitativo y cualitativo). Es de tipo aplicado porque su propósito es resolver una problemática real identificada en el contexto empresarial de Locería Colombiana, específicamente en la gestión y control de inventarios.

Desde la perspectiva cuantitativa, se realiza la medición de variables críticas como inconsistencias en el sistema SAP, tiempos de respuesta y niveles de stock. Por otra parte, el enfoque cualitativo permite identificar los requerimientos funcionales y la experiencia del usuario final mediante entrevistas y observación directa, asegurando que los dashboards generados respondan a las necesidades reales de la organización.

Para la ejecución de este estudio mixto y el desarrollo de la solución tecnológica, se ha seleccionado el Modelo de Cascada (ver Figura 1) como marco metodológico. Esta elección se debe a la naturaleza secuencial del proyecto, la cual permite asegurar que los requerimientos cualitativos y las mediciones cuantitativas recolectadas en las fases iniciales de análisis sirvan como base sólida para el diseño, desarrollo y posterior validación de los dashboards en la organización. A continuación, se ilustran las etapas seguidas bajo este modelo:

Figura 1 Modelo de cascada variante con retroalimentación de desarrollo de software

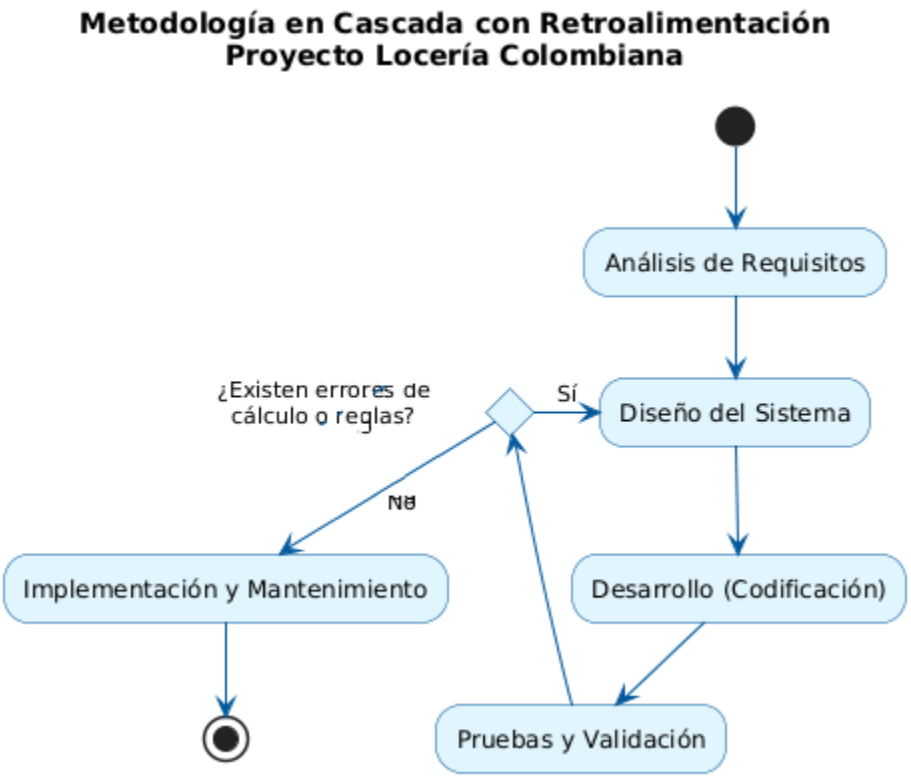


Fuente: https://gitmind.com/es/metodologia-cascada.html

5.2 Ciclo de vida del desarrollo de software

Para el desarrollo del sistema de integración de datos y dashboards, se adoptó el Modelo en Cascada . Este modelo permite una gestión estructurada y lineal del proyecto, donde cada etapa debe completarse y validarse antes de iniciar la siguiente, garantizando el orden en la documentación y la calidad del producto final. Para el desarrollo del presente documento, se adecuó el ciclo de vida atendiendo a la necesidad de retroalimentación técnica entre las etapas de pruebas y diseño, asegurando la integridad de los datos extraídos. En la Figura 2, se observan las fases adaptadas específicamente para las necesidades de este proyecto

Figura 2. Metodología en Cascada con Retroalimentación - Proyecto Locería Colombiana



Fuente: Elaboración Propia.

Las fases ejecutadas para este proyecto son:

Análisis de Requisitos

En esta fase inicial se identificaron las necesidades de información de la empresa. Se definieron los requisitos funcionales (extracción de datos de SAP, procesos ETL en Python) y no funcionales (tiempos de carga, seguridad).

Diseño del Sistema

Se diseñó la arquitectura técnica del sistema, dividida en la lógica de procesamiento de datos y la capa de presentación. En esta etapa se definieron los modelos entidad-relación y se identificaron los riesgos potenciales del proyecto para establecer planes de mitigación.

Desarrollo (Codificación)

En esta fase se procedió a la construcción de la solución. Se desarrollaron los scripts en Python utilizando librerías de procesamiento de datos para automatizar la integración. Simultáneamente, se construyó el modelo de datos en Power BI, transformando la información bruta en indicadores de gestión (KPIs) visuales.

Pruebas y Validación

Se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar la integridad de los datos procesados. Se validó que los resultados mostrados en los dashboards de Power BI coincidieran con la realidad física y contable de los inventarios de Locería Colombiana, realizando ajustes en las fórmulas de cálculo donde fue necesario.

Implementación y Mantenimiento

Se realizó el despliegue de la herramienta en el entorno operativo. Esta fase incluyó la capacitación del personal del área logística y la entrega de manuales técnicos. Se dejó establecido un protocolo de mantenimiento para ajustar el sistema ante futuros cambios en los reportes de SAP.

5.3 Instrumentos de recolección de información

La recolección de información se realizó mediante técnicas que permitieron obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos, con el propósito de diagnosticar la situación actual del proceso de gestión de inventarios y definir los requerimientos del sistema propuesto. Los instrumentos utilizados fueron:

- **Observación directa:** Para identificar el flujo real de trabajo y cuellos de botella.
- **Entrevistas semiestructuradas:** Dirigidas al líder de área para identificar necesidades de decisión.
- **Revisión documental:** Análisis de reportes históricos de SAP y archivos de Excel para el diseño del proceso ETL.

Observación

Se realizó observación directa en el área de logística y control de inventarios, con el objetivo de identificar el flujo real de información, los procedimientos de registro, los tiempos de consolidación de reportes y las posibles inconsistencias entre inventario físico y registros digitales en SAP.

Durante esta fase se documentaron los siguientes hallazgos:

- Dependencia excesiva de procesos manuales para la verificación de stock.
- Uso de hojas de cálculo paralelas al sistema SAP, lo que genera duplicidad de tareas.
- Tiempos elevados para generar un reporte consolidado de confianza.
- Dificultades en la interpretación de datos debido a la variedad de información.

Entrevista

Las entrevistas semiestructuradas se realizaron a los coordinadores de inventario y analistas de datos de la empresa Locería Colombiana. A través de estas, se definieron los objetivos estratégicos del sistema:

- Identificar la necesidad de limpiar datos brutos de SAP mediante scripts de Python.
- Establecer los indicadores (KPIs) de rotación y obsolescencia que el dashboard debe mostrar.
- Definir los permisos de acceso y la frecuencia de actualización de la información.
- Validar que la solución tecnológica propuesta se alinea con los objetivos de transformación digital de la empresa.

Tabla 1. Entrevista a Lider Logistico

ID	Categoría	Pregunta de la Entrevista	Respuesta del Entrevistado	Requerimiento Técnico Derivado
E01	**Proceso**	¿Cómo se consolidan actualmente los reportes de inventario de las diferentes sedes?	Se descargan archivos .txt o .csv de SAP y se unen manualmente en un Excel maestro mediante copiado y pegado.	El sistema debe automatizar la unión de múltiples archivos planos usando Python.
E02	**Calidad**	¿Qué problemas encuentran frecuentemente en los datos extraídos de SAP?	Los formatos de fecha varían, hay códigos de materiales con espacios en blanco y registros duplicados por errores de carga.	Implementar un pipeline ETL en Python que normalice fechas, elimine espacios y limpie duplicados.

E03	**Negocio**	¿Qué criterios definen que un material está "mal ubicado" o en "baja rotación"?	Un material está mal ubicado si su zona en SAP no coincide con el centro de costo físico. La baja rotación es si no se mueve en 90 días.	Programar reglas de negocio en Python para marcar alertas de ubicación y rotación en el dashboard.
E04	**Visualización**	¿Qué indicadores (KPIs) son indispensables ver al abrir el dashboard cada mañana?	Exactitud del inventario (ERI), valor total del stock actual y alertas de quiebre de stock de insumos críticos.	Crear tarjetas de indicadores (KPI cards) principales en la parte superior del Dashboard de Power BI.
E05	**Expectativa**	¿Cuál es la mayor limitación que espera resolver con esta nueva herramienta?	Reducir el tiempo de oficina haciendo reportes para dedicar más tiempo a la auditoría física en los pasillos del almacén.	La actualización del reporte debe ser automática (refresco de datos) tras cargar los archivos de SAP.

Fuente: Elaboración Propia.

5.4 Fuentes de información

5.4.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias de esta investigación estuvieron constituidas por:

- Registros de observación de campo realizados en los centros de distribución.
- Datos brutos (archivos planos) extraídos directamente del sistema SAP ERP para su procesamiento.
- Entrevistas directa con el jefe logístico.

5.4.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias incluyeron:

- Documentación técnica oficial de Python (librerías Pandas y NumPy) y Power BI.
- Artículos académicos sobre arquitectura de datos e Inteligencia de Negocios (BI).
- Manuales de procesos internos y guías de usuario del sistema SAP de la organización.
- Repositorios de proyectos previos sobre automatización de inventarios en la industria manufacturera colombiana.

6. Resultados

6.1 Caracterización del flujo de información y procesos previos a la implementación de la herramienta en la empresa Locería Colombiana

Para identificar las debilidades del sistema antes de la realización del proceso de mejora en la empresa Locería Colombiana, se realizó un levantamiento de información de la actividad operativa diaria. La gestión de inventarios dependía de un proceso manual de extracción y transformación de datos que se detalla a continuación:

6.1.1 Flujo Operativo de Datos en SAP

La obtención de información primaria residia en el ERP SAP, específicamente a través de dos transacciones críticas:

- **Transacción LX03:** Se utiliza con la variante de búsqueda /00000000001 para extraer el inventario total. Aunque proporciona una visión amplia de los cuantos (unidades de stock en ubicación), la información no se refleja en tiempo real, lo que genera una brecha entre el dato digital y la existencia física.

El proceso de obtención de datos inicia con el acceso riguroso al sistema SAP ERP. Como se ilustra en la secuencia de extracción de datos de inventario desde la transacción LX03 en SAP , el controlador de inventarios debe navegar a través de siete pasos críticos: iniciando con la autenticación y acceso a la transacción LX03 (Pasos 1 y 2), la aplicación de la variante específica para Locería Colombiana (Paso 3) y la ejecución de la consulta (Paso 4). Finalmente, la información se exporta manualmente a una hoja de cálculo (Pasos 5 a 7), lo que constituye la base bruta de datos antes de cualquier procesamiento.

Debido a que esta descarga se realizaba de manera manual antes de la implementación de la herramienta desarrollada, el proceso consumía entre 4 y 8 minutos por operario en cada ejecución. Adicionalmente, la manipulación manual de los archivos incrementaba el riesgo de incluir registros innecesarios, inconsistencias en los datos y errores derivados de la intervención humana durante la consolidación de la información.

Figura 1. Acceso a Transacción LX03 correspondiente al paso 1

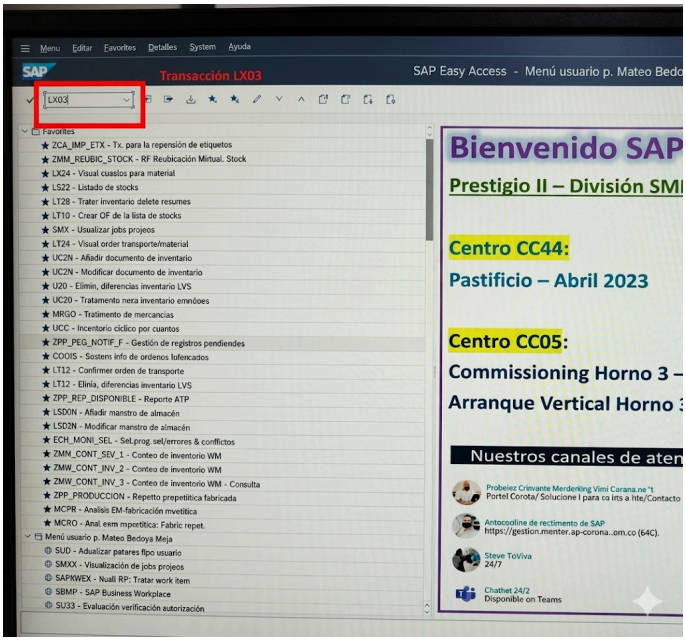


Figura 2. Visualización de Pantalla LX03, correspondiente al paso 2

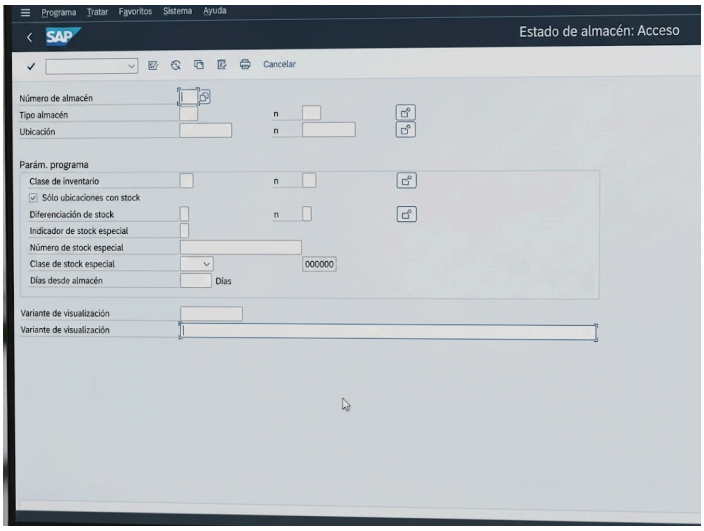


Figura 3. Visualización de Variante /00000000001, correspondiente al paso 3

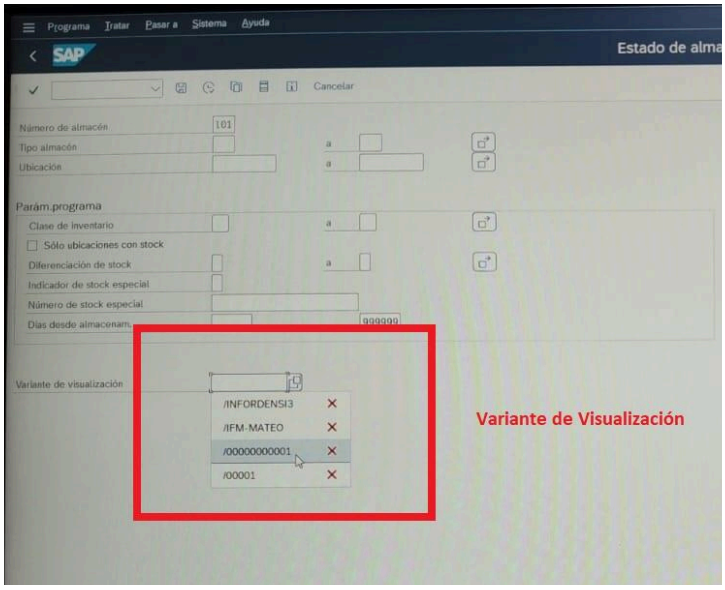


Figura 4. Resultado de Búsqueda, correspondiente al paso 4

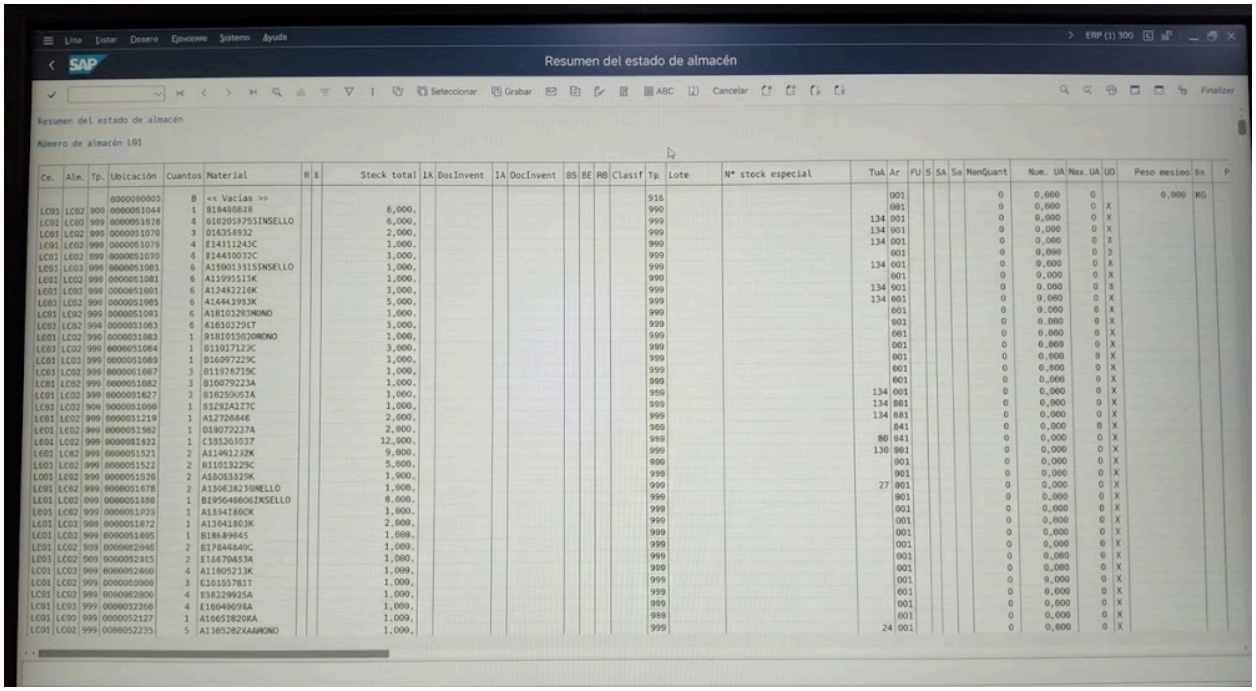


Figura 5. Botón en LX03 para descarga de excel, correspondiente al paso 5**.**

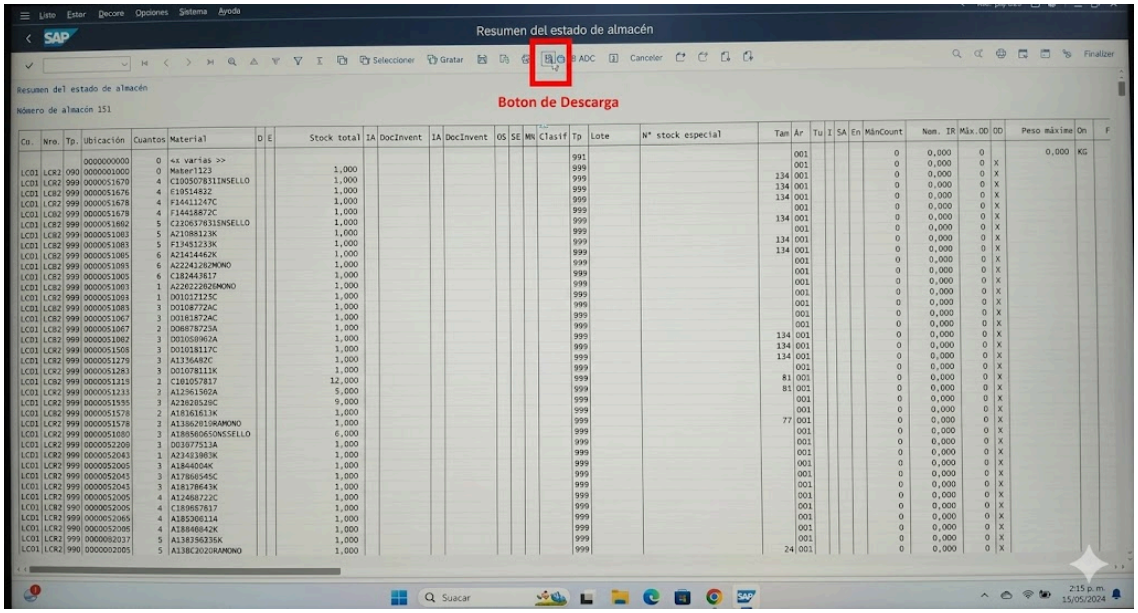


Figura 6. Guardar y renombrar el excel LX03, correspondiente al paso 6**.**

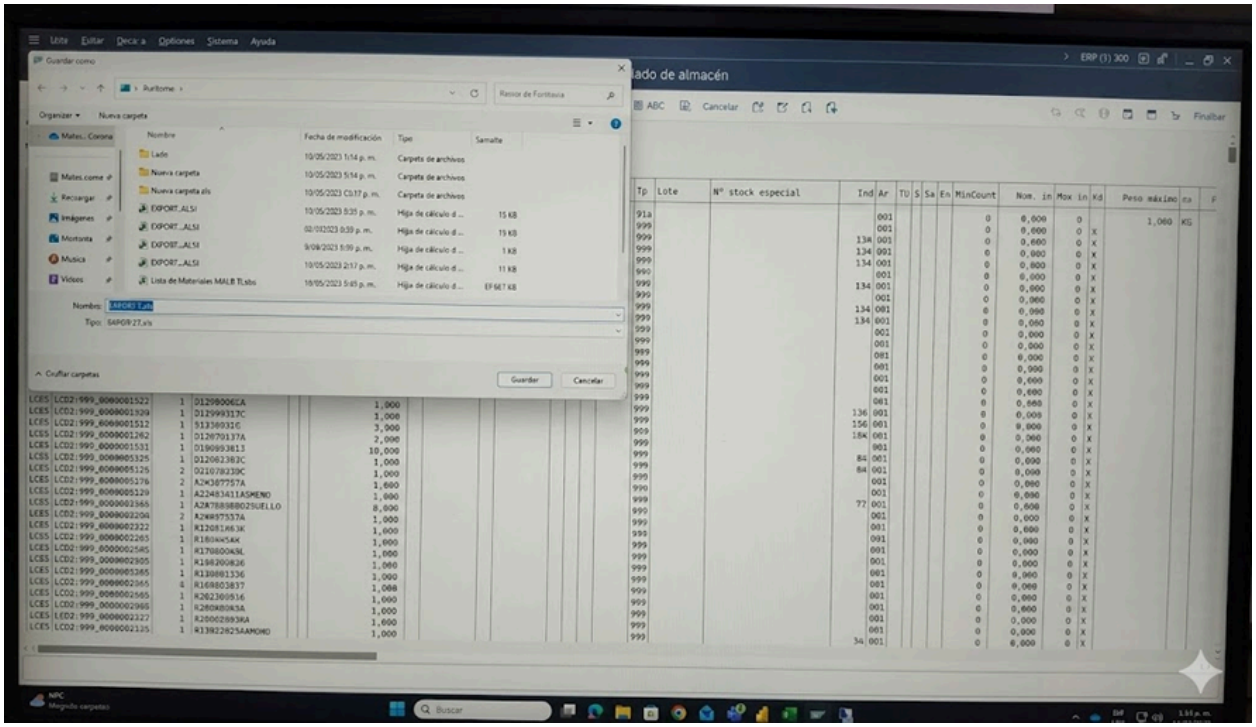
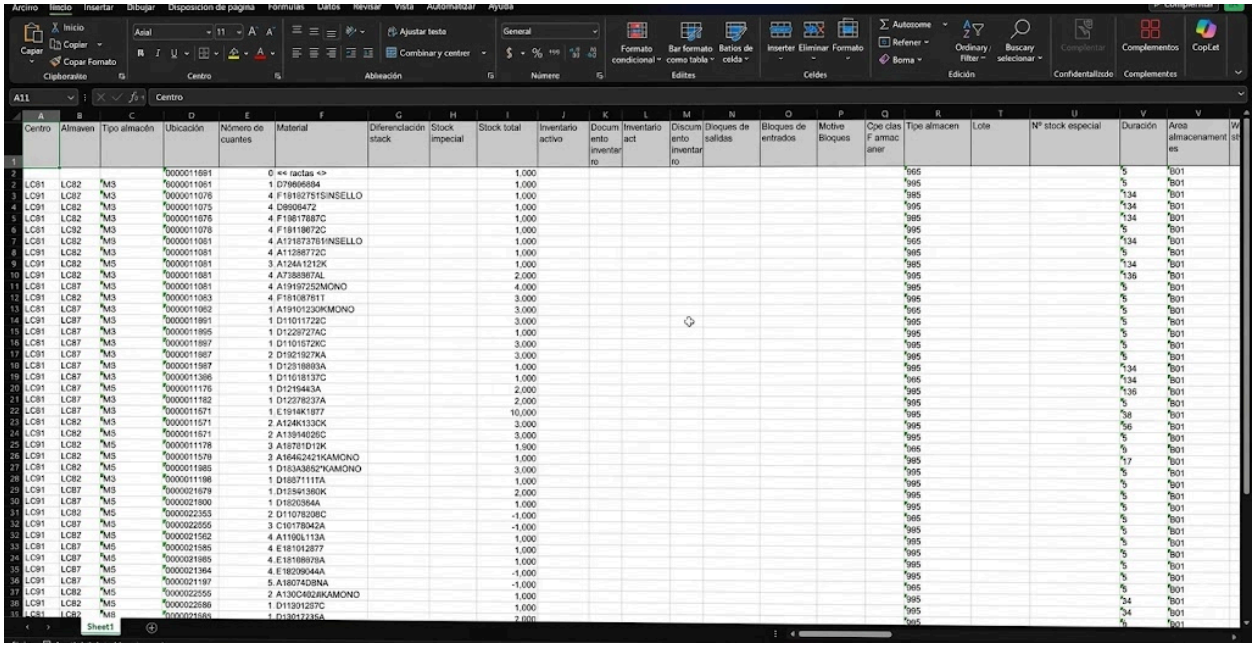


Figura 7. Visualización de archivo Excel de LX03, correspondiente al paso 7**.**



- **Transacción LT22:** Proporciona el historial de movimientos desde la migración a SAP. Es utilizada como herramienta de auditoría para rastrear referencias, usuarios y necesidades de transporte.

Complementariamente, para el análisis de las variaciones e historial de movimientos, se emplea la transacción LT22. Como se observa en la Figura 8, este proceso permite obtener un registro detallado de las transferencias de materiales, usuarios involucrados y ubicaciones de origen/destino (Pasos 1 y 2). El resultado final es un archivo en formato de hoja de cálculo (Paso 3).

Debido a que esta descarga se realizaba de manera manual antes de la implementación de la herramienta desarrollada, el proceso consumía entre 5 a 9 minutos al operario en cada ejecución. Adicionalmente, la manipulación manual de los archivos incrementaba el riesgo de incluir registros innecesarios, inconsistencias en los datos y errores derivados de la intervención humana durante la consolidación de la información.

Figura 8. Acceso Transacción LT22, correspondiente al paso 1**.**

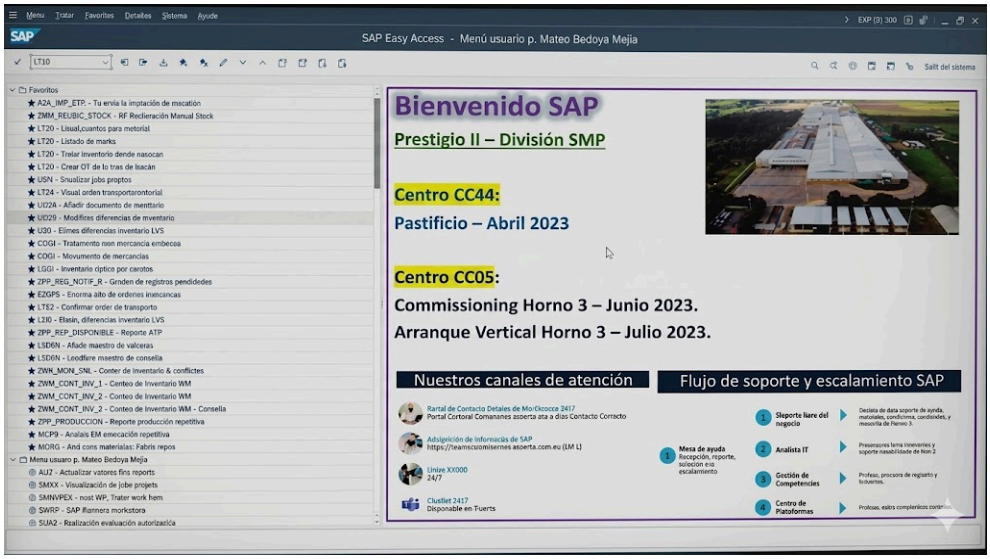


Figura 8. Visualización de pantalla LT22, correspondiente al paso 2**.**

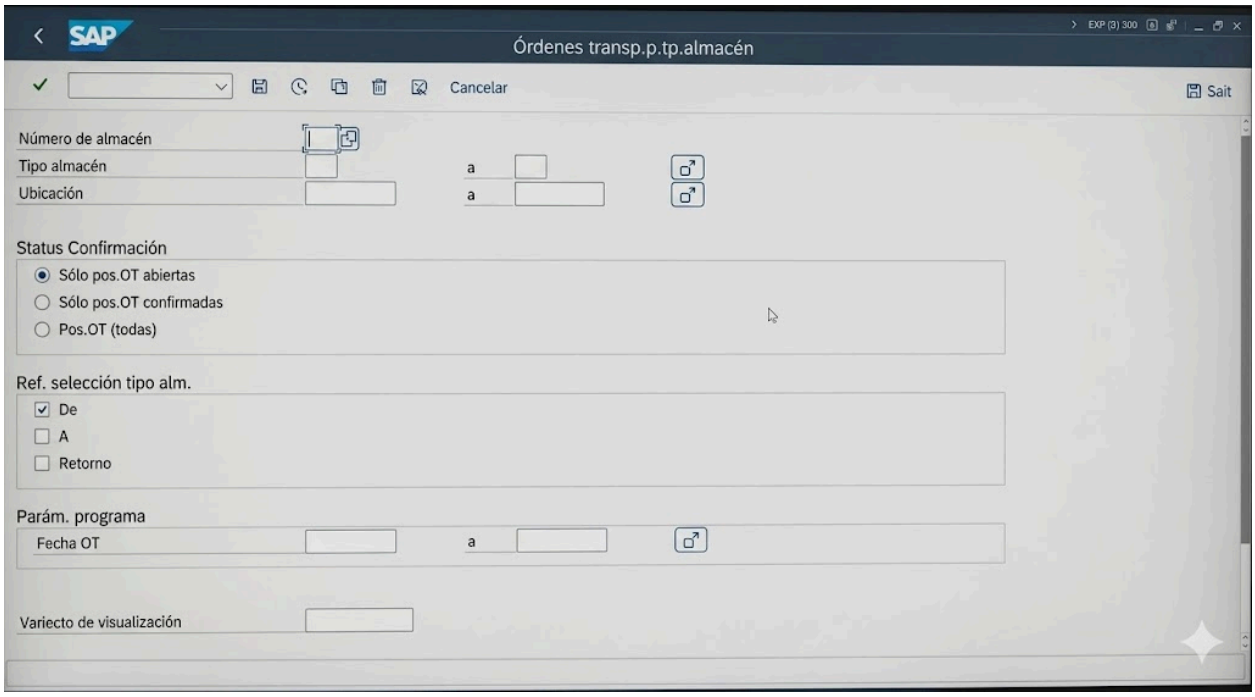
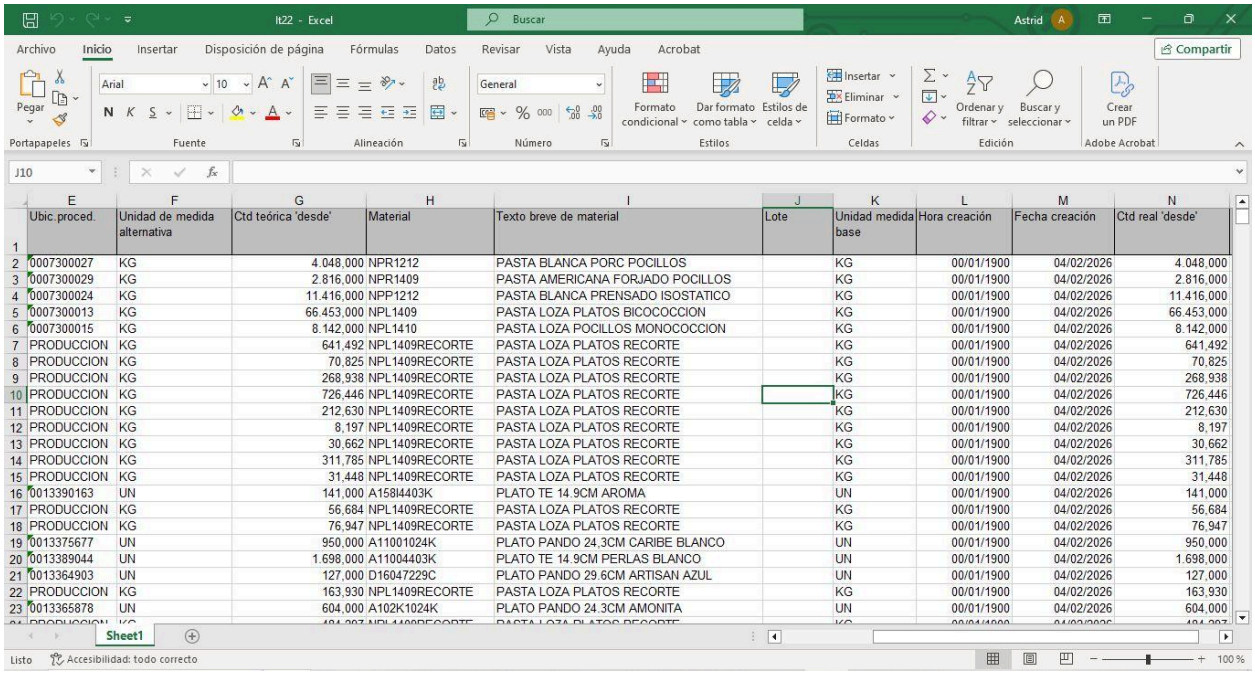


Figura 9. Visualización de Archivo Excel de LT22, correspondiente al paso 3**.**



lt22 - Excel

	Ubic. proced.	Unidad de medida alternativa	Ctd teórica 'desde'	Material	Texto breve de material	Lote	Unidad medida base	Hora creación	Fecha creación	Ctd real 'desde'
2	0007300027	KG	4.048,000	NPR1212	PASTA BLANCA PORC POCILLOS		KG	00/01/1900	04/02/2026	4.048,000
3	0007300029	KG	2.816,000	NPR1409	PASTA AMERICANA FORJADO POCILLOS		KG	00/01/1900	04/02/2026	2.816,000
4	0007300024	KG	11.416,000	NPP1212	PASTA BLANCA PRENSADO ISOSTATICO		KG	00/01/1900	04/02/2026	11.416,000
5	0007300013	KG	66.453,000	NPL1409	PASTA LOZA PLATOS BICOCOCCION		KG	00/01/1900	04/02/2026	66.453,000
6	0007300015	KG	8.142,000	NPL1410	PASTA LOZA POCILLOS MONOCOCCION		KG	00/01/1900	04/02/2026	8.142,000
7	PRODUCCION	KG	641,492	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	641,492
8	PRODUCCION	KG	70,825	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	70,825
9	PRODUCCION	KG	268,938	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	268,938
10	PRODUCCION	KG	726,446	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	726,446
11	PRODUCCION	KG	212,630	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	212,630
12	PRODUCCION	KG	8,197	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	8,197
13	PRODUCCION	KG	30,662	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	30,662
14	PRODUCCION	KG	311,785	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	311,785
15	PRODUCCION	KG	31,448	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	31,448
16	0013390163	UN	141,000	A15814403K	PLATO TE 14.9CM AROMA		UN	00/01/1900	04/02/2026	141,000
17	PRODUCCION	KG	56,684	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	56,684
18	PRODUCCION	KG	76,947	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	76,947
19	0013375677	UN	950,000	A11001024K	PLATO PANDO 24,3CM CARIBE BLANCO		UN	00/01/1900	04/02/2026	950,000
20	0013389044	UN	1.698,000	A11004403K	PLATO TE 14.9CM PERLAS BLANCO		UN	00/01/1900	04/02/2026	1.698,000
21	0013364903	UN	127,000	D16047229C	PLATO PANDO 29.6CM ARTISAN AZUL		UN	00/01/1900	04/02/2026	127,000
22	PRODUCCION	KG	163,930	NPL1409RECORTE	PASTA LOZA PLATOS RECORTE		KG	00/01/1900	04/02/2026	163,930
23	0013365878	UN	604,000	A102K1024K	PLATO PANDO 24.3CM AMONITA		UN	00/01/1900	04/02/2026	604,000

Antes de la implementación de la herramienta desarrollada, la manipulación e integración de la información se realizaba de manera manual mediante hojas de cálculo, lo que incrementaba los tiempos operativos y el riesgo de inconsistencias durante la consolidación de los datos provenientes de SAP y se perdían entre 30 y 50 minutos obtener resultados confiables.

6.1.2 Diagnóstico de la Situación Actual

Tras el análisis del proceso, se identificaron tres debilidades críticas que afectan la toma de decisiones:

1. **Carga Operativa Excesiva:** El proceso de limpieza manual es crítico. Los controladores deben filtrar manualmente ubicaciones no físicas, reduciendo el universo de datos de aproximadamente 14,819 registros a solo 3,270. Este proceso, sumado a la clasificación por zonas y validación de vacíos, consumía entre 30 y 50 minutos diarios por operario.
2. **Vulnerabilidad ante el Error Humano:** Al ser un procedimiento ejecutado en hojas de cálculo mediante filtros manuales y tablas dinámicas, existía un riesgo elevado de:
    - Eliminación accidental de filas requeridas.
    - Errores en la aplicación de filtros de ubicación.
    - Inconsistencias en la consolidación de las transacciones LX03 y LT22.
3. **Brecha de Visibilidad y Capacidad Real:** Se detectó una inconsistencia grave en la

medición de la capacidad. Mientras que los reportes manuales solían mostrar una ocupación del 70% al 100%, la realidad física del almacén alcanzaba o superaba el 150%. El sistema no permitía visualizar si una ubicación está saturada o si admitía más almacenamiento, lo que imposibilitaba una solución acertada a la saturación de las bodegas de almacenamiento.

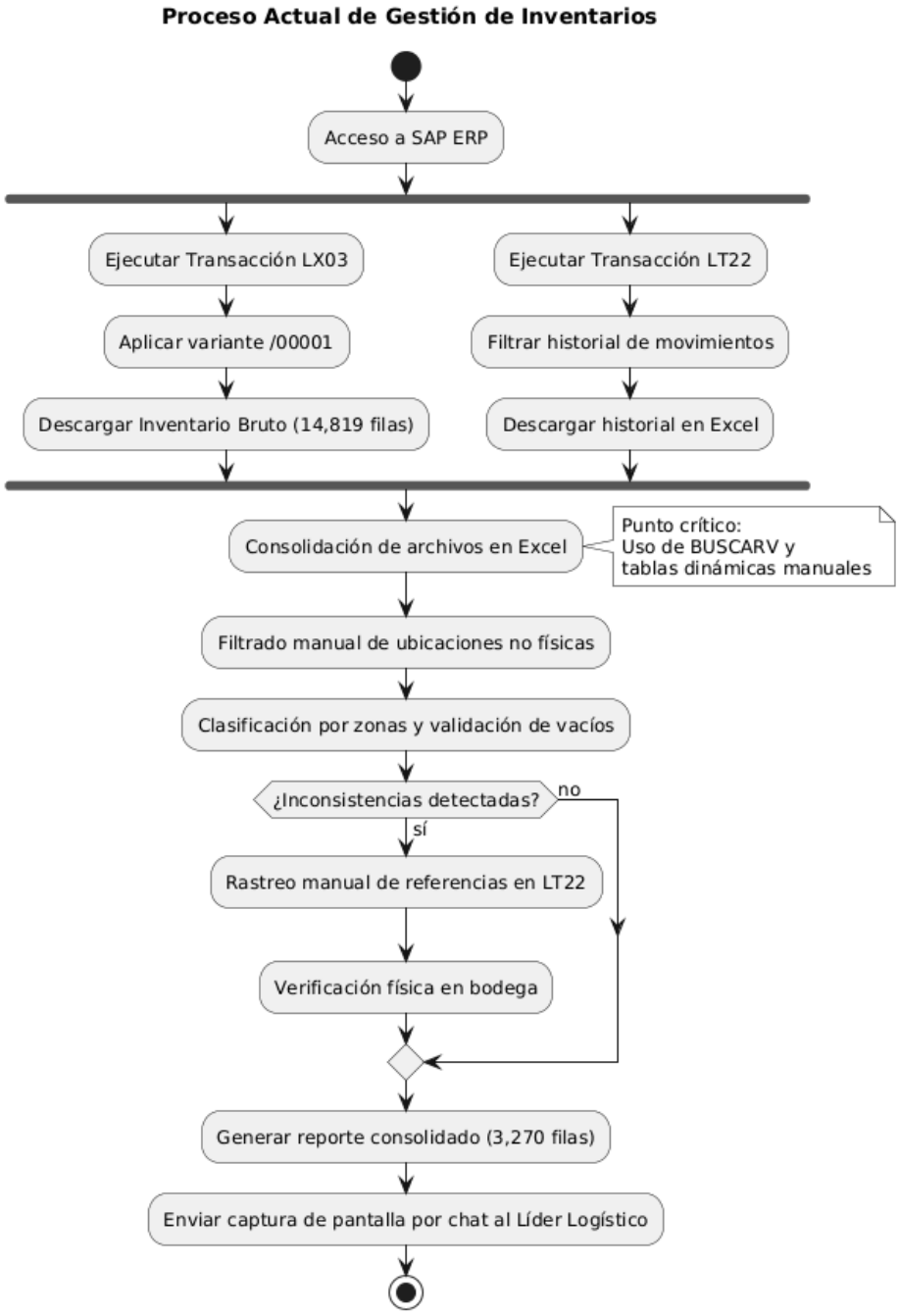
6.1.3 Identificación de Inconsistencias

La principal inconsistencia detectada es la falta de integridad visual y analítica. El Líder Logístico recibe la información en formatos de tabla o capturas de imagen vía chat, lo cual dificulta la interpretación de tendencias o alertas tempranas. Las diferencias de inventario suelen detectarse únicamente cuando surge un problema operativo (quiebre de stock o error de despacho), evidenciando que el reporte actual es reactivo y no preventivo.

En las 3 subsecciones anteriores se detalló el procedimiento de la gestión de inventarios, con el fin de sintetizar la operativa descrita, se presenta en la Figura 10 el diagrama de actividades que rige el proceso actual (modelo AS-IS). En este modelo se evidencia la bifurcación del flujo de datos desde el sistema SAP y el punto crítico de convergencia en las herramientas de ofimática manuales.

Como se puede observar, el proceso depende de una validación constante y de una depuración manual extensiva, donde cualquier error en la aplicación de filtros o en el cruce de las transacciones LX03 y LT22 impacta directamente en la confiabilidad del reporte final. Esta representación gráfica confirma la necesidad de una arquitectura orientada a la automatización (ETL) que elimine la manipulación directa de registros y centralice la información en un entorno visual dinámico.

Figura 10. Diagrama de actividades del proceso de gestión de inventarios actual en empresa Locería Colombiana **.**



Fuente: Elaboración Propia.

6.2 Definición de Requerimientos del Sistema

La definición de requerimientos se realizó bajo un marco de seguridad de la información estricto, alineado con las políticas de infraestructura de Locería Colombiana. A continuación, se detallan las funciones que el sistema debe realizar y las restricciones operativas que debe cumplir.

6.2.1 Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales describen los servicios que el sistema debe proporcionar para automatizar el flujo de información identificado en el diagnóstico previo.

Tabla 2. Requerimientos Funcionales

ID	Requerimiento	Descripción
RF01	Ingesta Automatizada	El sistema debe permitir la carga de archivos planos (.csv/.txt) provenientes de las transacciones LX03 y LT22 de SAP.
RF02	Motor de Limpieza (ETL)	El sistema debe filtrar automáticamente las ubicaciones no físicas, reduciendo la carga de datos de ~14,000 a ~3,000 registros sin intervención manual.
RF03	Cálculo de KPIs	El sistema debe calcular automáticamente indicadores de rotación, exactitud del inventario (ERI) y alertas de materiales con baja rotación (>90 días).
RF04	Consolidación de Datos	El sistema debe realizar el cruce de información entre existencias actuales y el historial de movimientos de forma automática.
RF05	Visualización Dinámica	Generación de dashboards interactivos que permitan filtrar por almacén, zona y tipo de material.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2 Requerimientos No Funcionales

Estos requerimientos representan las restricciones de infraestructura y seguridad que garantizan la viabilidad del proyecto dentro del entorno corporativo.

Tabla 3. Requerimientos No Funcionales

ID	Requerimiento	Restricción Técnica
RNF 01	Ecosistema Microsoft	La solución debe operar exclusivamente sobre el ambiente de Microsoft (Power BI Desktop, Excel y entornos locales de ejecución).
RNF 02	Sin Instalación	El sistema no debe requerir la instalación de software adicional no autorizado por el departamento de IT.
RNF 03	Privacidad y Datos	El sistema debe operar en modo local, sin conexión a internet y sin compartir datos con servidores de terceros.
RNF 04	Eficiencia de Procesamiento	El procesamiento de datos mediante librerías (Pandas/NumPy) debe reducir el tiempo de ejecución actual (30-50 min) a menos de 10 minutos.
RNF 05	Integridad de Datos	El uso de scripts de Python debe garantizar que no se pierdan registros válidos durante la depuración automática.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.3 Análisis de Restricciones de Infraestructura Tecnológica

El diseño de los requerimientos responde a una arquitectura de procesamiento en el borde (Edge Computing), motivada por las políticas de ciberseguridad de la organización. Al restringir el sistema al ecosistema de Microsoft y prohibir la conexión a redes externas, se garantiza que la propiedad intelectual de los datos de inventario permanezca dentro del perímetro seguro de la empresa. La infraestructura actual, basada en estaciones de trabajo con sistemas operativos Windows y licencias corporativas de Office 365, permite la ejecución de scripts de Python

mediante entornos portables o integrados, eliminando la necesidad de solicitar permisos de administrador para instalaciones de software de terceros. Esta estrategia asegura la viabilidad técnica y la escalabilidad del sistema sin incurrir en costos adicionales de licenciamiento o infraestructura de servidores.

6.2.4 Matriz de Trazabilidad de Requerimientos

Con el objetivo de garantizar que la solución tecnológica sea pertinente y responda estrictamente a las necesidades de la organización, se presenta a continuación la Matriz de Trazabilidad de Requerimientos. Este instrumento permite vincular cada requerimiento funcional y no funcional con las debilidades e inconsistencias identificadas durante la fase de caracterización del proceso actual. De esta manera, se asegura la coherencia del proyecto, validando que el desarrollo de los módulos ETL y los dashboards de visualización actúen como mitigadores directos de la carga operativa manual y los riesgos de integridad de datos detectados en la empresa Locería Colombiana.

Tabla 4. Matriz de Trazabilidad de Requerimientos

ID Requerimiento	Problema Detectado	Objetivo que Resuelve
RF02 (ETL)	Exceso de datos manuales (14,819 filas).	Automatización y reducción de tiempos.
RF03 (KPIs)	Inconsistencia en capacidad de almacenamiento real	Exactitud en la toma de decisiones con relación a la gestión en almacenamiento.
RNF 03 (Privacidad)	Restricciones de seguridad de Locería Colombiana.	Cumplimiento de políticas de ciberseguridad.
RNF 04 (Eficiencia)	Proceso manual de 30 a 50 minutos diarios.	Optimización de recursos humanos.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.5 Definición de Actores y Perfiles de Usuario

Para el correcto funcionamiento de la herramienta desarrollada, fue necesario definir los actores y perfiles de usuario involucrados en el proceso de gestión e integración de la información logística. Cada perfil fue establecido de acuerdo con las funciones operativas, técnicas y estratégicas requeridas dentro del sistema, permitiendo delimitar responsabilidades relacionadas con la extracción, procesamiento, mantenimiento y visualización de los datos provenientes del sistema SAP ERP.

• **Perfil Administrador (Desarrollador):** Responsable del mantenimiento de los scripts de Python, la actualización de las reglas de negocio del proceso ETL y el soporte técnico de la solución implementada.

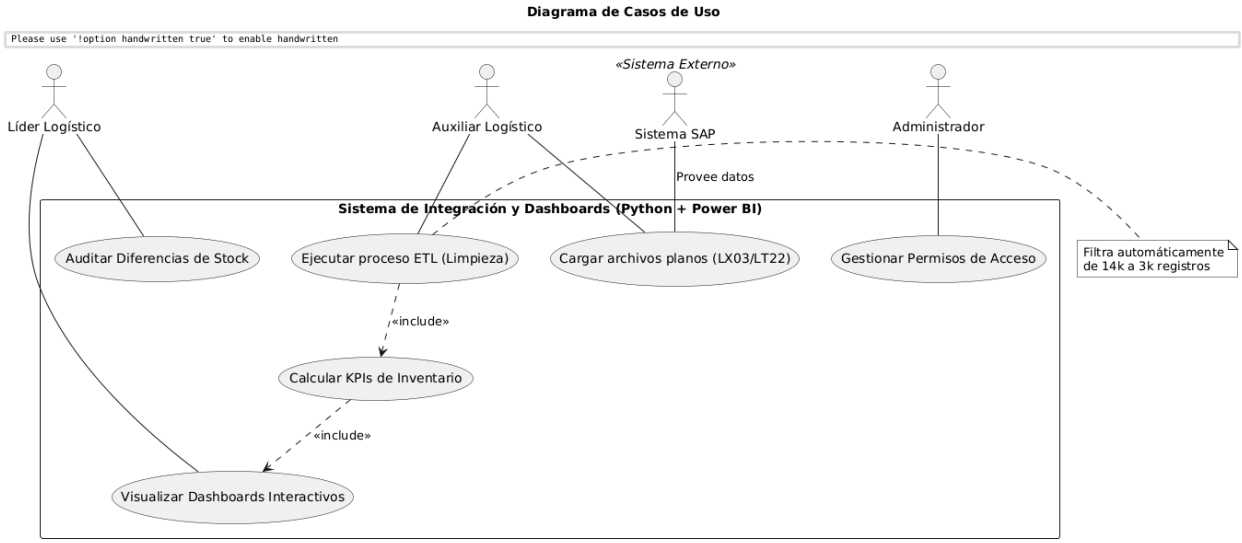
• **Perfil Operativo (Auxiliar Logístico):** Encargado de la ejecución del sistema automatizado, la validación de los archivos provenientes de SAP ERP y el monitoreo básico del proceso de carga y procesamiento de la información.

• **Perfil Estratégico (Líder Logístico):** Usuario final de los dashboards desarrollados en Power BI, con permisos de visualización, filtrado y análisis de indicadores para la auditoría y toma de decisiones relacionadas con el control de inventarios.

6.2.6 Diagrama de Casos de Uso

Para modelar la interacción de estos actores con las funciones definidas, se desarrolló el Diagrama de Casos de Uso, el cual delimita la frontera del sistema y asegura que cada requerimiento funcional esté asignado a un rol específico dentro del área de logística.

Figura 11. Diagrama de Casos de Uso actual en empresa Locería Colombiana**.**



Fuente: Elaboración Propia.

6.3 Desarrollo de Módulos de Integración ETL y Dashboards

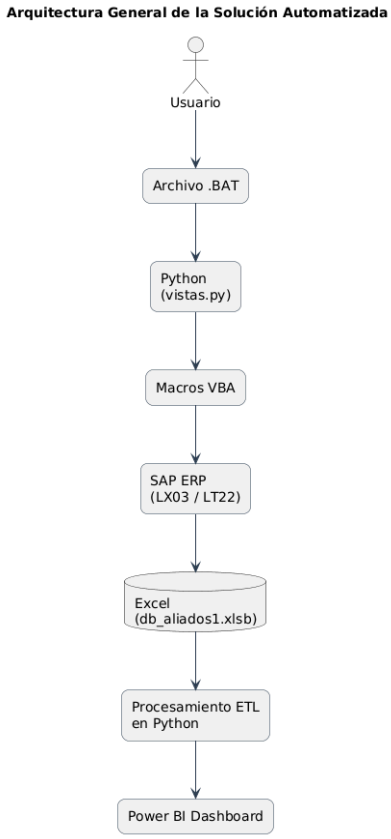
Con el propósito de cumplir el objetivo específico relacionado con el desarrollo de módulos de integración de datos (ETL) y dashboards de visualización, se implementó una solución tecnológica automatizada basada en herramientas del ecosistema Microsoft, scripts en Python y procesos de extracción desde SAP ERP.

La arquitectura desarrollada permitió integrar información logística proveniente de las transacciones LX03 y LT22, automatizando tareas manuales relacionadas con la descarga, consolidación, transformación y visualización de datos. La solución fue diseñada para operar completamente en entorno local, cumpliendo con las restricciones de ciberseguridad y conectividad definidas por la organización.

El sistema se estructuró en cinco componentes principales: automatización de extracción SAP, consolidación de datos en Excel, procesamiento ETL en Python, generación de vistas analíticas y actualización automática del dashboard en Power BI.

En la Figura 12 se presenta la arquitectura general de funcionamiento de la solución implementada, evidenciando el flujo automatizado desde la extracción de datos en SAP ERP hasta la actualización del dashboard en Power BI.

Figura 12. Diagrama de flujo de la arquitectura general de la solución de integración y visualización de datos**.**



Fuente: Elaboración Propia.

6.3.1 Arquitectura del Motor ETL en Python

El núcleo de procesamiento de datos fue desarrollado mediante scripts en Python utilizando principalmente la librería Pandas para el manejo de estructuras tabulares y transformación de datos.

El proceso inicia mediante la ejecución de un archivo por lotes (.bat) ubicado en el escritorio del usuario. Este archivo ejecuta automáticamente el script principal del sistema, denominado vistas.py, encargado de coordinar todo el flujo de actualización de información.

Figura 13. Fragmento de código python**.**



El fragmento anterior evidencia la secuencia principal del sistema, donde inicialmente se ejecuta la sincronización SAP–Excel y posteriormente se realiza la apertura automática del dashboard en Power BI.

Como se observa en la Figura 14, el usuario únicamente debe ejecutar el acceso directo del sistema para iniciar el proceso automatizado de sincronización y actualización de información logística.

Figura 14. Acceso directo del escritorio**.**

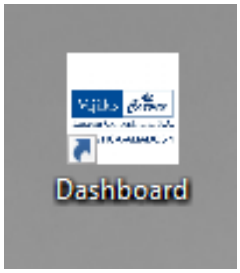


Figura 15. Consola ejecutándose.

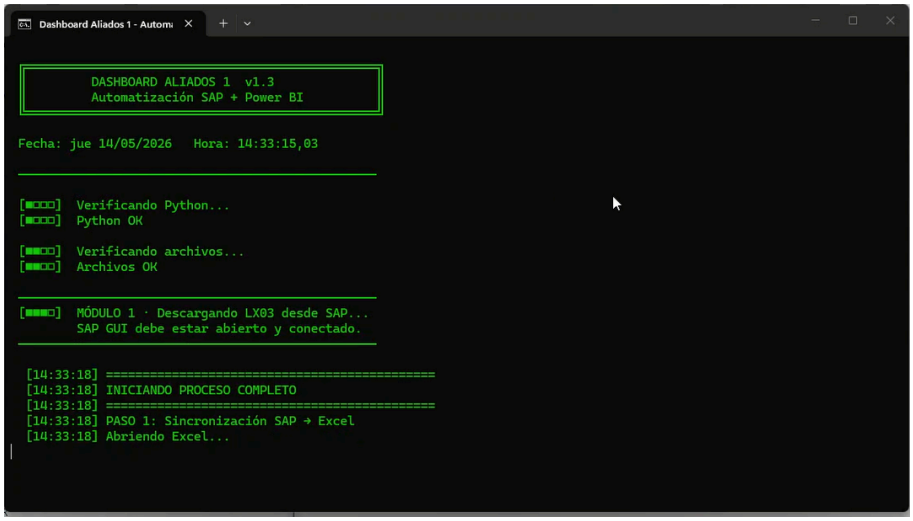
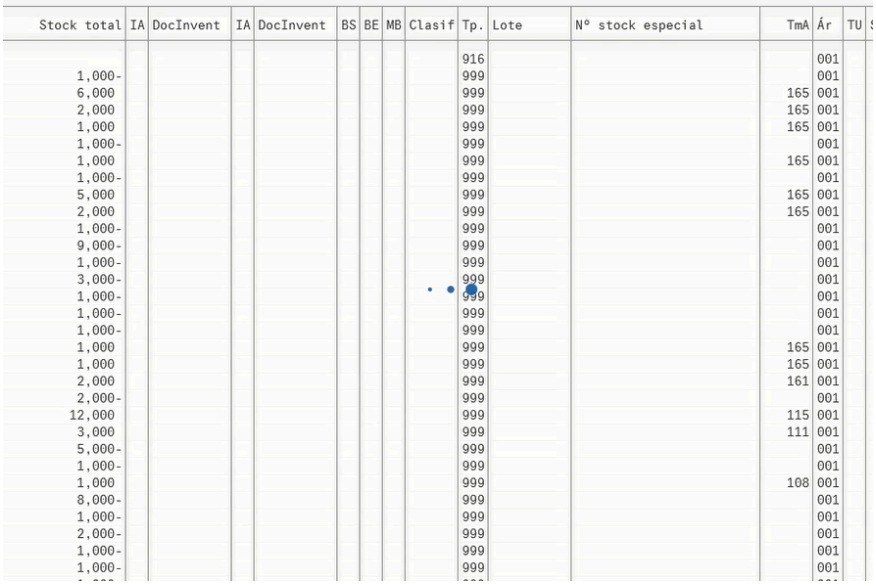


Figura 16. Archivo .bat.



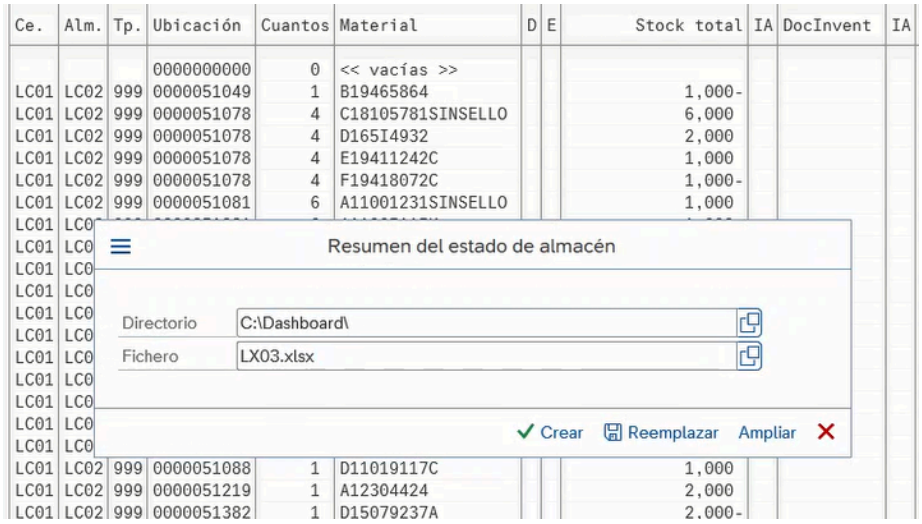
Como requisito operativo, el usuario debe tener previamente iniciada la sesión en SAP ERP. Posteriormente, el sistema ejecuta macros VBA integradas dentro del archivo db_aliados1.xlsb, las cuales automatizan la extracción de información desde las transacciones LX03 y LT22.

Figura 17. SAP ejecutando LX03 automáticamente**.**



Stock total	IA	DocInvent	IA	DocInvent	BS	BE	MB	Clasif	Tp.	Lote	Nº stock especial	TmA	Ár	TU
									916				001	
1,000-									999				001	
6,000									999			165	001	
2,000									999			165	001	
1,000									999			165	001	
1,000-									999				001	
1,000									999			165	001	
1,000-									999				001	
5,000									999			165	001	
2,000									999			165	001	
1,000-									999				001	
9,000-									999				001	
1,000-									999				001	
3,000-									999				001	
1,000-									999				001	
1,000-									999				001	
1,000-									999				001	
1,000									999			165	001	
1,000									999			165	001	
2,000									999			161	001	
2,000-									999				001	
12,000									999			115	001	
3,000									999			111	001	
5,000-									999				001	
1,000-									999				001	
1,000									999			108	001	
8,000-									999				001	
1,000-									999				001	
2,000-									999				001	
1,000-									999				001	
1,000-									999				001	

Figura 18. Ventana exportando Excel **.**



Ce.	Alm.	Tp.	Ubicación	Cuantos	Material	D	E	Stock total	IA	DocInvent	IA
			0000000000	0	<< vacías >>						
LC01	LC02	999	0000051049	1	B19465864			1,000-			
LC01	LC02	999	0000051078	4	C18105781SINSELLO			6,000			
LC01	LC02	999	0000051078	4	D165I4932			2,000			
LC01	LC02	999	0000051078	4	E19411242C			1,000			
LC01	LC02	999	0000051078	4	F19418072C			1,000-			
LC01	LC02	999	0000051081	6	A11001231SINSELLO			1,000			
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC0										
LC01	LC02	999	0000051088	1	D11019117C			1,000			
LC01	LC02	999	0000051219	1	A12304424			2,000			
LC01	LC02	999	0000051382	1	D15079237A			2,000-			

Resumen del estado de almacén

Directorio C:\Dashboard\

Fichero LX03.xlsx

Crear Reemplazar Ampliar

La automatización mediante VBA permitió eliminar gran parte de la intervención manual requerida anteriormente durante la descarga y consolidación de archivos desde SAP ERP.

La automatización desarrollada permite:

• Ejecutar consultas SAP de manera automática.
• Exportar archivos Excel generados desde SAP.
• Cerrar archivos bloqueados durante el procesamiento.
• Consolidar la información dentro de tablas estructuradas.
• Ejecutar procesos de limpieza y transformación de datos.

Posteriormente, el script en Python realiza el procesamiento ETL mediante tres etapas principales:

Extracción (Extract):

El sistema identifica y carga automáticamente los archivos generados desde SAP ERP y las hojas internas del archivo db_aliados1.xlsb.

Transformación (Transform):

Durante esta etapa se implementaron reglas de limpieza y normalización de datos, entre las cuales se destacan:

- Estandarización de nombres de columnas.
- Eliminación de registros duplicados.
- Filtrado de ubicaciones no físicas.
- Conversión de formatos de fecha provenientes de SAP.
- Cruce entre inventario actual y movimientos históricos.
- Cálculo de indicadores de ocupación y rotación.

Adicionalmente, se desarrollaron múltiples vistas analíticas orientadas al consumo desde Power BI, permitiendo segmentar información relacionada con:

- Ocupación real de almacenes.
- Ubicaciones vacías.
- Materiales en ubicaciones transitorias.
- Alertas de baja rotación.
- Capacidad operativa por zonas.

Carga (Load):

Finalmente, los datos procesados son almacenados nuevamente dentro del modelo

estructurado utilizado por Power BI, permitiendo que el dashboard consuma información actualizada y depurada automáticamente.

6.3.1.1 Automatización de extracción mediante VBA

Con el objetivo de automatizar la extracción de información logística desde SAP ERP, se desarrollaron módulos en VBA (Visual Basic for Applications) integrados con SAP GUI Scripting, permitiendo ejecutar transacciones automáticamente, exportar archivos Excel y sincronizar la información utilizada posteriormente por los procesos ETL y dashboards analíticos.

La automatización implementada permitió reducir la intervención manual del usuario durante la descarga de reportes operacionales, mejorando la velocidad de actualización y disminuyendo errores asociados al proceso manual de extracción de datos.

El sistema desarrollado se estructuró en tres componentes principales:

- Descarga automatizada de reportes SAP.
- Validación y cierre de archivos abiertos.
- Procesamiento y sincronización ETL de información.

Ejecución automatizada de transacciones SAP

Para la interacción automática con SAP ERP se utilizó SAP GUI Scripting, tecnología que permite controlar la interfaz gráfica mediante instrucciones VBA simulando acciones realizadas por el usuario.

A continuación, se presenta un fragmento simplificado del código desarrollado:

```
session.findById("wnd[0]/tbar[0]/okcd").Text = "/NLX03"
session.findById("wnd[0]").sendVKey 0
```

El código anterior permite automatizar la ejecución de la transacción LX03 dentro del entorno SAP ERP utilizando SAP GUI Scripting. La instrucción asigna el código de transacción al campo de comandos de SAP y posteriormente ejecuta la acción mediante el envío de la tecla Enter virtual.

Posteriormente, el sistema diligencia automáticamente los parámetros requeridos para la

consulta logística:

```
session.findById("wnd[0]/usr/ctxtS1_LGNUM").Text = "L01"
session.findById("wnd[0]/usr/ctxtP_VARI").Text = "/00000000001"
session.findById("wnd[0]/tbar[1]/btn[8]").press
```

Estas instrucciones permiten configurar el almacén logístico y la variante operativa utilizada por la compañía, garantizando estandarización en la extracción de datos y evitando errores de digitación manual.

Automatización de exportación de archivos

Una vez ejecutada la transacción, el sistema realiza automáticamente la exportación del reporte hacia archivos Excel almacenados localmente.

```
session.findById("wnd[1]/usr/ctxtDY_PATH").Text = rutaCarpeta
session.findById("wnd[1]/usr/ctxtDY_FILENAME").Text = "LX03.xlsx"
```

Este procedimiento permite almacenar el reporte descargado dentro de una ruta controlada del sistema, utilizada posteriormente por los procesos ETL desarrollados en Python y VBA.

Adicionalmente, se implementaron validaciones para verificar que el archivo fuese generado correctamente:

```
Do While Dir(rutaCarpeta & "LX03.xlsx") = "" And intentos < 15
  Application.Wait Now + TimeValue("00:00:10")
  intentos = intentos + 1
Loop
```

La lógica anterior permite controlar tiempos de espera y confirmar la existencia física del archivo exportado antes de continuar con el procesamiento, evitando errores por bloqueos o demoras en SAP.

Control de archivos abiertos y liberación de recursos

Como parte del proceso de robustecimiento de la solución, se desarrolló un módulo encargado de detectar y cerrar archivos Excel abiertos que pudieran interferir con la actualización de datos.

```
Set wb = Workbooks(archivos(i))
If Not wb Is Nothing Then
  wb.Close SaveChanges:=False
End If
```

Este mecanismo garantiza la liberación correcta de recursos del sistema y evita bloqueos durante los procesos automáticos de carga y sincronización de información.

Sincronización y actualización de tablas

Posteriormente, la información descargada es integrada automáticamente a las tablas del dashboard mediante conexiones ADODB y procesos ETL desarrollados en VBA.

```
cn.Open "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=" _
& rutaCarpeta & "LX03.xlsx;"
```

Para el caso del reporte LT22, se implementó una lógica incremental orientada a optimizar tiempos de procesamiento:

```
sql = "SELECT * FROM [Sheet1$] WHERE [Fecha creación] > #" _
& ultimaFecha & "#"
```

Esta estrategia permitió cargar únicamente los registros nuevos, reduciendo significativamente los tiempos de actualización y mejorando el rendimiento general de la solución analítica.

Ejecución secuencial del proceso automatizado

Finalmente, se desarrolló un módulo principal encargado de coordinar toda la secuencia operativa:

```
Sub Ejecutar_Todo()
  Call Descargar_LX03_SAP
  Call Cerrar_Archivos_SAP
  Call Ejecutar_Carga_SAP_Pro
End Sub
```

El módulo anterior centraliza la automatización completa del flujo operativo, integrando

extracción SAP, control de archivos y procesamiento ETL en una única ejecución secuencial. Esto permitió consolidar una arquitectura automatizada orientada a la actualización continua del dashboard logístico en Power BI.

6.3.1.2 Desarrollo de Vistas Analíticas

Con el propósito de optimizar el consumo de información desde Power BI, se desarrollaron múltiples vistas analíticas en Python orientadas a resumir, transformar y estructurar indicadores logísticos específicos. Estas vistas permitieron centralizar reglas de negocio, automatizar cálculos operacionales y mejorar el rendimiento general de los dashboards implementados.

La arquitectura analítica fue construida utilizando la librería Pandas, permitiendo trabajar sobre estructuras tipo DataFrame equivalentes a tablas relacionales. Adicionalmente, se implementaron procesos de limpieza, normalización y transformación de datos provenientes de SAP ERP y archivos Excel intermedios.

Inicialmente, el sistema realiza la carga automática de las diferentes fuentes de información:

```
def cargar_base():
  lx03 = pd.read_excel(PATH, sheet_name="lx03", engine="pyxlsb")
  lt22 = pd.read_excel(PATH, sheet_name="lt22", engine="pyxlsb")
  ubic_fis = pd.read_excel(PATH, sheet_name="ubicaciones fisicas", engine="pyxlsb")
```

El fragmento anterior evidencia la lectura automatizada de múltiples hojas de trabajo contenidas dentro del archivo maestro db_aliados1.xlsb, utilizado como repositorio central de información logística.

Posteriormente, se desarrolló una función de normalización de columnas orientada a estandarizar nombres y evitar inconsistencias durante los procesos ETL:

```
def normalizar_columnas(df):
  df.columns = (
    df.columns
    .str.lower()
    .str.strip()
    .str.replace(" ", "_")
  )
```

La normalización permitió unificar formatos de nombres de columnas, facilitando operaciones de unión, agrupación y transformación entre diferentes conjuntos de datos.

Las vistas desarrolladas fueron diseñadas bajo una lógica modular, donde cada función cumple un propósito analítico específico dentro del dashboard logístico.

Tabla 5. Vistas analíticas desarrolladas

Vista analítica	Función principal
vw_ocupacion_almacen	Calcula el porcentaje general de ocupación del almacén
vw_ocupacion_real_por_zona	Determina niveles de ocupación segmentados por zonas logísticas
vw_ubicaciones_vacias_por_zona	Identifica espacios disponibles por zona
vw_ubicaciones_disponibles_ultimo_mov	Detecta materiales rezagados según tiempo de permanencia
vw_resumen_ubicaciones_transitorias	Resume comportamiento de ubicaciones transitorias

Fuente: Elaboración Propia.

Vista analítica vw_ocupacion_almacen

La vista vw_ocupacion_almacen fue desarrollada para calcular indicadores globales de capacidad y ocupación del centro logístico, utilizando las ubicaciones físicas como tabla maestra de referencia.

```
total_ubicaciones = len(ubic_fis)
ubicaciones_vacias = len(
  df_merged[df_merged["material"] == "<< vacías >>"]
)

porcentaje_ocupacion = round(
  ubicaciones_ocupadas / total_ubicaciones, 4
)
```

La lógica implementada permite identificar automáticamente las ubicaciones ocupadas y vacías, generando indicadores consolidados de capacidad instalada y porcentaje de utilización del almacén.

Esta vista fue utilizada como fuente principal para indicadores KPI dentro del dashboard ejecutivo de Power BI.

Vista analítica vw_ocupacion_real_por_zona

Con el objetivo de analizar el comportamiento operativo por sectores físicos del almacén, se desarrolló la vista vw_ocupacion_real_por_zona.

La función clasifica automáticamente las ubicaciones en diferentes zonas logísticas:

```
def zona(u):
  if u.startswith("D"): return "BODEGA D"
  if u.startswith("F"): return "BODEGA F"
  if u.startswith("RO"): return "PASILLO PRINCIPAL"
```

Posteriormente, se calculan promedios de ocupación agrupados por zona:

```
out = (
  df.groupby("zona", as_index=False)
  .agg(
     porcentaje_ocupacion_promedio=
     ("porcentaje_ocupacion", "mean")
  )
)
```

Esta vista permitió identificar sectores con sobreocupación, baja utilización y oportunidades de reorganización física dentro de la operación logística.

Vista analítica vw_ubicaciones_vacias_por_zona

La vista vw_ubicaciones_vacias_por_zona fue diseñada para identificar espacios disponibles dentro del almacén y facilitar procesos de planeación de almacenamiento.

```
df = df[df["material"] == "<< vacías >>"]
return (
  df.groupby("zona", as_index=False)
  .agg(ubicaciones_vacias=("ubicacion", "nunique"))
)
```

La lógica implementada permite contabilizar automáticamente ubicaciones vacías segmentadas por zona operativa, proporcionando visibilidad inmediata sobre capacidad disponible.

La información obtenida fue utilizada para apoyar decisiones relacionadas con redistribución de mercancía y optimización del espacio físico.

Vista analítica vw_ubicaciones_disponibles_ultimo_mov

Con el propósito de detectar materiales rezagados en ubicaciones transitorias, se desarrolló la vista vw_ubicaciones_disponibles_ultimo_mov.

Esta función realiza procesos de transformación de fechas provenientes de SAP ERP:

```
def convertir_fecha_excel(fecha_num, hora_num):
  fecha = excel_epoch + pd.Timedelta(days=float(fecha_num))
  if pd.notna(hora_num):
     hora_delta = pd.Timedelta(days=float(hora_num))
     return fecha + hora_delta
```

Posteriormente, el sistema calcula automáticamente el tiempo de permanencia de cada material:

```
stock_actual["dias_en_ubicacion"] = (
  (ahora - stock_actual["fecha_ultimo_mov"])
  .dt.total_seconds() / 86400
).round(2)
```

La vista permitió identificar materiales con tiempos elevados de permanencia en zonas transitorias, facilitando la detección de cuellos de botella y productos pendientes de reubicación.

Adicionalmente, la información fue utilizada para generar alertas operativas dentro del dashboard analítico.

Vista analítica vw_resumen_ubicaciones_transitorias

La vista vw_resumen_ubicaciones_transitorias fue desarrollada para consolidar indicadores relacionados con ubicaciones temporales y capacidad de almacenamiento por estibas.

El sistema realiza procesos de agrupación por material y ubicación:

```
mc = (
  lx.groupby(["ubicacion", "material"], as_index=False)
  .agg(stock_material=("stock_total", "sum"))
)
```

Posteriormente, se calculan automáticamente cantidades estimadas de estibas:

```
return math.ceil(
  r["stock_material"] / r["capacidad_total"]
)
```

Esta lógica permitió obtener métricas operativas relacionadas con ocupación transitoria, cantidad de referencias almacenadas y estimaciones de capacidad física utilizada.

6.3.2 Implementación de la Capa de Visualización (Power BI)

Una vez finalizado el procesamiento ETL desarrollado en Python, el sistema ejecuta automáticamente el archivo Dashboard_ALIADOS1.pbix, correspondiente a la capa de visualización e inteligencia de negocios implementada en Power BI.

La función principal del dashboard consiste en consumir las vistas analíticas generadas durante el procesamiento ETL y transformarlas en elementos visuales orientados al análisis operativo del inventario en la empresa Locería Colombiana.

A diferencia del proceso manual previamente utilizado, donde la información era revisada mediante hojas de cálculo y reportes estáticos, la solución desarrollada permitió centralizar múltiples indicadores logísticos dentro de una única interfaz visual dinámica.

El dashboard fue construido utilizando las tablas procesadas automáticamente por el script vistas.py, entre las cuales se destacan:

• *tabla_status_df*: utilizada para validar el estado de actualización del sistema y la fecha de la última sincronización.
• *ocupacion_almacen_df:* utilizada para calcular el total de ubicaciones, ubicaciones ocupadas y ubicaciones vacías.
• *ocupacion_real_por_zona_df:* utilizada para visualizar el porcentaje de ocupación promedio

por zonas logísticas.

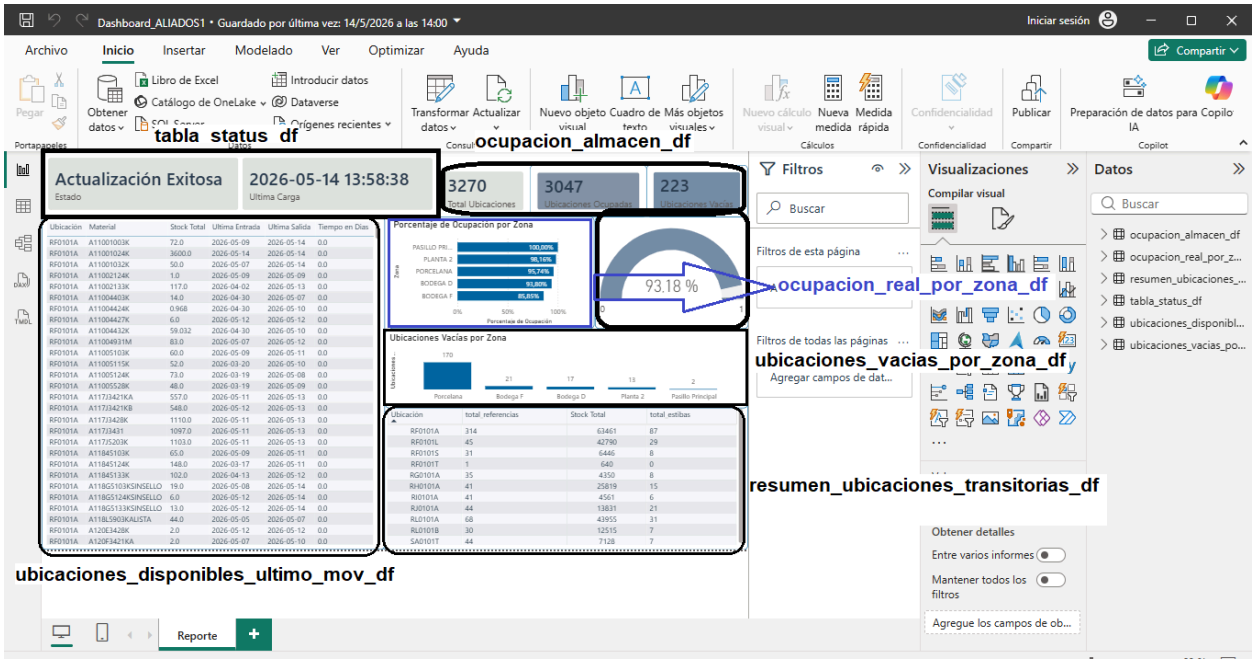
• *ubicaciones_vacias_por_zona_df:* utilizada para identificar disponibilidad de almacenamiento por sector.

• *resumen_ubicaciones_transitorias_df:* utilizada para analizar acumulación de materiales y capacidad operativa en ubicaciones transitorias.

• ubicaciones_disponibles_ultimo_mov_df: utilizada para identificar materiales rezagados y tiempos prolongados de permanencia en ubicación.

Como se observa en la Figura 18, el dashboard integra tablas analíticas, indicadores KPI y gráficos de ocupación que permiten realizar seguimiento visual al comportamiento del inventario y al estado operativo de las bodegas.

Figura 19. Dashboard operativo desarrollado en Power BI para análisis de ocupación logística y control de inventarios.



Dentro de la interfaz visual se implementaron indicadores orientados al monitoreo operativo del inventario, entre los cuales se encuentran:

- Estado de actualización del sistema.
- Fecha y hora de la última sincronización.
- Total de ubicaciones físicas registradas.

- Cantidad de ubicaciones ocupadas.
- Cantidad de ubicaciones vacías.
- Porcentaje de ocupación promedio por zona logística.
- Identificación de ubicaciones disponibles.
- Control de materiales almacenados en ubicaciones transitorias.

Adicionalmente, el dashboard incorpora gráficos dinámicos y tablas analíticas que permiten identificar visualmente saturación de zonas, espacios disponibles y materiales con permanencia prolongada dentro de ubicaciones transitorias.

Asimismo, la solución desarrollada facilita el análisis operativo mediante filtros dinámicos asociados a ubicación, zona logística y comportamiento del inventario, permitiendo realizar procesos de auditoría de forma más rápida y centralizada.

Finalmente, la implementación de la capa de visualización permitió consolidar en una única interfaz la información previamente dispersa en múltiples archivos manuales, mejorando la visibilidad operativa, reduciendo tiempos de análisis y disminuyendo errores asociados a la manipulación manual de datos dentro del proceso logístico.

6.4 Validación Funcional del Sistema y Documentación de Resultados

Con el propósito de cumplir el objetivo específico relacionado con la documentación de la funcionalidad del sistema desarrollado, se realizó un proceso de validación funcional orientado a verificar el correcto funcionamiento de la solución implementada frente a las inconsistencias detectadas en el diagnóstico inicial.

La validación se llevó a cabo mediante casos de prueba funcionales, pruebas operativas de ejecución y análisis comparativos entre el proceso manual anterior y el proceso automatizado desarrollado. Estas pruebas permitieron evaluar el comportamiento del sistema durante la extracción, transformación, consolidación y visualización de la información logística proveniente del sistema SAP ERP. Adicionalmente, se documentaron los resultados obtenidos durante la operación del sistema, identificando mejoras relacionadas con la reducción de tiempos operativos, disminución de errores humanos y aumento de la confiabilidad de la información utilizada para la toma de decisiones.

6.4.1 Casos de Prueba Funcionales

Con el fin de validar el correcto comportamiento de la herramienta desarrollada, se diseñaron casos de prueba enfocados en los principales procesos automatizados del sistema. Cada prueba permitió verificar el cumplimiento de las funcionalidades asociadas a la extracción de información desde SAP, consolidación de datos, procesamiento ETL y visualización de indicadores en Power BI.

Tabla 5. Caso de Prueba Funcionales #1.

Caso de prueba #1	
Campo	Descripción
Descripción	Validar la ejecución automática del proceso de extracción de información desde SAP ERP mediante la transacción LX03.
Autor de la prueba	Gerson Gustavo Fernández Badillo
Objetivo de la prueba	Verificar que el sistema descargue correctamente el archivo LX03.xlsx desde SAP ERP y lo almacene en la carpeta local definida para el procesamiento.
Prerrequisitos	- Tener sesión iniciada en SAP ERP.
	- Tener acceso al archivo .bat desde el escritorio.
	- Contar con permisos de escritura en la carpeta local del proyecto.
Datos de entrada	Ejecutar el acceso directo del sistema automatizado.
Pasos	1. Abrir SAP ERP.
	2. Ejecutar el archivo .bat.
	3. Esperar la ejecución automática del proceso.
	4. Verificar la generación del archivo LX03.xlsx.

Resultado esperado	El sistema descarga automáticamente el archivo LX03.xlsx desde SAP sin intervención manual del usuario.
Resultado obtenido	El archivo fue generado correctamente en la carpeta local definida, permitiendo continuar con el procesamiento ETL sin errores.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6. Caso de Prueba Funcionales #2.

Caso de prueba #2	
Campo	Descripción
Descripción	Validar el proceso de consolidación y transformación de datos mediante scripts en Python.
Autor de la prueba	Gerson Gustavo Fernández Badillo
Objetivo de la prueba	Verificar que el sistema realice correctamente la limpieza, normalización y consolidación de la información proveniente de SAP ERP.
Prerrequisitos	- Archivos LX03.xlsx y LT22.xlsx correctamente descargados.
	- Archivo db_aliados1.xlsb disponible.
Datos de entrada	Ejecutar el script vistas.py mediante el archivo .bat.
Pasos	1. Ejecutar el proceso automatizado.
	2. Esperar la carga de datos.
	3. Validar las tablas generadas.

	4. Verificar la eliminación de registros inconsistentes.
Resultado esperado	El sistema consolida correctamente la información y genera estructuras limpias para el consumo en Power BI.
Resultado obtenido	El proceso ETL ejecutó correctamente las reglas de limpieza, filtrado y transformación, generando información depurada para el dashboard.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Caso de Prueba Funcionales #3.

Caso de prueba #3	
Campo	Descripción
Descripción	Validar la actualización automática del dashboard en Power BI.
Autor de la prueba	Gerson Gustavo Fernández Badillo
Objetivo de la prueba	Verificar que el dashboard muestre información actualizada luego de finalizar el procesamiento ETL.
Prerrequisitos	- Power BI Desktop instalado.
	- Procesamiento ETL ejecutado correctamente.
Datos de entrada	Ejecutar el sistema automatizado completo.
Pasos	1. Ejecutar el archivo .bat.
	2. Esperar la finalización del proceso.
	3. Verificar apertura automática del archivo Dashboard_ALIADOS1.pbix.
	4. Validar visualización de KPIs y tablas.
Resultado esperado	El dashboard debe abrir mostrando información actualizada y

	correctamente consolidada.

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.2 Validación frente a las Inconsistencias Detectadas

Posteriormente, se realizó una validación comparativa entre el proceso manual utilizado inicialmente y la solución automatizada desarrollada. Esta validación permitió evidenciar mejoras importantes relacionadas con los problemas identificados en el diagnóstico inicial.

Las principales mejoras observadas fueron:

- Reducción del tiempo operativo requerido para consolidar información logística.
- Disminución de errores asociados a la manipulación manual de archivos Excel.
- Eliminación de procesos repetitivos relacionados con filtros manuales y consolidación de tablas.
- Mayor integridad y consistencia de la información utilizada para auditoría de inventarios.
- Visualización centralizada de indicadores logísticos mediante dashboards dinámicos.
- Capacidad de identificar ubicaciones saturadas, vacías y materiales de baja rotación de manera más rápida.

Asimismo, la implementación de vistas analíticas permitió estructurar información previamente dispersa, facilitando la interpretación operativa y estratégica dentro del área logística.

6.4.3 Resultados Obtenidos con la Implementación

Como resultado de la automatización desarrollada, el proceso de actualización y análisis de inventarios pasó de depender completamente de actividades manuales a ejecutarse mediante un flujo parcialmente automatizado integrado entre SAP ERP, Excel, Python y Power BI.

La solución permitió:

- Optimizar el proceso de actualización de información logística.
- Estandarizar la transformación de datos.
- Reducir riesgos derivados de errores humanos.

- Mejorar la trazabilidad de movimientos de inventario.
- Facilitar la toma de decisiones mediante indicadores visuales.

Adicionalmente, el sistema logró adaptarse a las restricciones tecnológicas de la organización, operando completamente en entorno local sin requerir conexión a servicios externos o infraestructura adicional.

6.4.4 Posibles Mejoras Futuras

Aunque la solución implementada cumplió con los objetivos planteados, durante la validación se identificaron oportunidades de mejora que podrían fortalecer el sistema en futuras versiones.

Entre las principales mejoras identificadas se encuentran:

- Automatizar completamente la extracción de información desde SAP ERP sin requerir intervención del usuario.
- Implementar una base de datos centralizada para reemplazar el almacenamiento local en Excel.
- Incorporar alertas automáticas para ocupación crítica o materiales de baja rotación.
- Integrar autenticación de usuarios y control de accesos.
- Migrar el procesamiento ETL hacia servicios empresariales escalables.
- Publicar dashboards en entornos web corporativos para acceso remoto controlado.

Estas mejoras permitirían aumentar la escalabilidad, seguridad y capacidad analítica de la solución desarrollada.

7. Conclusiones

Durante el desarrollo del presente proyecto se evidenció que, en muchos procesos logísticos dentro de organizaciones industriales, la información relacionada con los inventarios se encuentra distribuida en diferentes fuentes de datos y es manipulada mediante herramientas manuales como hojas de cálculo. Aunque estos métodos pueden resultar funcionales en etapas iniciales, a medida que aumenta el volumen de información se incrementa la probabilidad de cometer errores en el registro, consolidación e interpretación de los datos.

En el caso específico de Locería Colombiana, se identificó que la dispersión de la información y la dependencia de procesos manuales generaban dificultades en la generación de reportes consolidados, lo que afectaba la eficiencia en el análisis de datos y la toma de decisiones en el área logística. Esta situación evidenció la necesidad de implementar herramientas tecnológicas que permitieran integrar, transformar y visualizar la información de manera estructurada.

La implementación del sistema de gestión de inventario basado en integración de datos permitió reducir significativamente la manipulación manual de la información y mejorar la confiabilidad de los reportes utilizados en el control logístico. La automatización de procesos mediante scripts de Python para la transformación de datos facilitó la estandarización de la información proveniente del sistema SAP, permitiendo generar reportes más consistentes y comparables en el tiempo.

Por otra parte, los dashboards desarrollados en Power BI se consolidaron como una herramienta clave para la visualización y análisis de la información. La representación gráfica de indicadores permitió al personal del área logística identificar inconsistencias operativas, analizar tendencias en el comportamiento del inventario y realizar seguimiento a variables críticas del proceso.

Los resultados obtenidos demuestran que la implementación de soluciones de Business Intelligence puede aportar mejoras significativas en la gestión de inventarios dentro de empresas manufactureras, incluso cuando se utilizan herramientas tecnológicas accesibles y compatibles con la infraestructura existente.

Finalmente, las pruebas realizadas con usuarios del área logística permitieron evidenciar que la interfaz de los dashboards es intuitiva y fácil de interpretar, lo cual facilita su adopción por parte

del personal encargado del control y análisis de inventarios. Esto demuestra que la integración de herramientas de visualización de datos puede convertirse en un elemento clave para fortalecer la eficiencia operativa y apoyar los procesos de toma de decisiones dentro de la organización.

8. Recomendaciones

Capacitar al personal del área logística y administrativa en el uso adecuado del sistema de integración de datos y dashboards desarrollados, con el fin de garantizar una correcta interpretación de la información y un aprovechamiento eficiente de las herramientas de análisis implementadas.

Realizar procesos periódicos de validación y depuración de la información proveniente del sistema SAP, con el objetivo de mantener la calidad y consistencia de los datos utilizados en los procesos de análisis y generación de reportes.

Evaluar de manera constante las necesidades de información del área logística para identificar nuevos indicadores de desempeño que puedan ser incorporados en los dashboards, permitiendo ampliar las capacidades analíticas del sistema y fortalecer el proceso de toma de decisiones.

Utilizar el sistema de dashboards como herramienta de apoyo para mejorar otros procesos relacionados con la gestión logística, tales como la planificación de inventarios, el análisis de rotación de productos y la optimización del espacio de almacenamiento.

Implementar mecanismos de control y trazabilidad de la información que permitan registrar las modificaciones realizadas sobre los datos del sistema, con el fin de mejorar la transparencia y el seguimiento de las operaciones realizadas por los usuarios.

Evaluar a futuro la posibilidad de integrar el sistema desarrollado con plataformas de almacenamiento en la nube o sistemas de actualización automática de datos, lo cual permitiría mejorar la disponibilidad de la información y facilitar el acceso remoto a los dashboards de análisis.

Finalmente, se recomienda continuar con el desarrollo evolutivo del sistema mediante actualizaciones periódicas que permitan incorporar nuevas funcionalidades, mejorar el rendimiento del procesamiento de datos y fortalecer las capacidades analíticas del sistema de gestión de inventarios implementado en la empresa Locería Colombiana.

9. Referencias bibliográficas

Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (5.ª ed.). Pearson Prentice Hall.

Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2019). *Gestión logística de la cadena de suministro* (4.ª ed.). McGraw-Hill.

Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7th ed.). Pearson.

Christopher, M. (2016). *Logística y gestión de la cadena de suministro*. Pearson Educación.

Few, S. (2013). *Information dashboard design: Displaying data for at-a-glance monitoring* (2nd ed.). Analytics Press.

Gutiérrez, L., & Ramírez, S. (2022). Sistemas de información para la gestión de inventarios: Una revisión sistemática. *Revista Colombiana de Tecnologías de Información, 10*(1), 77–93. https://rcti.ucaldas.edu.co

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2019). *Metodología de la investigación* (7.ª ed.). McGraw-Hill.

ISO. (2015). *ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de calidad*. International Organization for Standardization.

Kim, S., & Park, J. (2021). Data integration frameworks for warehouse management systems: A systematic review. *Journal of Logistics Systems and Management, 38*(3), 215–233.

Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The data warehouse toolkit: The definitive guide to dimensional modeling* (3rd ed.). Wiley.

Londoño, H., & Rojas, M. (2020). Uso de dashboards para la toma de decisiones en logística: Un estudio aplicado. *Revista Ingeniería Industrial, 9*(1), 89–104.

Martínez, J., López, A., & Rincón, M. (2021). Integración de sistemas logísticos para el control de inventarios en empresas manufactureras. *Revista Ingeniería y Competitividad, 23*(2), 45–62. https://revistas.unicauca.edu.co

Microsoft. (2024). *Power BI: Documentación oficial para análisis y visualización de datos*. https://learn.microsoft.com

Oracle Corporation. (2024). *Data integration solutions for enterprise logistics*. https://www.oracle.com

Pressman, R. (2014). *Software engineering: A practitioner's approach* (8th ed.). McGraw-Hill.

Silva, P., & Gómez, D. (2020). Transformación digital en procesos logísticos: Análisis de adopción tecnológica en la industria manufacturera colombiana. *Revista Espacios, 41*(18), 12–25. https://www.revistaespacios.com

Sommerville, I. (2016). *Ingeniería del software* (10.ª ed.). Pearson.