

**Aplicación interoperable Excel–ERP para gestión de pedidos e inventario en la
Distribuidora 1**

Carlos Saul Osorio Henao

Asesor

Freskmann Danilo Silva Marin

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería en Sistemas

2026

Dedicatoria

A mi mamá, con todo mi amor, gratitud y admiración.

Te dedico este trabajo de grado porque detrás de cada página, de cada noche de estudio y de cada dificultad superada, siempre estuvo tu ejemplo. Aunque ya no estás físicamente conmigo, tu amor, tu sacrificio y tus enseñanzas siguen presentes en cada paso que doy. Este logro también es tuyo, porque mucho de lo que soy y de lo que hoy alcanzo lleva tu huella.

Gracias por creer en mí, por enseñarme el valor de la constancia, la humildad y la fortaleza, y por ser la razón más grande de mi esfuerzo. Aunque me duela profundamente no poder abrazarte en este momento, quiero pensar que esta meta también llega hasta ti.

También dedico este logro a mi novia, quien estuvo a mi lado en una de las etapas más difíciles de mi vida. Su compañía, apoyo y permanencia me ayudaron a seguir adelante cuando el dolor parecía más fuerte que cualquier meta. Este triunfo también guarda una parte de su presencia, de su fe en mí y de su acompañamiento durante este camino.

A ambas, gracias por ser fuerza, amor y motivo para continuar.

Resumen

En la Distribuidora 1, el proceso de preparación de pedidos e ingreso de inventario presentó dependencia de exportaciones del ERP, cruces manuales en Excel, conversiones de unidades y reprocesos, lo que afectó la eficiencia, la calidad de los datos y la trazabilidad. La línea base, obtenida mediante hoja de tiempos y movimientos, cronometraje por actividad durante seis días y conteo de incidentes en una semana, evidenció un tiempo total entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas, con posibilidad de hasta 2 horas adicionales por reprocesos, además de 4 errores operativos. La propuesta se sustentó en interoperabilidad mediante archivos Excel estructurados, calidad de datos, automatización de procesos y trazabilidad. El objetivo general fue implementar un portal web interoperable con el ERP para automatizar el procesamiento diario de pedidos e inventario. La metodología fue aplicada e incremental, con fases de análisis, diseño, implementación, pruebas, despliegue y documentación; la validación se realizó mediante pruebas funcionales y comparación antes/después, evidenciando una reducción del tiempo total a 18-20 minutos, con promedio de 19, la disminución de errores y reprocesos, y la generación de un consolidado para una sola entrada de inventario en el ERP.

Palabras clave: interoperabilidad, automatización de procesos, gestión de pedidos, inventario, calidad de datos, ERP.

Abstract

At Distributor 1, the order preparation and inventory entry process relied on ERP exports, manual Excel cross-referencing, unit conversions, and rework, negatively impacting efficiency, data quality, and traceability. The baseline, established through time and motion studies, activity timing over six days, and a one-week incident count, revealed a total processing time between 1 hour 30 minutes and 2 hours, with the potential for up to 2 additional hours due to rework, as well as 4 operational errors. The proposed solution was based on interoperability through structured Excel files, data quality, process automation, and traceability. The overall objective was to implement a web portal interoperable with the ERP system to automate daily order and inventory processing. The methodology was applied and incremental, with phases of analysis, design, implementation, testing, deployment, and documentation. The validation was carried out through functional testing and before/after comparison, showing a reduction in total time to 18-20 minutes, with an average of 19, a decrease in errors and reprocessing, and the generation of a consolidated report for a single inventory entry in the ERP.

Keywords: interoperability, process automation, order management, inventory, data quality, ERP.

Tabla de Contenido

Dedicatoria	2
Resumen.....	3
Abstract.....	4
Tabla de Contenido	5
Planteamiento del Problema	7
Definición del Problema	7
Formulación del Problema.....	12
Justificación	13
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco Conceptual y Teórico	19
Metodología	26
Planeación y Resultados Esperados	33
Cronograma de Actividades.....	33
Recursos Necesarios	34
Resultados o Productos Esperados.....	36
Gestión de Riesgos del Proyecto.....	38
Desarrollo del Prototipo Funcional.....	41
Análisis del Sistema.....	41
Levantamiento de Requerimientos	43

Diseño de Prototipos	47
Descripción de Módulos y Permisos por Rol	48
Desarrollo e Implementación del Prototipo Funcional	50
Pruebas y Validación del Prototipo Funcional.....	53
Matriz de Trazabilidad del Proyecto.....	56
Análisis e Interpretación de Resultados	59
Resultados de la Validación Comparativa	59
Interpretación de los Resultados	61
Cumplimiento de Criterios de Aceptación.....	64
Alcances y Limitaciones de los Resultados	65
Conclusiones	68
Referencias.....	71
Apéndices.....	75
Apéndice A	75
Apéndice B.....	77
Apéndice C.....	80
Apéndice D	83
Apéndice E.....	88
Apéndice F.....	93
Apéndice G	96
Apéndice H	99

Planteamiento del Problema

Definición del Problema

En la operación diaria de la Distribuidora 1, la preparación de pedidos al proveedor y el posterior registro de inventario se ejecutan mediante un flujo soportado parcialmente por el ERP y completado con manipulación manual en archivos Excel. El proceso inicia con la descarga de información desde el ERP, continúa con el cruce manual entre los archivos de pedidos y clientes por ruta, prosigue con la generación de pedidos por cada carro en el módulo de crossdocking y concluye con la consolidación del pedido adicional, la conversión de unidades y el ingreso de inventario a partir del despacho devuelto por el proveedor. En este flujo intervienen de manera directa el auxiliar operativo, responsable de descargar, validar, cruzar y consolidar la información; el usuario logístico, que depende de la salida correcta de archivos para la distribución diaria; y los responsables del registro de inventario, quienes deben ingresar en el ERP la mercancía despachada. El proyecto se delimita precisamente a este subproceso de preparación, consolidación y procesamiento diario de pedidos e inventario, es decir, al tramo donde se concentra la transformación manual de datos y donde se originan las principales pérdidas de eficiencia, control y trazabilidad.

La magnitud del proceso actual es verificable y permite ubicar el problema dentro de una operación de volumen significativo. Durante el levantamiento se observaron aproximadamente 800 pedidos por día, con una variación de ± 50 , y 16 rutas o camiones activos; estos valores se obtuvieron a partir de las exportaciones del ERP, específicamente del archivo de pedidos y de la plantilla clientes por ruta, mediante conteo y verificación operativa de registros y rutas descargadas. Este volumen debe ser procesado diariamente por una sola cadena operativa basada en descargas, cruces, revisión de fórmulas, generación repetitiva de archivos y conversiones

manuales, lo que incrementa la dependencia de la intervención humana en un proceso que, por su frecuencia y carga transaccional, exige mayor estandarización, confiabilidad y soporte tecnológico.

La naturaleza del problema no radica únicamente en que el proceso sea manual, sino en que las etapas críticas del flujo dependen de transformaciones de datos sin validación automática ni integración efectiva entre fuentes. La primera falla se presenta en el cruce entre pedidos y clientes por ruta, donde la asignación de clientes a carros depende de operaciones manuales como BuscarV y de la correcta extensión de fórmulas; en esta etapa pueden quedar clientes sin enrutar o registros inconsistentes, afectando al auxiliar operativo y, posteriormente, a la ejecución logística del despacho. La segunda falla se ubica en la validación del enrutamiento, actividad que debe repetirse varias veces porque los cruces manuales pueden dejar inconsistencias no detectadas en el primer recorrido. La tercera se manifiesta en la generación de pedidos por carro, ya que el ERP obliga a ingresar ruta por ruta al módulo de crossdocking para diligenciar campos y descargar los archivos correspondientes, lo que fragmenta el flujo y multiplica la manipulación operativa. La cuarta aparece en la consolidación del pedido adicional, donde la información debe copiarse y pegarse desde múltiples archivos y luego convertirse manualmente a la unidad del proveedor, concentrando el principal foco de error del proceso. Finalmente, en la etapa de inventario, el proveedor retorna un único archivo de despacho, pero el ERP no permite consolidarlo en una sola entrada, obligando a dividirlo manualmente y a registrar múltiples ingresos, uno por cada pedido o ruta.

Estas fallas constituyen un problema técnico y organizacional porque afectan simultáneamente la calidad de los datos, la integridad del flujo, la trazabilidad de las operaciones y la disponibilidad oportuna de información para control y análisis. Cuando un cliente queda sin

ruta, cuando se duplica un pedido, cuando se convierte mal una unidad o cuando un archivo del proveedor se asocia a la ruta incorrecta, el problema no se limita a un error puntual de digitación: se compromete la consistencia de la información que alimenta el despacho, el inventario y la facturación. En términos de sistemas de información, la operación actual presenta baja interoperabilidad efectiva entre el ERP y los soportes externos, pues el intercambio de información ocurre mediante archivos estructurados que deben ser transformados manualmente sin reglas de validación embebidas ni mecanismos de seguimiento de cambios. Esta situación es coherente con los planteamientos según los cuales la calidad de la información condiciona la confiabilidad de los procesos organizacionales y la utilidad de los datos para el control y la decisión, y con la evidencia de que los problemas de interoperabilidad y calidad de datos suelen aparecer de manera acoplada en los procesos soportados por múltiples fuentes y transformaciones (Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022; Heguy et al., 2024).

La magnitud del problema puede expresarse mediante indicadores cuantificables del estado actual. El primero es el tiempo típico de validación y enrutamiento, estimado en aproximadamente 15 minutos, repetido varias veces durante el proceso; su origen es la hoja de tiempos y movimientos y su método de medición corresponde al cronometraje por actividad dentro del promedio de 6 días observado. El segundo es el tiempo de generación de pedidos por carro en el ERP, cercano a 5 minutos por ruta, medido con el mismo origen y método, lo que resulta especialmente crítico al tratarse de 16 rutas activas. El tercero es el tiempo requerido para armar el pedido adicional, cercano a 10 minutos, también registrado en la hoja de tiempos y movimientos mediante cronometraje por actividad. El cuarto es el tiempo de ingreso de inventario, cercano a 3 minutos por cada registro, nuevamente con origen en la misma hoja y medido por cronometraje directo. El quinto es el tiempo total del proceso manual, que oscila

entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas, con posibilidad de hasta 2 horas adicionales cuando se presentan reprocesos; este valor proviene de la hoja de tiempos y movimientos y fue calculado con el promedio de 6 días. El sexto es la frecuencia de errores, que alcanzó 4 incidentes en una semana, registrados en la misma hoja mediante conteo de incidentes, considerando como error la conversión incorrecta de unidades, el cliente sin ruta, la duplicidad y el inventario mal ingresado.

Las fallas verificables del proceso evidencian una afectación concreta sobre actores, operaciones y decisiones. En la etapa de cruce de pedidos y rutas, la falla se evidencia cuando un cliente queda sin ruta por errores en fórmulas o por arrastre incompleto de datos; según el levantamiento operativo, esta situación obliga al auxiliar a repetir validaciones y puede generar agotados al momento de facturar, afectando la continuidad del despacho y la confiabilidad del pedido generado. En la etapa de crossdocking, la falla se evidencia por la necesidad de ingresar al ERP una vez por cada una de las 16 rutas, lo que incrementa tiempos de ejecución y expone al auxiliar a duplicar pedidos de una misma ruta, con efecto directo en la carga operativa y en el control del proceso. En la consolidación del pedido adicional, la falla se evidencia en la necesidad de copiar y pegar información desde múltiples archivos y convertir manualmente unidades, situación asociada en la línea base a errores de conversión y a reprocesos posteriores. En el ingreso de inventario, la falla se evidencia cuando el archivo único del proveedor debe separarse manualmente y guardarse por ruta, lo que puede dejar archivos mal asociados e ingresar cantidades incorrectas en el ERP, afectando a los responsables de inventario y comprometiendo el control sobre existencias y despachos.

Las consecuencias del problema se manifiestan en tres dimensiones claramente diferenciables, además de una dimensión analítica. En lo operativo, el proceso presenta retrasos, repetición de actividades, reprocesos y sobrecarga manual, lo que afecta la oportunidad con la

que se preparan los pedidos y se registran los inventarios. En lo administrativo y organizacional, la dependencia del conocimiento y cuidado del auxiliar incrementa el riesgo de retrabajo, debilita la confiabilidad de los reportes y hace que el control del proceso dependa más de la revisión manual que de reglas formales de sistema. En lo tecnológico, la fragmentación de la información entre ERP y múltiples archivos Excel evidencia ausencia de validaciones automáticas, escasa trazabilidad de cambios, baja interoperabilidad operativa y limitada estandarización del flujo. Adicionalmente, en la dimensión analítica, el problema restringe la consulta oportuna y comparable de la información, porque el proceso deja salidas dispersas por ruta, transformaciones manuales no trazadas y registros de inventario fragmentados; en consecuencia, se dificulta comparar resultados entre periodos, identificar tendencias de error, hacer seguimiento histórico a tiempos y reprocesos, consolidar indicadores del proceso y sustentar decisiones tácticas u operativas con datos consistentes. En procesos soportados por información organizacional, estas limitaciones afectan directamente la utilidad del dato para control, seguimiento y mejora continua (Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022).

Con base en lo anterior, la línea base cuantitativa del estado actual puede sintetizarse así: el proceso intervenido gestiona aproximadamente 800 pedidos diarios con variación de ± 50 y 16 rutas activas, requiere cerca de 15 minutos en validación y enrutamiento, alrededor de 5 minutos por cada ruta para generación de pedidos en crossdocking, cerca de 10 minutos para consolidar el pedido adicional y alrededor de 3 minutos por cada ingreso de inventario; en conjunto, el ciclo completo tarda entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas, con posibilidad de hasta 2 horas adicionales por reproceso, y registra 4 errores en una semana de observación. Todas estas cifras provienen de la hoja de tiempos y movimientos y de las exportaciones del ERP, y fueron obtenidas mediante cronometraje por actividad, cálculo de promedio sobre 6 días y conteo de incidentes durante 1

semana. Esta línea base representa explícitamente el estado “antes” del proceso y servirá como referencia para evaluar, en comparación antes versus después, el impacto del proyecto sobre tiempo total, errores operativos, reprocesos, trazabilidad y capacidad de control del flujo de pedidos e inventario.

Formulación del Problema

¿Cómo desarrollar e implementar un portal web interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados para automatizar la validación, consolidación y procesamiento diario de pedidos e inventario en la Distribuidora 1, de modo que se reduzcan de forma medible el tiempo total del proceso, los errores operativos y los reprocesos frente a la línea base definida?

Justificación

El proyecto resulta pertinente porque interviene un problema operativo y de gestión de información que ya fue identificado y cuantificado en la Distribuidora 1. La línea base muestra que la preparación diaria de pedidos al proveedor y el registro posterior de inventario demandan entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas por ciclo, con posibilidad de hasta 2 horas adicionales cuando se presentan reprocesos; además, durante una semana de observación se registraron 4 errores asociados a conversión incorrecta de unidades, clientes sin ruta, duplicidad de pedidos e inventario mal ingresado. Esta situación afecta un proceso de aproximadamente 800 pedidos diarios, con variación de ± 50 , y 16 rutas activas, por lo que la continuidad de la operación depende de cruces manuales, validaciones repetidas y fragmentación del registro de inventario. En consecuencia, la situación actual no solo genera carga operativa, sino que debilita la confiabilidad de la información, limita el control del proceso y reduce la capacidad de la organización para sostener decisiones oportunas sobre pedidos, inventario y ejecución logística.

La necesidad de intervención se justifica porque la variable crítica afectada no es únicamente el tiempo del proceso, sino la calidad del flujo de información que soporta la operación. Frente a esa condición, la solución propuesta consiste en implementar un portal web en Python interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados, orientado a automatizar la validación de archivos, la agrupación de pedidos por ruta, la conversión de unidades, el aprovechamiento del inventario existente y la consolidación del despacho del proveedor. El mecanismo de mejora es explícito: sustituir tareas manuales por reglas de validación y transformación controladas, centralizar el procesamiento de datos y generar salidas estandarizadas para el proveedor y para el ERP. Con ello, la propuesta se orienta a llevar el tiempo total del flujo a aproximadamente 20 minutos frente a la línea base actual, a disminuir de

forma medible los errores operativos y a reducir los reprocesos derivados de inconsistencias manuales. Esta lógica problema–solución–beneficio es coherente con la automatización de procesos logísticos y con enfoques de integración que buscan mejorar desempeño sin intervenir de forma riesgosa el sistema base ya implantado (González Castaño et al., 2008; Cerna Sangay et al., 2024).

Desde el plano operativo, el proyecto se justifica porque actúa sobre indicadores concretos del proceso. En primer lugar, el tiempo total del ciclo diario pasaría de 1 hora y 30 minutos–2 horas a aproximadamente 20 minutos, lo que representa una reducción esperada de entre 70 y 100 minutos por ejecución, sin considerar el tiempo adicional que actualmente generan los reprocesos. En segundo lugar, la automatización elimina actividades críticas que hoy concentran errores, como la validación repetida de clientes por ruta, la generación manual de pedidos por cada carro, la consolidación del pedido adicional y la división del archivo del proveedor para registrar inventario. En tercer lugar, la propuesta permite sustituir múltiples entradas de inventario por una sola entrada diaria consolidada, lo cual reduce pasos operativos y disminuye la probabilidad de inconsistencias. Por tanto, el impacto operativo no se expresa de manera abstracta, sino en una reducción verificable del tiempo por ciclo, en menor recurrencia de errores y en una disminución directa de reprocesos sobre un proceso que se ejecuta diariamente.

En el plano económico, la pertinencia del proyecto se sustenta en la recuperación de tiempo operativo y en la disminución del retrabajo. Aunque no se dispone de una monetización formal del costo del proceso, la línea base permite establecer que cada ciclo diario consume entre 90 y 120 minutos de trabajo, mientras que la solución propuesta lo reduce a cerca de 20 minutos; esto equivale a recuperar entre 70 y 100 minutos de esfuerzo operativo por jornada, con un beneficio adicional no menor en los casos donde hoy se presentan hasta 2 horas adicionales por

correcciones. A ello se suma la reducción de operaciones administrativas asociadas al registro de inventario, al pasar de múltiples ingresos por ruta a un único consolidado diario. En términos de eficiencia organizacional, esta disminución de tiempo-hombre representa una mejor utilización del recurso operativo, menor exposición a errores costosos y menor dependencia del retrabajo como mecanismo de corrección.

Desde la dimensión tecnológica, el proyecto es justificable porque aporta capacidades verificables que el proceso actual no posee. La interoperabilidad se logra al estructurar el intercambio de información entre el ERP, el portal y el archivo de despacho del proveedor mediante formatos Excel controlados, sin necesidad de alterar el núcleo del sistema existente. La calidad y consistencia de los datos se fortalecen mediante validación de encabezados, detección de duplicidades, control de clientes sin ruta y verificación de consistencia entre pedidos y archivos de entrada, mientras que la trazabilidad mejora a través de reportes de validación y de salidas generadas bajo reglas explícitas. A su vez, el uso de una arquitectura modular favorece mantenibilidad, separación de responsabilidades y posibilidad de evolución del sistema sin comprometer la lógica de negocio, lo cual es especialmente relevante en una herramienta de uso diario que soporta un proceso crítico (Heguy et al., 2024; Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022; Martin, 2018). Desde Ingeniería de Sistemas, esta respuesta es técnicamente adecuada porque articula integración de datos, automatización, validación y diseño de software como mecanismos concretos para mejorar control, disponibilidad de información y continuidad operativa.

En la dimensión académica y disciplinar, el proyecto aporta a la Ingeniería de Sistemas aplicada al resolver un problema real mediante análisis del proceso, modelado funcional, desarrollo de software y evaluación con métricas observables antes y después. La propuesta no

se limita a construir una interfaz web, sino que materializa principios de interoperabilidad, calidad de datos, diseño desacoplado y verificación funcional en un contexto organizacional concreto. En este sentido, la ingeniería de software aporta el marco disciplinar para traducir una necesidad operativa en una solución verificable, mantenible y evaluable, mientras que la automatización y el control de calidad de la información permiten demostrar que el valor del software no depende solo de ejecutar tareas, sino de hacerlo con consistencia, trazabilidad y soporte para la toma de decisiones (Pressman & Maxim, 2021; Martin, 2018; Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022). De manera complementaria, la dimensión social del proyecto se expresa en beneficios observables para los actores del proceso, especialmente el auxiliar operativo, el usuario logístico y los responsables del inventario, quienes dispondrán de un flujo más predecible, con menos carga manual, menor riesgo de error y mayor confiabilidad en la información que utilizan para ejecutar, verificar y coordinar la operación diaria.

En la dimensión personal, el desarrollo del proyecto fortalece competencias profesionales directamente relacionadas con el perfil disciplinar del programa, entre ellas el levantamiento y análisis de requerimientos, la definición de reglas de negocio, el diseño de arquitectura modular, el desarrollo backend y frontend, el procesamiento estructurado de datos, la validación de archivos, las pruebas funcionales y la documentación técnica. Estas competencias no se abordan de forma aislada, sino integradas en un caso aplicado donde el valor del software depende de su capacidad para responder a restricciones reales de operación, datos y contexto organizacional.

En síntesis, el proyecto está justificado porque parte de un problema real, medido y técnicamente caracterizado, y propone una intervención viable desde Ingeniería de Sistemas que conecta automatización, interoperabilidad y calidad de la información con beneficios operativos, económicos y tecnológicos verificables. La reducción esperada del tiempo total del proceso, la

disminución de errores y reprocesos, la consolidación del inventario en una sola entrada diaria y la mejora de la trazabilidad del flujo demuestran que la propuesta no solo es conveniente, sino metodológica y técnicamente sustentable. Por ello, su ejecución aporta valor organizacional al fortalecer el control y la confiabilidad del proceso, valor académico al materializar principios disciplinares en una solución evaluable, y valor social al mejorar las condiciones de trabajo y la predictibilidad operativa de los actores involucrados.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un portal web interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados para automatizar el procesamiento diario de pedidos e inventario en la Distribuidora 1, reduciendo tiempo total, errores y reprocesos frente a la línea base definida.

Objetivos Específicos

Analizar y documentar el proceso actual de preparación de pedidos al proveedor e ingreso de inventario en la Distribuidora 1, estableciendo la línea base de tiempos, errores y reprocesos mediante levantamiento funcional y medición operativa.

Diseñar la arquitectura funcional y técnica del portal web para la validación de datos, la agrupación de pedidos por ruta, la conversión de unidades, el uso del inventario existente y la consolidación del despacho del proveedor, verificando su coherencia con los requerimientos del proceso.

Desarrollar e implementar el portal web interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados para automatizar la carga, validación y procesamiento de la información operativa, verificando la generación correcta de archivos de salida y del consolidado de inventario.

Validar y evaluar el funcionamiento de la solución mediante pruebas funcionales y comparación antes/después frente a la línea base, midiendo tiempo total del proceso, errores operativos, reprocesos y consistencia de los resultados generados.

Marco Conceptual y Teórico

La problemática abordada en este proyecto se inscribe en un campo ampliamente discutido en la transformación digital de la logística: la persistencia de procesos críticos soportados por sistemas corporativos que, aun existiendo, requieren exportaciones, reprocesos manuales y controles externos para completar actividades operativas. La literatura reciente muestra que la digitalización logística genera beneficios verificables cuando logra intervenir actividades núcleo como inventarios, preparación de pedidos, transporte y coordinación operativa; sin embargo, también advierte que los principales obstáculos no suelen estar solo en la ausencia de tecnología, sino en la fragmentación de datos, la baja alineación entre procesos y sistemas, y la persistencia de tareas repetitivas basadas en reglas que siguen dependiendo de intervención humana (Hongsakul et al., 2025; Silvera Escudero, 2024). En el caso de la Distribuidora 1, esta situación se concreta en un flujo diario de preparación de pedidos e inventario que combina ERP y archivos Excel estructurados, con una línea base de 800 pedidos por día, 16 rutas activas, tiempos de entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas por ciclo, y 4 errores registrados en una semana, lo que confirma que el problema no es aislado ni anecdótico, sino propio de un proceso de alta recurrencia y relevancia operativa.

Desde la perspectiva de los antecedentes y del estado del arte, los enfoques predominantes para intervenir este tipo de problemas se concentran en la automatización de tareas repetitivas, la incorporación de ERP con apoyos de control tabular, la integración de sistemas y el rediseño de procesos logísticos. Algunos trabajos muestran que la automatización operativa en contextos empresariales permite reducir ineficiencias y ordenar flujos de información, especialmente cuando se articula con el análisis del proceso y con criterios de factibilidad organizacional (González Castaño et al., 2008). Otros antecedentes evidencian que la

implantación de ERP, complementada con estructuras de control, mejora la trazabilidad y la organización de inventario, producción o ventas, aunque no siempre resuelve por sí sola las necesidades particulares de integración operativa entre actores y archivos externos (Cerna Sangay et al., 2024). A ello se suma la evolución de la automatización basada en reglas hacia esquemas de automatización más inteligentes, donde se reconoce que automatizar no equivale únicamente a ejecutar tareas más rápido, sino a rediseñar procesos, controlar la calidad de los datos y reducir dependencias manuales sobre sistemas existentes (Madakam et al., 2019; Siderska et al., 2023). En ese contexto, la propuesta del portal web Excel–ERP se diferencia de los enfoques de reemplazo total del sistema base o de automatización genérica, porque plantea una solución especializada sobre un subproceso concreto, manteniendo el ERP vigente y resolviendo un vacío operativo que persiste en la preparación, validación, consolidación y registro de pedidos e inventario.

Uno de los fundamentos centrales de la solución es la interoperabilidad. En términos disciplinares, la interoperabilidad no debe reducirse a la mera capacidad técnica de intercambiar archivos o mensajes, sino a la posibilidad de que distintos sistemas y actores mantengan alineación semántica y operativa en torno a un proceso de negocio compartido. Liu et al. (2020) sostienen que la interoperabilidad depende también de la madurez de alineación de procesos, es decir, de que el intercambio de información sea coherente con el significado de los datos, las reglas del negocio y la coordinación entre participantes. De forma complementaria, Heguy et al. (2024) plantean que la interoperabilidad y la calidad de datos deben analizarse de manera acoplada, porque las fallas de intercambio suelen traducirse en errores, duplicidades, reprocesos y pérdida de disponibilidad de información. Esta relación es directamente aplicable al proyecto, en la medida en que el problema no surge por falta absoluta de información, sino porque los

archivos exportados del ERP y el archivo de respuesta del proveedor carecen de un mecanismo intermedio que garantice transformación controlada, consistencia y trazabilidad. Por ello, la interoperabilidad propuesta mediante archivos Excel estructurados no se concibe como una solución provisional, sino como una estrategia de integración de bajo riesgo para sistemas ya implantados, compatible con el contexto operativo real de la distribuidora y evaluable a partir de la consistencia de entradas, salidas y consolidaciones.

Un segundo eje conceptual es la calidad de los datos, entendida como condición para que la información sea íntegra, coherente, válida y útil para la operación y la toma de decisiones. Piedrahita Mazo y Montoya Quintero (2022) destacan que la calidad de la información es un activo estratégico para las organizaciones, porque su deterioro afecta el control, la competitividad y la confiabilidad de los procesos. En el caso estudiado, la línea base muestra que errores aparentemente puntuales, como clientes sin ruta, duplicidad de pedidos, conversiones incorrectas o inventario mal ingresado, terminan comprometiendo el despacho, la facturación y el registro posterior en el ERP. De ahí que la validación automática de encabezados, la detección de inconsistencias, la verificación de relaciones obligatorias entre pedidos y rutas, y la generación de reportes de validación no sean funcionalidades accesorias, sino mecanismos de aseguramiento de calidad de datos. Desde el punto de vista del diseño, este eje justifica la incorporación de reglas explícitas que impidan continuar el flujo cuando la información no sea consistente; desde el punto de vista de la evaluación, sustenta la medición de errores operativos, reprocesos y consistencia de resultados como criterios de validación de la solución.

El tercer eje es la automatización de procesos logísticos basada en reglas. La literatura especializada distingue entre automatización de tareas repetitivas, automatización robótica e iniciativas más amplias de automatización inteligente, coincidiendo en que su principal valor

aparece en procesos estructurados, frecuentes y susceptibles de estandarización (Madakam et al., 2019; Siderska et al., 2023). En logística, este principio se expresa en actividades como agrupación de pedidos, preparación por rutas, control de inventarios y generación de soportes operativos, donde la intervención manual suele introducir tiempos muertos y errores acumulativos (Silvera Escudero, 2024; Hongsakul et al., 2025). El proyecto se alinea con este enfoque porque automatiza precisamente las etapas donde el proceso actual presenta mayor fricción: la validación de datos de entrada, la agrupación por ruta, la conversión de unidades, la consolidación del pedido adicional, el uso del inventario existente y la consolidación del despacho devuelto por el proveedor. Así, la automatización no se formula como sustitución indiscriminada del trabajo humano, sino como transferencia controlada de reglas repetitivas desde hojas de cálculo manipuladas manualmente hacia un sistema web verificable. Esta base teórica también respalda la evaluación antes/después, en la que la reducción del tiempo total, la disminución de errores y la reducción de reprocesos son indicadores congruentes con lo que la literatura reporta como efectos esperables de la automatización orientada a procesos.

Un cuarto eje es la trazabilidad de la información y del proceso. La trazabilidad permite reconstruir qué datos ingresaron, cómo fueron transformados, bajo qué reglas se procesaron y qué resultados se generaron, lo cual es indispensable cuando un proceso soporta decisiones operativas recurrentes. Heguy et al. (2024) muestran que el seguimiento de barreras de interoperabilidad y calidad de datos requiere hacer visibles los puntos donde ocurre la fricción del proceso y los efectos que esta produce sobre tiempos, costos y calidad. En la solución propuesta, la trazabilidad se concreta mediante reportes de validación, salidas estandarizadas por ruta, consolidación explícita del pedido adicional y generación de un archivo consolidado para una única entrada de inventario. Esta orientación tiene implicaciones directas para la evaluación,

porque no solo permite medir si el proceso se ejecuta más rápido, sino también verificar si el flujo queda mejor documentado, si disminuye la ambigüedad operativa y si el control del proceso deja de depender exclusivamente de revisión manual y conocimiento informal del auxiliar.

Desde la ingeniería de software, la propuesta se sustenta en principios de arquitectura limpia, modularidad, desacoplamiento y mantenibilidad. Martin (2018) plantea que la arquitectura debe proteger las reglas de negocio frente a decisiones de implementación como frameworks, bases de datos o interfaces; en el mismo sentido, Arias-Orezano et al. (2021) evidencian que una arquitectura organizada en torno a responsabilidades claras impacta positivamente atributos de mantenibilidad como analizabilidad, estabilidad y testeabilidad. Pressman y Maxim (2021) y Sommerville (2021) coinciden en que el diseño de software debe responder a requerimientos verificables, facilitar la evolución del sistema y permitir pruebas sobre componentes definidos. Estas ideas justifican que la lógica principal del portal — validación de datos, agrupación por rutas, conversión de unidades, distribución de inventario y consolidación de salidas— se mantenga separada de la interfaz, la persistencia y el despliegue. En términos prácticos, ello respalda la decisión de estructurar una solución donde las reglas del proceso puedan probarse, mantenerse y modificarse sin comprometer la coherencia global del sistema, aspecto especialmente relevante en un proyecto aplicado que debe demostrar tanto utilidad operativa como calidad interna de diseño.

Los fundamentos tecnológicos de la propuesta también se integran de forma coherente con la literatura. Las aplicaciones web orientadas a procesos permiten capturar entradas, aplicar reglas de negocio, coordinar etapas y producir salidas controladas, lo que las convierte en un medio pertinente para automatizar flujos organizacionales recurrentes (Telemaco Neto et al., 2022). En paralelo, la experiencia reportada por Vidal-Silva et al. (2021) muestra que el

ecosistema Python resulta adecuado para construir sistemas de información web de forma rápida y estructurada, especialmente cuando el problema exige procesamiento de datos, lógica de negocio clara y evolución incremental. En este proyecto, estas bases justifican una arquitectura web que centraliza el tratamiento de archivos Excel estructurados, incorpora validaciones automáticas, mantiene persistencia controlada y produce salidas listas para proveedor y ERP sin intervenir el núcleo del sistema corporativo. La pertinencia tecnológica, por tanto, no se agota en la elección de herramientas, sino en la correspondencia entre el enfoque web, la necesidad de interoperabilidad de bajo acoplamiento y el carácter repetitivo, controlado y evaluable del proceso intervenido.

En cuanto a las técnicas y metodologías para construir y evaluar soluciones similares, la literatura de ingeniería de software converge en la importancia del levantamiento de requerimientos, el modelado de reglas de negocio, la validación funcional, las pruebas y la evaluación con métricas observables. Pressman y Maxim (2021) destacan que los proyectos de software deben vincular análisis, diseño, construcción y verificación de forma articulada, mientras que Sommerville (2021) subraya la necesidad de alinear los criterios de aceptación con los objetivos del sistema y su contexto de uso. Estas orientaciones se corresponden con la metodología del proyecto, que plantea fases de análisis, diseño, implementación, pruebas, despliegue y documentación, y con una validación basada en comparación antes/después frente a la línea base del proceso manual. De este modo, la teoría no queda separada de la práctica: los conceptos de interoperabilidad, calidad de datos, automatización, trazabilidad y arquitectura modular se convierten en criterios concretos para diseñar el portal, para definir sus reglas y para evaluar si la solución efectivamente reduce tiempos, errores y reprocesos en relación con la situación inicial.

En síntesis, la contribución de la propuesta radica en integrar, en una sola intervención aplicada, principios de automatización, interoperabilidad, calidad de datos, trazabilidad y arquitectura de software para resolver un vacío operativo específico que persiste entre el ERP, los archivos de trabajo y la respuesta del proveedor. Frente a enfoques más generales de digitalización o a implementaciones centradas únicamente en ERP o RPA, el proyecto aporta una solución focalizada, de bajo riesgo de adopción y alineada con un proceso real de alta frecuencia, donde la mejora no depende de reemplazar el sistema existente, sino de estructurar y controlar mejor el flujo de información. Desde Ingeniería de Sistemas, ello constituye un aporte disciplinar y práctico porque demuestra cómo una solución web interoperable puede traducir teoría, modelado, diseño y validación en una mejora verificable del proceso, al reducir la manipulación manual, aumentar la consistencia de datos, fortalecer la trazabilidad y simplificar el registro de inventario en el contexto operativo de una distribuidora.

Metodología

El proyecto se desarrolló mediante un enfoque aplicado, con estudio de caso único en la Distribuidora 1, desarrollo incremental del producto y evaluación cuantitativa comparativa antes/después. Este enfoque resultó adecuado porque el propósito no consistió en formular una propuesta abstracta, sino en intervenir un subproceso real de preparación de pedidos e inventario, construir una solución funcional y valorar su efecto con indicadores observables sobre tiempo, errores y reprocesos. Desde la ingeniería de software, la articulación entre análisis, diseño, construcción, verificación y evaluación permitió mantener coherencia entre el problema identificado, los objetivos definidos y la validación final del artefacto desarrollado (Pressman & Maxim, 2021; Sommerville, 2021). De manera complementaria, la orientación hacia una aplicación web consciente del proceso fue consistente con enfoques de automatización de procesos empresariales soportados por reglas y salidas verificables (Telemaco Neto et al., 2022).

La intervención quedó delimitada al subproceso diario de validación, consolidación y procesamiento de pedidos e inventario de la Distribuidora 1, específicamente en el tramo donde el auxiliar operativo descargaba archivos del ERP, cruzaba pedidos con clientes por ruta, generaba pedidos por carro, consolidaba el pedido adicional, procesaba el archivo de despacho del proveedor y preparaba la entrada de inventario. En este marco, el proyecto comprendió el desarrollo e implementación de un portal web interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados, capaz de validar archivos de entrada, agrupar pedidos por ruta, consolidar compras, auditar el flujo y generar salidas listas para el proveedor, así como un consolidado de inventario en formatos XLSX y CSV para una sola entrada manual en el ERP. El no alcance incluyó la sustitución total del ERP, la automatización de procesos distintos al subproceso intervenido, el desarrollo de analítica avanzada, la migración histórica de datos, la expansión

funcional a otros procesos comerciales o logísticos y el soporte postproyecto de largo plazo. Tampoco se contempló la eliminación de la carga final manual al ERP, dado que la solución se diseñó para dejar el consolidado listo para una sola entrada manual, no para reemplazar ese paso organizacional.

La ejecución metodológica partió de varios supuestos operativos y técnicos. Se asumió disponibilidad de acceso a los usuarios clave del proceso, continuidad del flujo diario de operación, existencia de archivos exportables desde el ERP, disponibilidad de registros suficientes para levantar línea base y acceso a conectividad para desarrollo, pruebas y despliegue controlado del portal. Al mismo tiempo, el proyecto estuvo condicionado por restricciones técnicas, organizacionales y metodológicas: confidencialidad sobre el ERP y la empresa caso, dependencia de integración mediante archivos estructurados en lugar de conexión directa al sistema corporativo, permanencia de la entrada final manual al ERP, limitación temporal asociada al cronograma académico de seis meses y necesidad de validar el caso dentro de una ventana operativa comparable. Estas condiciones influyeron de forma directa en el diseño de la solución, porque orientaron la arquitectura hacia una interoperabilidad de bajo riesgo, sin alterar el núcleo del sistema existente, y determinaron que la interpretación de resultados se concentrara en el proceso intervenido, no en transformaciones globales de toda la operación.

La construcción del sistema se apoyó en técnicas de levantamiento funcional del proceso, identificación de actores, definición de reglas de negocio, diseño de validaciones, modelado de módulos y trazabilidad de salidas. La solución se implementó como portal web en Python, con organización modular de responsabilidades y separación entre lógica de negocio, procesamiento de archivos, control del flujo y generación de evidencias, decisión coherente con los principios de desacoplamiento y mantenibilidad de la arquitectura limpia (Martin, 2018; Arias-Orezano et

al., 2021). Asimismo, la elección de un enfoque web para centralizar procesamiento, validaciones y salidas fue consistente con la experiencia reportada para sistemas de información desarrollados con Python y con la necesidad de soportar flujos empresariales recurrentes mediante aplicaciones orientadas a proceso (Vidal-Silva et al., 2021; Telemaco Neto et al., 2022). Como controles de construcción se incorporaron validación de encabezados y estructura de archivos, detección de clientes sin ruta, identificación de pedidos duplicados, verificación de diferencias de conteo, bloqueo del avance ante inconsistencias que comprometieran el flujo, generación de reportes de validación, consolidado de auditoría y trazabilidad de archivos generados. Esta lógica de control respondió al hecho de que interoperabilidad y calidad de datos operaban de forma acoplada en el problema estudiado (Liu et al., 2020; Heguy et al., 2024; Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022).

La recolección de datos antes de la intervención se realizó dos semanas antes del inicio del proyecto, mediante observación operativa del proceso manual, cronometraje por actividad, revisión de exportaciones del ERP y conteo de incidentes en la operación. El instrumento principal fue la hoja de tiempos y movimientos, complementada con los archivos de pedidos y clientes por ruta. A partir de esta base se estableció la línea base oficial del proceso “antes”, caracterizada por aproximadamente 800 pedidos diarios con variación de ± 50 y 16 rutas activas; tiempos de referencia de 15 minutos para validación y enrutamiento manual, 5 minutos por ruta para generación de pedidos en el ERP, 10 minutos para consolidación del pedido adicional y 3 minutos por ingreso de inventario; además de un tiempo total mínimo de 90 minutos, un promedio representativo de 105 minutos y un máximo típico de 120 minutos por ciclo, con posibilidad de 120 minutos adicionales por reproceso. En la misma línea base se registraron

cuatro incidentes en una semana, correspondientes a conversión incorrecta de unidades, cliente sin ruta, duplicidad de pedidos e inventario mal ingresado.

Durante el desarrollo se recolectaron datos funcionales y técnicos asociados a la construcción del sistema, no para reemplazar la línea base, sino para verificar progresivamente que la solución reprodujera correctamente las reglas del proceso y generara evidencias consistentes. En esta etapa se utilizaron como soportes el protocolo de pruebas funcionales y de integración, la bitácora de ejecución, las capturas del portal, los ejemplos de archivos de entrada y salida, y los reportes generados por el sistema. También se controló la correcta producción de `resumen_timestamp.xlsx`, `formatos_timestamp.zip`, `consolidado_timestamp.xlsx`, `consolidado_timestamp.csv` y `auditoria_timestamp.xlsx`, en tanto entregables verificables del flujo automatizado. La lógica metodológica de esta fase no se limitó a comprobar que la interfaz respondiera, sino a verificar que la validación de archivos, la agrupación por ruta, la consolidación de compras y la generación del consolidado para ERP conservaran integridad funcional, trazabilidad y coherencia con las reglas del proceso intervenido.

La recolección de datos posteriores se ejecutó una semana después de transcurridos los seis meses del cronograma, mediante una muestra de seis días de operación con cinco datasets por jornada. La validación no se realizó como pruebas aisladas de módulos desconectados, sino sobre el flujo completo diario, manteniendo una ventana operativa comparable con la de la línea base y usando la misma lógica de medición para tiempo total, incidentes, reprocesos y consistencia de resultados. En esta fase, la medición del proceso “después” tomó como referencia aproximadamente 5 minutos para la descarga de archivos, 10 segundos para el módulo de validaciones, 15 segundos para generar pedidos, 15 segundos para consolidar compras y un rango total de 18 a 20 minutos, con promedio observado de 19 minutos. Esta consistencia

metodológica permitió expresar el impacto en reducción absoluta y relativa del tiempo, disminución de frecuencia de errores y reducción de reprocesos, sin modificar definiciones de métricas ni reglas de conteo entre la situación inicial y la final.

El análisis de datos se realizó de manera descriptiva y comparativa. Se emplearon rangos, promedios representativos, conteo de incidentes, registro de reprocesos y verificación de salidas operativas para contrastar el estado inicial con el comportamiento posterior a la implementación. El criterio comparativo mantuvo el mismo tipo de fuentes, la misma unidad de observación por jornada y la misma delimitación del proceso evaluado. En consecuencia, el tiempo total se analizó como reducción frente al intervalo base de 90 a 120 minutos y al promedio representativo de 105 minutos; la frecuencia de errores se examinó frente a los cuatro incidentes de la línea base; y los reprocesos se interpretaron según su presencia, reducción o ausencia operativa en la muestra validada. Este control de consistencia fue indispensable para que la comparación fuera defendible, dado que la mejora del proceso no debía atribuirse a cambios de criterio en la medición, sino al efecto real de la solución implementada.

La metodología se estructuró en seis fases articuladas entre sí. En la fase de análisis se levantó el proceso actual, se identificaron actores, fallas y puntos de fricción, se definieron indicadores y se estableció la línea base. En la fase de diseño se definieron la arquitectura funcional y técnica del portal, la estructura de módulos, las reglas de validación, la lógica de agrupación por rutas, la consolidación de compras, el tratamiento del inventario y el esquema de auditoría y trazabilidad. En la fase de implementación se desarrollaron los módulos de validaciones, generación de pedidos, consolidación de compras y auditoría, además de la lógica de lectura y escritura de archivos estructurados. En la fase de pruebas se ejecutaron validaciones funcionales por módulo y de integración sobre el flujo completo. En la fase de despliegue se

dispuso el portal en un ambiente web de ejecución controlada posterior al cierre de ventas. Finalmente, en la fase de documentación se consolidaron protocolo de pruebas, bitácora, comparativo antes/después, apéndice de evidencias y soportes de trazabilidad. Esta secuencia conservó la coherencia entre problema, objetivos específicos, resultados esperados y evaluación final, en concordancia con las prácticas de ingeniería de software orientadas a producto y verificación (Pressman & Maxim, 2021; Sommerville, 2021).

El plan de validación tuvo como propósito demostrar que la solución cumplió funcionalmente con el proceso intervenido y que aportó una mejora verificable frente a la línea base. Para ello se definió como error crítico cualquier situación que comprometiera la integridad de los datos, impidiera completar el flujo principal, generara archivos operativos incorrectos, afectara el consolidado para ERP o alterara la validez funcional del proceso. En contraste, se definió como error no crítico cualquier inconsistencia de entrada o variación secundaria que no comprometiera la integridad final del flujo y que fuera detectada y controlada por el sistema antes de continuar. Con base en esta clasificación, los criterios de aceptación no se formularon en términos absolutos, sino como umbrales verificables: reducción medible del tiempo promedio frente a la línea base y aproximación al flujo instrumentado de 18 a 20 minutos; ausencia de errores críticos no corregidos en la ejecución comparativa final; inexistencia de errores no críticos que alteraran la salida operativa o generaran reprocesos; activación correcta de las reglas de validación para inconsistencias relevantes; y generación de un consolidado apto para una sola entrada manual en el ERP. Esta formulación fue consistente con la recomendación de evitar promesas metodológicas absolutas y privilegiar criterios observables y técnicamente defendibles (Sommerville, 2021; Heguy et al., 2024).

En síntesis, la metodología permitió que el proyecto fuera no solo desarrollado, sino también evaluado con rigor académico y técnico. La combinación entre enfoque aplicado incremental, delimitación precisa del alcance, control de supuestos y restricciones, construcción modular, recolección sistemática de datos antes, durante y después, análisis comparativo con métricas consistentes, clasificación explícita de errores y validación sobre una muestra operativa real conectó teoría, diseño, implementación y evaluación en un mismo esquema de trabajo. Desde esta perspectiva, la metodología actuó como el mecanismo que hizo demostrable el aporte del portal web interoperable Excel–ERP sobre el problema identificado, al evidenciar una mejora en eficiencia operativa, control del flujo, calidad de datos y trazabilidad del proceso intervenido (Liu et al., 2020; Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022; Martin, 2018).

Planeación y Resultados Esperados

La planeación del proyecto articula cronograma, recursos, productos verificables y gestión preventiva de riesgos con el fin de asegurar coherencia entre el problema identificado, los objetivos específicos, la metodología incremental y la evaluación antes/después definida para la Distribuidora 1. En términos de ingeniería de software, esta integración resulta necesaria para mantener trazabilidad entre análisis, diseño, construcción, validación y documentación, evitando que el desarrollo del prototipo se desconecte de sus criterios de verificación y de su alcance aplicado (Pressman & Maxim, 2021; Sommerville, 2021).

Cronograma de Actividades

El cronograma se distribuye en seis meses y refleja la secuencia metodológica del proyecto: análisis del proceso actual, diseño de la solución, desarrollo por componentes, pruebas, evaluación comparativa, despliegue controlado y consolidación documental. Su estructura conserva el formato del trabajo actual y refuerza la relación entre actividades programadas, objetivos específicos y evidencias del proyecto.

Tabla 1

Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Levantamiento del proceso “antes” y consolidación de línea base de tiempos, errores y reprocesos	X					
Levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales del portal	X	X				
Diseño funcional, reglas de validación y estructura de archivos Excel de entrada y salida	X	X				
Diseño de arquitectura funcional y técnica del portal		X	X			

Desarrollo del módulo de validaciones y generación del resumen de inconsistencias	X	X		
Desarrollo del módulo de generación de pedidos, conversión de unidades, pedido adicional y repartición de inventario		X	X	
Desarrollo del módulo de consolidación de compras y generación de consolidado para ERP en XLSX y CSV			X	X
Desarrollo del módulo de auditoría y trazabilidad del flujo			X	X
Pruebas funcionales por módulo y pruebas de integración del flujo completo			X	X
Evaluación comparativa antes/después con muestra de seis días y cinco datasets por día			X	X
Despliegue controlado, ajustes operativos y verificación de funcionamiento diario				X X
Documentación técnica, manual de usuario, apéndice y soportes verificables			X	X X

Recursos Necesarios

La ejecución del proyecto requiere recursos humanos, tecnológicos, operativos y documentales suficientes para levantar el proceso actual, desarrollar el portal, realizar la validación funcional y consolidar las evidencias académicas. Se conservan los recursos ya definidos en el trabajo actual y se precisan sus usos y fuentes de acceso para sostener las fases de análisis, diseño, desarrollo, validación, despliegue y documentación.

Tabla 2

Recursos necesarios

RECURSO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Equipo de desarrollo	Incluye computador personal, sistema operativo, editor de código, navegador, herramientas de prueba y cliente Git. Uso: análisis, desarrollo, depuración, documentación y control de versiones del proyecto. Acceso o adquisición: disponibilidad directa del estudiante durante toda la ejecución.	Propio
Entorno de desarrollo y control de versiones	Incluye Visual Studio Code, Git y repositorio de trabajo. Uso: implementación del backend, organización del código, versionamiento y trazabilidad	Propio

Lenguaje y librerías de procesamiento	de cambios. Acceso o adquisición: herramientas de uso libre o cuenta ya disponible para el proyecto. Incluye Python, Pandas, OpenPyXL y utilidades complementarias para manejo de archivos y procesamiento estructurado de datos. Uso: validación de entradas, agrupación de pedidos, conversión de unidades, consolidación de compras y generación de salidas Excel. Acceso o adquisición: software libre instalado localmente o en ambiente de despliegue.	Propio / Software libre
Framework web y utilidades de aplicación	Incluye Flask, Jinja, Tailwind CSS vía CDN, Gunicorn y python-dotenv. Uso: construcción de la interfaz web, gestión de rutas, despliegue de la aplicación y configuración del entorno. Acceso o adquisición: herramientas de código abierto y servicios de acceso libre.	Propio / Software libre
Infraestructura de despliegue y persistencia	Incluye Render para alojamiento del portal y PostgreSQL en Neon para persistencia controlada de información operativa de un día. Uso: ejecución del portal posterior al cierre de ventas, procesamiento diario y almacenamiento temporal requerido por la lógica del sistema. Acceso o adquisición: planes gratuitos o cuentas ya habilitadas para el proyecto.	Servicios gratuitos
Datos de prueba y operación	Incluye cuatro archivos exportados desde el ERP — pedidos, rutas, inventario y materiales— y un archivo de despacho retornado por el proveedor. Uso: validación funcional, pruebas de integración y comparación antes/después en condiciones operativas reales o equivalentes. Acceso o adquisición: suministrados por la empresa caso bajo criterios de confidencialidad.	Empresa caso (Distribuidora 1)
Usuarios para validación operativa	Incluye auxiliar operativo, usuario logístico y responsables del ingreso de inventario. Uso: revisión funcional del flujo, verificación de archivos generados y contraste de consistencia operativa. Acceso o adquisición: coordinación directa con la empresa caso según disponibilidad operativa.	Empresa caso (Distribuidora 1)
Instrumentos de medición y evidencias académicas	Incluye hoja de tiempos y movimientos, protocolo de pruebas, tabla comparativa antes/después, capturas del portal, ejemplos de archivos de entrada y salida, reportes de validación, bitácora de ejecución y soportes verificables de operación. Uso: medición de línea base, evaluación comparativa, sustentación de resultados y trazabilidad documental.	Proyecto
Conectividad y acceso web	Incluye conexión a internet para desarrollo, pruebas, despliegue y ejecución diaria del portal. Uso: acceso al ambiente de despliegue, actualización de la aplicación,	Propio / Empresa caso

carga de archivos y verificación de funcionamiento.
Acceso o adquisición: servicio ya disponible en los
ambientes de trabajo utilizados.

En conjunto, estos recursos son suficientes para sostener las fases de análisis, diseño, desarrollo, validación, despliegue y documentación del proyecto, sin requerir inversiones adicionales distintas a la disponibilidad de los medios ya existentes en el contexto del caso aplicado.

Resultados o Productos Esperados

Los resultados esperados se definen como entregables tangibles y verificables, alineados con los objetivos específicos, la metodología incremental y la comparación antes/después frente a la línea base del proceso manual. Se conservan las columnas del trabajo actual y se fortalecen los indicadores para que su comprobación sea más precisa y defendible.

Tabla 3

Resultados o productos esperados

RESULTADO / PRODUCTO	INDICADOR (MEDIBLE/VERIFICABLE)	BENEFICIARIO
Portal web funcional para el procesamiento diario de pedidos e inventario	Portal desplegado y disponible para ejecución controlada posterior al cierre de ventas, con funcionamiento verificable de los módulos de validaciones, generación de pedidos, consolidación de compras y auditoría	Distribuidora 1
Reporte de validación de entradas	Generación de <code>resumen_timestamp.xlsx</code> con detección verificable de encabezados incorrectos, clientes sin ruta, pedidos duplicados y diferencias de conteo, con bloqueo del avance cuando la inconsistencia compromete el flujo	Auxiliar operativo
Paquete de archivos operativos para proveedor	Generación automática de <code>formatos_timestamp.zip</code> , que contiene archivos por ruta, pedido adicional y archivo de repartición de inventario existente, sin necesidad de reconstrucción manual previa	Auxiliar operativo y proveedor

Consolidado de inventario para una sola entrada manual en ERP	Generación de <code>consolidado_timestamp.xlsx</code> y <code>consolidado_timestamp.csv</code> , válidos para una sola entrada manual en el ERP, en sustitución de múltiples ingresos por ruta	Responsables de inventario y área administrativa
Archivo de auditoría y trazabilidad del flujo	Generación de <code>auditoria_timestamp.xlsx</code> como evidencia verificable del procesamiento, salidas y consistencia del flujo automatizado	Auxiliar operativo, área administrativa y proyecto
Informe comparativo antes/después del proceso intervenido	Comparación documentada de la muestra de seis días con cinco datasets por día, midiendo tiempo total del proceso, incidentes operativos, reprocesos y consistencia de resultados frente a la línea base	UNAD y empresa caso
Protocolo de pruebas funcionales y de integración ejecutado	Casos de prueba documentados con entradas, resultados esperados, evidencias y criterio de verificación para validación de módulos y del flujo completo	UNAD y proyecto
Soportes verificables de operación del portal	Apéndice con capturas del sistema, ejemplos de archivos de entrada y salida, reportes de validación, bitácora de pruebas y constancias de funcionamiento. Como evidencia contextual complementaria, se incorporan soportes verificables de uso del portal en seis distribuidoras, sin modificar el alcance principal del caso aplicado	UNAD y empresa caso

Estos resultados mantienen trazabilidad directa con los objetivos específicos del proyecto: la línea base y el análisis del proceso sustentan la evaluación; la arquitectura y las reglas del sistema se reflejan en el portal y sus módulos; y la validación funcional se concreta en pruebas, comparativos y evidencias documentales.

Gestión de Riesgos del Proyecto

La gestión de riesgos es pertinente en este proyecto porque la solución depende de calidad de datos, interoperabilidad mediante archivos estructurados, disponibilidad de usuarios para validación y continuidad del ambiente de ejecución. En consecuencia, el control preventivo de riesgos se orienta a proteger la validez de los resultados, la continuidad del desarrollo y la confiabilidad del flujo automatizado, especialmente en un contexto donde los problemas de interoperabilidad y calidad de datos están estrechamente vinculados al desempeño del proceso (Heguy et al., 2024).

Tabla 4

Gestión de riesgos del proyecto

ID	Riesgo identificado	Categoría	Causa probable	Impacto sobre el proyecto	Probabilidad	Nivel de criticidad	Estrategia de mitigación	Responsable o seguimiento
R1	Inconsistencias o baja calidad en los archivos exportados desde el ERP	Datos / Operativo	Cambios en encabezados, registros incompletos, errores de captura previos o diferencias de estructura entre archivos	Puede impedir la validación correcta, alterar la agrupación por rutas o invalidar la comparación antes/después	Alta	Alta	Definir reglas estrictas de validación, bloquear el flujo cuando la entrada comprometa el procesamiento, conservar plantillas de referencia y documentar la incidencia detectada	Estudiante desarrollador y auxiliar operativo
R2	Cambios no previstos	Integración /	Modificaciones externas	Puede volver incompatible	Media	Alta	Mantener plantillas base,	Estudiante

	en el formato requerido o por el proveedor o en el archivo de despacho retornado	Técnico	en plantillas, columnas o lógica de cargue del proveedor	es los archivos generados o afectar la consolidación final para ERP			validar estructura antes de procesar, parametrizar columnas críticas cuando sea posible y registrar evidencia de cambios detectados	desarrollador
R3	Disponibilidad limitada de usuarios clave para pruebas y validación operativa	Organizacional / Validación	Carga laboral del auxiliar, prioridades operativas de la distribuidora o restricción de tiempo para revisión	Reduce la profundidad de la validación, retrasa ajustes y dificulta el cierre de evidencias	Media	Media	Coordinar con anticipación ventanas de prueba, priorizar casos críticos, usar evidencia documental complementaria y consolidar revisión por hitos	Estudiante desarrollador y empresa caso
R4	Fallas de conectividad o indisponibilidad temporal del ambiente de despliegue	Infraestructura / Técnico	Interrupciones de red, limitaciones del servicio de alojamiento o incidencias del entorno gratuito	Puede impedir pruebas, operación controlada o recolección oportuna de evidencias	Media	Media	Disponer de ambiente local de respaldo, programar pruebas con margen de contingencia, monitorear disponibilidad básica del servicio y conservar copias locales de evidencias	Estudiante desarrollador

R5	Error en la implementación de reglas de negocio de conversión, pedido adicional, uso de inventario o consolidación	Técnico / Metodológico	Interpretación incompleta del proceso, defectos de codificación o insuficiencia de pruebas sobre casos borde	Puede generar archivos incorrectos, salidas inconsistentes o consolidaciones no válidas para el ERP	Media	Alta	Validar reglas con el flujo real del proceso, ejecutar pruebas por módulo y pruebas de integración, contrastar salidas con casos controlados y ajustar antes del despliegue estable	Estudiante desarrollador
R6	Insuficiencia o dispersión de evidencias académicas para soportar resultados y apéndice	Metodológico / Documental	Falta de consolidación oportuna de bitácoras, capturas, archivos de salida o comparativos	Puede debilitar la sustentación académica del proyecto y afectar la verificabilidad de los resultados	Media	Media	Centralizar evidencias desde la fase de pruebas, nombrar archivos de forma consistente, mantener bitácora de ejecución y organizar apéndices en paralelo al desarrollo	Estudiante desarrollador

En conjunto, estos riesgos reflejan condiciones reales del proyecto y permiten anticipar acciones de control coherentes con el cronograma, los recursos, la validación y los resultados esperados. Su gestión preventiva contribuye a sostener la continuidad del desarrollo, la calidad de la solución y la validez académica de la evaluación del caso aplicado.

Desarrollo del Prototipo Funcional

Análisis del Sistema

El desarrollo del prototipo funcional partió del análisis del subproceso de preparación diaria de pedidos e ingreso de inventario en la Distribuidora 1, entendido como un flujo de trabajo soportado parcialmente por el ERP y completado mediante manipulación manual en archivos Excel estructurados. Desde la perspectiva funcional, el proceso original operaba con cinco tipos de entradas: archivo de pedidos, archivo de clientes por ruta, archivos generados por ruta desde el módulo de crossdocking, archivo de materiales para conversión de unidades y archivo de despacho devuelto por el proveedor. A partir de estas entradas, el auxiliar operativo debía realizar cruces manuales, validar rutas, generar pedidos por cada carro, consolidar el pedido adicional, convertir unidades y, finalmente, dividir la respuesta del proveedor para registrar múltiples ingresos de inventario en el ERP. Esta secuencia evidenciaba una fuerte dependencia de la intervención humana sobre datos estructurados, con baja automatización de reglas, alta repetición operativa y escasa trazabilidad de las transformaciones.

En dicho flujo intervienen tres actores operativos principales. El auxiliar operativo es el actor que descarga, valida, cruza, consolida y prepara la información necesaria para el proveedor y para el registro de inventario. El usuario logístico depende de que los archivos por ruta y las salidas del proceso sean consistentes para sostener la operación diaria de distribución. Los responsables del inventario dependen de la correcta asociación del despacho devuelto por el proveedor con los registros que finalmente se ingresan en el ERP. La interacción entre estos actores no estaba mediada por un sistema intermedio con reglas explícitas de validación, por lo que el control recaía principalmente en la revisión manual, la experiencia del usuario y la corrección posterior ante fallas detectadas.

Desde el punto de vista de entradas, actividades y salidas, el sistema anterior presentaba una lógica fragmentada. Las entradas provenían del ERP y del proveedor, pero las actividades críticas no estaban integradas. El cruce entre pedidos y rutas se resolvía con fórmulas manuales; la generación de pedidos debía realizarse ruta por ruta; la consolidación del pedido adicional dependía de copiar y pegar información de múltiples archivos; y la respuesta del proveedor requería una separación posterior para registrar múltiples entradas de inventario. Como salidas, el proceso generaba archivos por ruta, un pedido adicional y varios registros de inventario, pero sin trazabilidad suficiente sobre qué reglas se aplicaron, qué inconsistencias se detectaron y qué decisiones operativas se tomaron en cada etapa.

Las restricciones funcionales más relevantes del sistema original estaban dadas por la necesidad de conservar el ERP vigente, la dependencia del intercambio mediante archivos Excel estructurados y la imposibilidad del sistema base de consolidar automáticamente la respuesta del proveedor en una sola entrada de inventario. Estas restricciones obligaron a diseñar una solución complementaria, interoperable y de bajo acoplamiento, en lugar de una sustitución total del sistema existente. En términos de ingeniería de software, esto implicó intervenir el flujo crítico del proceso y no el ecosistema completo de la organización, buscando una solución que fortaleciera la calidad de los datos, la consistencia del procesamiento y la trazabilidad documental sin alterar el núcleo del ERP.

Las brechas funcionales detectadas justificaron el prototipo. La primera correspondía a la ausencia de validaciones automáticas sobre encabezados, duplicidades, clientes sin ruta y diferencias de conteo. La segunda consistía en la repetición operativa derivada de ingresar al ERP por cada ruta. La tercera se asociaba al principal foco de error del proceso manual: la conversión de unidades y la consolidación del pedido adicional. La cuarta se ubicaba en la

fragmentación del ingreso de inventario, ya que el archivo único del proveedor debía dividirse y registrarse varias veces. En consecuencia, el análisis del sistema mostró que el problema no era únicamente de tiempo, sino de control del flujo, calidad de información, trazabilidad y capacidad de sostener una operación recurrente con menor exposición al error.

Desde la literatura de ingeniería de software y arquitectura, este tipo de intervención exige separar responsabilidades, desacoplar la lógica del dominio del mecanismo de entrada y salida, y diseñar componentes mantenibles y verificables, especialmente cuando el problema está centrado en el procesamiento de datos y en la consistencia del flujo (Martin, 2018; Pressman & Maxim, 2021; Sommerville, 2021). Por ello, el análisis del sistema no se limitó a describir el problema operativo, sino que identificó implicaciones técnicas concretas para el desarrollo del prototipo: necesidad de modularización, definición de reglas de negocio explícitas, manejo controlado de archivos estructurados, validación previa del flujo y generación de evidencia documental para auditoría.

Levantamiento de Requerimientos

El levantamiento de requerimientos se realizó a partir del análisis funcional del proceso intervenido, de la línea base cuantitativa del estado inicial y de la definición de la solución interoperable ya implementada. En coherencia con el problema y con el alcance real del proyecto, los requerimientos se formularon en términos verificables, diferenciando necesidades funcionales y no funcionales orientadas al procesamiento diario de pedidos e inventario, al control de inconsistencias, a la generación de archivos operativos y a la trazabilidad del flujo.

Tabla 5
Requerimientos funcionales y no funcionales del prototipo

ID	Tipo	Requerimiento	Prioridad	Criterio de aceptación
RF-01	Funcional	El sistema debe permitir la carga de los archivos de pedidos y rutas para iniciar la validación del flujo.	Alta	El usuario puede cargar ambos archivos y el sistema habilita la validación inicial sin errores de estructura no controlados.
RF-02	Funcional	El sistema debe validar encabezados y consistencia básica de los archivos de entrada antes de continuar el procesamiento.	Alta	El sistema identifica encabezados incorrectos, clientes sin ruta, pedidos duplicados o diferencias de conteo y genera un reporte verificable de validación.
RF-03	Funcional	El sistema debe generar un archivo resumen de validación como salida formal del primer módulo.	Alta	Se genera <code>resumen_timestamp.xlsx</code> con el detalle de inconsistencias detectadas o con confirmación de consistencia suficiente para continuar.
RF-04	Funcional	El sistema debe permitir la carga de inventario y materiales para ejecutar el procesamiento operativo posterior.	Alta	El usuario puede cargar <code>inventario.xlsx</code> y <code>materiales.xlsx</code> , y el sistema reconoce los insumos requeridos para continuar con la generación de pedidos.
RF-05	Funcional	El sistema debe agrupar automáticamente los pedidos por ruta o carro con base en la estructura de rutas disponible.	Alta	El sistema consolida cantidades por ruta sin requerir cruces manuales externos.

RF-06	Funciona 1	El sistema debe convertir automáticamente las cantidades a la unidad del proveedor con base en las equivalencias definidas.	Alta	El sistema aplica la conversión según materiales, sin cálculo manual adicional por parte del usuario.
RF-07	Funciona 1	El sistema debe consolidar faltantes en un pedido adicional cuando las cantidades por ruta no completan la unidad del proveedor.	Alta	El sistema genera una estructura de pedido adicional coherente con la lógica funcional definida para remanentes.
RF-08	Funciona 1	El sistema debe distribuir primero el inventario existente antes de solicitar cantidades adicionales al proveedor.	Alta	El sistema reparte inventario siguiendo el orden numérico de ruta y sin asignar cantidades superiores a la necesidad detectada.
RF-09	Funciona 1	El sistema debe generar automáticamente un paquete de archivos operativos para proveedor.	Alta	Se genera <code>formatos_timestamp.zip</code> con archivos por ruta, pedido adicional y archivo de repartición de inventario.
RF-10	Funciona 1	El sistema debe permitir la carga del archivo de despacho devuelto por el proveedor para consolidar compras.	Alta	El usuario puede cargar <code>informe_entrega_en_preparacion.xlsx</code> y ejecutar el módulo de consolidación final.
RF-11	Funciona 1	El sistema debe generar un consolidado de inventario listo	Alta	Se generan <code>consolidado_timestamp.xlsx</code> y <code>consolidado_timestamp.csv</code> listos para

		para una sola entrada manual en el ERP.		precarga y registro manual único en el ERP.
RF-12	Funcional 1	El sistema debe generar un archivo de auditoría o trazabilidad del flujo procesado.	Media	Se genera <code>auditoria_timestamp.xlsx</code> con información verificable sobre el procesamiento ejecutado.
RNF-01	No funcional	La solución debe operar como portal web de uso controlado en ambiente de despliegue.	Alta	El portal se encuentra disponible y funcional en ambiente de ejecución controlado.
RNF-02	No funcional	La solución debe mantener coherencia y trazabilidad entre entradas, procesamiento y salidas.	Alta	El flujo deja evidencia documental mediante archivos de validación, salidas operativas y auditoría.
RNF-03	No funcional	La solución debe ser mantenible mediante una estructura modular y separación de responsabilidades.	Alta	La lógica de validación, generación de pedidos, consolidación y auditoría se encuentra organizada por componentes diferenciados.
RNF-04	No funcional	La solución debe procesar el flujo operativo diario con una reducción significativa del tiempo frente a la línea base.	Alta	En la muestra validada, el flujo completo se ejecuta entre 18 y 20 minutos aproximados.
RNF-05	No funcional	La solución debe permitir control de errores y continuidad del flujo solo cuando la entrada sea consistente.	Alta	El sistema detiene el avance ante inconsistencias críticas y evita procesamiento sobre datos inválidos.

Estos requerimientos mantienen correspondencia con el problema planteado, con la arquitectura funcional del portal y con la validación antes/después. Además, permiten conectar el desarrollo con atributos de calidad como mantenibilidad, control del flujo, consistencia de datos y trazabilidad, aspectos que la literatura reconoce como críticos cuando se diseñan soluciones de software orientadas a procesos estructurados y datos sensibles al error (Arias-Orezano et al., 2021; Martin, 2018).

Diseño de Prototipos

El diseño del prototipo se orientó a validar de manera visual y funcional la estructura del flujo automatizado antes de consolidar su implementación completa. A diferencia de un diseño centrado en aspectos estéticos, la propuesta se enfocó en la organización de vistas, la secuencia de uso, la minimización de errores de operación y la claridad sobre las entradas y salidas que debía manejar el auxiliar operativo. Por ello, el diseño se construyó a partir del recorrido real del proceso intervenido: validación de archivos, generación de pedidos, consolidación de compras y auditoría.

La primera vista diseñada correspondió al módulo de validaciones. En esta se concentró la carga de `pedidos.xlsx` y `rutas.xlsx`, así como la ejecución del primer control del flujo. Su finalidad era validar que el usuario dispusiera de un punto de entrada claro, donde la revisión de encabezados y consistencia pudiera ejecutarse antes de cualquier procesamiento posterior. En términos de usabilidad, esta vista debía impedir ambigüedad operativa y dejar visible que el flujo no debía continuar si se detectaban inconsistencias críticas.

La segunda vista se diseñó para el módulo de generación de pedidos. Allí se concentró la carga de `inventario.xlsx` y `materiales.xlsx`, junto con la lógica funcional asociada a

agrupación por ruta, conversión de unidades, uso del inventario existente, generación de pedido adicional y producción del paquete `formatos_timestamp.zip`. Desde la perspectiva del prototipo, esta vista debía validar que el flujo principal podía resolverse sin reconstrucciones manuales externas y que el usuario contaba con una secuencia coherente entre insumos, procesamiento y archivos generados.

La tercera vista correspondió al módulo de consolidación de compras. Su propósito funcional fue validar el cargue del archivo `informe_entrega_en_preparacion.xlsx` y la generación de `consolidado_timestamp.xlsx` y `consolidado_timestamp.csv`. El diseño de esta parte del prototipo debía confirmar que el usuario podía resolver la etapa final del proceso mediante una sola operación de consolidación, reduciendo la fragmentación del ingreso de inventario que caracterizaba el flujo manual original.

Finalmente, se planteó una salida documental asociada a auditoría, entendida no como un simple archivo accesorio, sino como una capacidad funcional del sistema para dejar trazabilidad del procesamiento. En conjunto, el diseño del prototipo buscó validar cuatro aspectos: coherencia del flujo, reducción de manipulación manual, claridad de navegación por módulos y correspondencia entre requerimientos, reglas de negocio y salidas operativas. Las evidencias visuales específicas del prototipo se encuentran previstas en los apéndices del trabajo, donde se documentan las capturas del módulo de carga, del reporte de validación, del procesamiento de salidas y del consolidado final para ERP.

Descripción de Módulos y Permisos por Rol

La estructura funcional del prototipo se organizó en cuatro módulos: validaciones, generar pedidos, consolidar compras y auditoría. Aunque el portal no se concibió como una plataforma multirol compleja, sí fue necesario distinguir qué actor interactúa directamente con

cada módulo y qué tipo de uso indirecto hacen otros actores del proceso. Esta distinción permite mantener coherencia entre el flujo operativo real, las necesidades de control y la evidencia generada por la herramienta.

Tabla 6

Módulos y permisos por rol

Módulo	Función principal	Rol	Permisos o acciones permitidas
Validaciones	Cargar pedidos y rutas, verificar encabezados y consistencia, generar resumen de validación	Auxiliar operativo	Cargar archivos, ejecutar validación, revisar inconsistencias, descargar resumen_timestamp.xlsx
Generar pedidos	Procesar inventario y materiales, agrupar pedidos por ruta, convertir unidades, consolidar pedido adicional y generar ZIP operativo	Auxiliar operativo	Cargar archivos, ejecutar procesamiento, descargar formatos_timestamp.zip, revisar salidas generadas
Consolidar compras	Cargar el archivo de despacho del proveedor y generar consolidado para una sola entrada manual en el ERP	Auxiliar operativo	Cargar archivo del proveedor, ejecutar consolidación, descargar consolidado_timestamp.xlsx y consolidado_timestamp.csv
Auditoría	Registrar y dejar evidencia documental del flujo procesado	Auxiliar operativo	Generar y descargar auditoria_timestamp.xlsx
Generar pedidos	Consultar la salida de repartición de inventario para apoyo a la operación del día siguiente	Usuario logístico	Uso indirecto del archivo de repartición generado en el ZIP
Consolidar compras	Usar el consolidado final como insumo para el ingreso de inventario en el ERP	Responsable de inventario	Uso indirecto de los archivos consolidados para la única entrada manual al ERP
Salidas para proveedor	Recibir y cargar archivos por ruta y pedido adicional	Proveedor	Uso externo de archivos generados por el sistema, sin acceso directo al portal

generados por el
portal

Esta organización confirma que el auxiliar operativo es el usuario directo del sistema y que los demás actores participan sobre las salidas generadas por el portal, lo cual es consistente con el alcance real del proyecto. La definición de módulos y permisos también se alinea con un diseño funcional desacoplado, donde cada componente atiende una responsabilidad específica y permite sostener mantenibilidad, verificabilidad y control del flujo (Martin, 2018; Pressman & Maxim, 2021).

Desarrollo e Implementación del Prototipo Funcional

La construcción del prototipo se abordó como una solución web interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados, centrada en automatizar el subproceso de preparación diaria de pedidos e ingreso de inventario sin sustituir el sistema base existente. En términos arquitectónicos, se priorizó una estructura modular en la que la lógica del dominio, el manejo de archivos, la generación de salidas y la trazabilidad documental pudieran mantenerse separadas y comprobables. Esta decisión es coherente con los principios de arquitectura orientados a proteger reglas de negocio, aislar dependencias y facilitar la evolución del sistema sin comprometer su consistencia interna (Martin, 2018; Arias-Orezano et al., 2021).

Desde el punto de vista tecnológico, el prototipo se implementó con un backend en Python, empleando Flask para el comportamiento web de la aplicación, Pandas para el procesamiento estructurado de datos, OpenPyXL para el manejo de archivos Excel, PostgreSQL en Neon para persistencia controlada de información operativa de un día, Gunicorn como servidor WSGI de producción, Render como ambiente de despliegue, python-dotenv para configuración del entorno y plantillas HTML con Jinja y Tailwind CSS para la presentación.

Este conjunto de herramientas resulta consistente con la naturaleza del problema, pues permite construir aplicaciones de procesamiento controlado de datos y flujos web de bajo acoplamiento, apropiadas para contextos donde las entradas y salidas dependen de archivos estructurados y reglas determinísticas de negocio (Vidal-Silva et al., 2021; Telemaco Neto et al., 2022).

La lógica del prototipo se desarrolló siguiendo el flujo real del proceso intervenido. En primer lugar, se implementó el módulo de validaciones, responsable de recibir `pedidos.xlsx` y `rutas.xlsx`, revisar la estructura de los archivos, detectar encabezados incorrectos, clientes sin ruta, pedidos duplicados y diferencias de conteo, y generar `resumen_timestamp.xlsx` como soporte verificable del resultado. Esta capa de validación reemplaza las verificaciones manuales repetidas del proceso original y establece una barrera de control previa al procesamiento operativo, alineada con el principio de calidad de datos como condición para la confiabilidad del flujo (Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022; Heguy et al., 2024).

En segundo lugar, se implementó el módulo de generación de pedidos. Este componente recibe `inventario.xlsx` y `materiales.xlsx`, agrupa pedidos por ruta, convierte cantidades a la unidad del proveedor, consolida faltantes en pedido adicional, distribuye primero el inventario existente y genera `formatos_timestamp.zip` con los archivos por ruta, el pedido adicional y el archivo de repartición. Desde la perspectiva funcional, este módulo concentra la mayor parte del valor del sistema, porque formaliza reglas de negocio que antes se resolvían manualmente mediante cruces, copias, pegados y conversiones externas.

En tercer lugar, se desarrolló el módulo de consolidación de compras. Este componente recibe `informe_entrega_en_preparacion.xlsx` y genera `consolidado_timestamp.xlsx` y `consolidado_timestamp.csv`, dejando listo el consolidado para una sola entrada manual en el ERP. Su implementación resuelve una de las restricciones operativas más importantes del

proceso original: la imposibilidad de consolidar automáticamente la respuesta del proveedor y la consecuente necesidad de realizar múltiples ingresos fragmentados.

En cuarto lugar, se implementó el módulo de auditoría, orientado a generar `auditoria_timestamp.xlsx` como evidencia de trazabilidad del procesamiento ejecutado. Esta capacidad cumple una doble función: por una parte, fortalece el control documental del flujo; por otra, permite sostener la evaluación del proyecto con evidencia verificable sobre entradas, procesamiento y salidas. En conjunto, los cuatro módulos expresan una estructura funcional centrada en datos, interoperabilidad y control del proceso, más que en la complejidad transaccional típica de otros sistemas empresariales.

Como controles de implementación se consideraron validaciones previas al procesamiento, manejo de errores, generación de salidas verificables, separación por módulos y registros documentales de cada etapa del flujo. La organización del trabajo se mantuvo coherente con una lógica incremental de análisis, diseño, implementación y pruebas, sin necesidad de abrir subsecciones extensas sobre backlog o ceremonias. En consecuencia, el desarrollo del prototipo funcional se concentró en construir un sistema mantenible, verificable y alineado con el problema real de la organización, más que en documentar administrativamente una metodología ágil.

Tabla 7
Componentes implementados del prototipo

Componente	Función	Estado o evidencia de implementación
Módulo de validaciones	Verificar encabezados y consistencia de entradas; generar resumen de validación	Implementado; genera <code>resumen_timestamp.xlsx</code>
Módulo de generación de pedidos	Agrupar pedidos, convertir unidades, usar inventario	Implementado; genera <code>formatos_timestamp.zip</code>

	existente y generar paquete operativo	
Módulo de consolidación de compras	Consolidar respuesta del proveedor para una sola entrada manual en el ERP	Implementado; genera consolidado_timestamp.xlsx y consolidado_timestamp.csv
Módulo de auditoría	Dejar trazabilidad documental del flujo procesado	Implementado; genera auditoria_timestamp.xlsx
Portal web desplegado	Proveer acceso controlado al flujo operativo posterior al cierre de ventas	Implementado; evidencia de despliegue en Render

Pruebas y Validación del Prototipo Funcional

La validación del prototipo se diseñó para verificar tanto el comportamiento funcional de los módulos como la capacidad del sistema para mejorar el flujo frente a la línea base del proceso manual. En coherencia con la metodología del proyecto, se aplicó una validación técnica, funcional y comparativa sobre una muestra de seis días de operación, usando cinco datasets por día. La comparación principal se centró en tiempo total del proceso, errores operativos, reprocesos, consistencia de las salidas y trazabilidad documental del flujo.

Las pruebas se estructuraron sobre casos representativos del comportamiento real del sistema. En el módulo de validaciones se verificó la detección de encabezados incorrectos, clientes sin ruta, duplicidades y diferencias de conteo. En el módulo de generación de pedidos se evaluó la agrupación por ruta, la conversión de unidades, la consolidación de pedido adicional, la repartición de inventario y la generación del paquete operativo. En el módulo de consolidación de compras se comprobó la generación del consolidado final listo para una sola entrada manual en el ERP. Finalmente, en auditoría se verificó la generación de evidencia documental del flujo ejecutado. La cobertura se completó con una prueba de flujo integral antes/después, en la que se contrastó el desempeño del portal frente a la línea base del proceso manual.

Tabla 8
Pruebas y validación del prototipo funcional

Caso o prueba	Objetivo	Entrada o escenario	Resultado esperado	Evidencia o criterio de verificación
CP-01 Validación de estructura de archivos	Verificar que el sistema controle encabezados y estructura mínima de entradas	Carga de pedidos.xlsx y rutas.xlsx	El sistema detecta inconsistencias de estructura y genera reporte de validación	resumen_timestamp.xlsx, capturas del módulo, revisión funcional
CP-02 Validación de consistencia operativa	Verificar detección de clientes sin ruta, duplicidades y diferencias de conteo	Escenario con posibles inconsistencias en pedidos y rutas	El sistema identifica inconsistencias y no permite continuar si comprometen el flujo	Reporte de validación, control de avance del proceso
CP-03 Generación de pedidos por ruta	Verificar agrupación de pedidos y producción de salidas por ruta	Carga de inventario y materiales con datos válidos	El sistema agrupa pedidos, genera archivos por ruta y consolida pedido adicional	formatos_timestamp.zip, revisión de archivos generados
CP-04 Conversión y uso de inventario	Verificar conversión a unidad del proveedor y distribución del inventario existente	Escenario operativo con materiales e inventario disponible	El sistema aplica reglas de conversión y reparte inventario según orden numérico de ruta	Archivo de repartición, revisión funcional, consistencia de salidas

CP-05 Consolidación de compras	Verificar generación de consolidado final para ERP	Carga de informe_entrega_en_preparacion.xlsx	El sistema produce consolidado en XLSX y CSV para una sola entrada manual	consolidado_timest amp.xlsx, consolidado_timest amp.csv, prueba de precarga
CP-06 Auditoría del flujo	Verificar generación de evidencia documental del procesamiento	Ejecución completa del portal	El sistema genera archivo de auditoría con trazabilidad del flujo	auditoria_timestam p.xlsx
CP-07 Flujo integral antes/después	Verificar comportamiento global del portal y su impacto frente a la línea base	Muestra de seis días con cinco datasets por día	El sistema ejecuta el flujo completo y permite comparar tiempo, errores y reprocesos frente al proceso manual	Tabla comparativa antes/después, protocolo de pruebas y soportes del proceso

La cobertura de pruebas se diseñó para abarcar tanto escenarios representativos como fallos previsibles de entrada, de manera que la validación del prototipo no dependiera únicamente de casos ideales. Asimismo, la comparación antes/después se asumió como el mecanismo principal para demostrar el aporte del sistema sobre el problema planteado, mientras que las capturas del portal, los reportes de validación, los archivos de entrada y salida y los registros de ejecución constituyen la evidencia documental de verificación. De esta manera, la validación del prototipo funcional mantiene coherencia con la línea base, con los resultados esperados y con el carácter aplicado del trabajo.

Matriz de Trazabilidad del Proyecto

La matriz de trazabilidad relaciona los objetivos específicos con las actividades de desarrollo, los productos o evidencias generadas y los indicadores o criterios de verificación que permiten comprobar el cumplimiento del proyecto. Su finalidad es demostrar que existe correspondencia entre lo que se propone, lo que se implementa y la forma en que se valida el resultado, evitando que la sección de desarrollo del prototipo quede aislada del resto del documento.

Tabla 9

Matriz de trazabilidad del proyecto

Objetivo específico	Actividades asociadas	Producto o evidencia	Indicador o criterio de verificación	Instrumento de validación
Analizar y documentar el proceso actual de preparación de pedidos al proveedor e ingreso de inventario en la Distribuidora 1, estableciendo la línea base de tiempos, errores y reprocesos mediante levantamiento funcional y medición operativa.	Levantamiento del proceso “antes”, identificación de actores, entradas, salidas, fallas y tiempos; consolidación de hoja de tiempos y movimientos	Descripción del sistema actual, línea base cuantitativa, mapa funcional del proceso intervenido	Existencia de línea base documentada con tiempos, errores y reprocesos del proceso manual	Hoja de tiempos y movimientos, documento de análisis del sistema
Diseñar la arquitectura funcional y técnica del portal web para la validación de datos, la	Definición de requerimientos, diseño de módulos, flujos, vistas y reglas de negocio	Tabla de requerimientos, descripción de módulos y permisos, diseño funcional del prototipo	Coherencia entre requerimientos, módulos y flujo operativo del portal	Tabla de requerimientos, esquema funcional, revisión del diseño

agrupación de pedidos por ruta, la conversión de unidades, el uso del inventario existente y la consolidación del despacho del proveedor, verificando su coherencia con los requerimientos del proceso.

Desarrollar e implementar el portal web interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados para automatizar la carga, validación y procesamiento de la información operativa, verificando la generación correcta de archivos de salida y del consolidado de inventario.

Validar y evaluar el funcionamiento de la solución mediante pruebas funcionales y comparación antes/después frente a la línea base, midiendo tiempo total del proceso, errores operativos, reprocesos y consistencia de

Implementación de componentes de carga, validación, procesamiento, generación de salidas y consolidación para ERP; despliegue del portal

Diseño y ejecución del protocolo de pruebas, revisión de casos de prueba, comparación antes/después, consolidación de evidencias

Prototipo funcional desplegado, archivos por ruta, pedido adicional, archivo de repartición y consolidado para ERP

Tabla de pruebas, tabla comparativa antes/después, reportes de validación, apéndices de evidencia

Generación verificable de salidas sin reconstrucción manual y funcionamiento del flujo principal en ambiente de uso

Cumplimiento de criterios de aceptación del sistema y comparación medible frente a la línea base

Capturas del portal, archivos de salida, evidencias de despliegue

Protocolo de pruebas, tabla comparativa, reportes, archivos de entrada y salida

los resultados
generados.

La trazabilidad presentada confirma que cada objetivo específico se encuentra vinculado a actividades concretas de desarrollo y validación, y que los productos generados permiten verificar de forma explícita el avance y el cumplimiento del proyecto. En consecuencia, la sección de desarrollo del prototipo funcional no queda aislada del resto del documento, sino conectada con el problema, la metodología, los resultados esperados y la evaluación final del caso aplicado.

Análisis e Interpretación de Resultados

Resultados de la Validación Comparativa

La validación del proyecto se sustentó en una muestra de seis días de operación, utilizando cinco datasets por día correspondientes a pedidos, rutas, inventario, materiales e informe de entrega en preparación. La comparación se realizó frente a la línea base del proceso manual, tomando como soporte la hoja de tiempos y movimientos, la bitácora de ejecución de pruebas, la tabla comparativa antes/después, los archivos de salida generados por el portal y los criterios de aceptación definidos para el caso aplicado. Las variables observadas fueron tiempo total del proceso, errores operativos, reprocesos, validación de inconsistencias, generación de archivos para proveedor, consolidación para ERP, trazabilidad del flujo y carga manual remanente.

Tabla 10

Resultados de la validación comparativa

Indicador	Línea base (“antes”)	Resultado observado (“después”)	Fuente o forma de verificación	Observación
Tiempo total del proceso	Entre 1 h 30 min y 2 h por ciclo, con posibilidad de hasta 2 h adicionales por reproceso	Entre 18 y 20 minutos aproximados por ciclo, con promedio observado de 19 minutos	Hoja de tiempos y movimientos, bitácora de validación y comparación antes/después	La reducción se sostuvo dentro del rango definido para la muestra validada
Errores operativos	4 errores registrados en una semana de observación	No se registraron incidentes en los 6 días evaluados	Conteo de incidentes, bitácora de pruebas y verificación funcional del flujo	La muestra validada no presentó eventos equivalentes a conversión incorrecta, cliente sin ruta,

Reprocesos	Posibles retrasos de hasta 2 horas adicionales por corrección	No se registraron reprocesos durante los 6 días	Bitácora de ejecución y validación del flujo completo	<p>duplicidad o inventario mal ingresado</p> <p>La validación previa del portal evitó correcciones posteriores sobre el mismo ciclo</p>
Validación de inconsistencias de entradas	Dependiente de revisión manual reiterada	Validación automática previa con reporte de inconsistencias y control del avance del flujo	resumen_timestamp.xlsx, capturas del módulo y revisión funcional	<p>El sistema detecta encabezados incorrectos, clientes sin ruta, pedidos duplicados y diferencias de conteo antes de continuar</p>
Generación de archivos para proveedor	Requiere ingreso repetido al ERP por ruta, descargas múltiples y consolidación manual	Generación automática de archivos por ruta, pedido adicional y repartición de inventario	formatos_timestamp.zip y revisión operativa de archivos generados	<p>La salida queda lista para cargue sin reconstrucción manual del paquete operativo</p>
Consolidación para ERP	El archivo del proveedor debe dividirse manualmente y registrarse por ruta o pedido	Generación automática de consolidado listo para una sola entrada manual en el ERP	consolidado_timestamp.xlsx, consolidado_timestamp.csv y validación de precarga	<p>El sistema no elimina la entrada manual final, pero reduce múltiples ingresos a uno solo</p>
Cantidad de ingresos de inventario en ERP	Múltiples entradas, una por pedido o ruta	Una sola entrada manual consolidada por día	Comparación funcional del procedimiento antes/después	<p>Se reduce carga administrativa y riesgo de asociación incorrecta de archivos</p>

Trazabilidad del flujo	Baja trazabilidad por transformaciones manuales dispersas y salidas fragmentadas	Trazabilidad fortalecida mediante validación, salidas controladas y auditoría	resumen_timestamp.xlsx, auditoria_timestamp.xlsx, archivos generados y bitácora	El flujo deja evidencia verificable de entradas, procesamiento y resultados
Carga manual remanente	Alta dependencia de cruces, copias, pegados, conversiones y separación manual de archivos	Dependencia manual reducida a la descarga inicial de archivos y a la única entrada final en ERP	Comparación funcional del proceso y revisión de actividades remanentes	El núcleo del procesamiento quedó automatizado, aunque persiste una acción manual final por restricción del ERP

En términos generales, los resultados observados muestran un comportamiento consistente del portal durante la muestra validada. La ejecución del flujo se mantuvo dentro del rango previsto, no se registraron incidentes ni reprocesos y las salidas operativas fueron generadas de forma coherente con la lógica funcional definida para la solución.

Interpretación de los Resultados

Los resultados obtenidos indican que la mejora más significativa del proyecto se produjo sobre el tiempo total del proceso. El cambio desde una ventana manual entre 90 y 120 minutos, con posibilidad de prolongarse hasta 120 minutos adicionales por reprocesos, hacia una operación automatizada entre 18 y 20 minutos implica una transformación sustancial de la carga operativa diaria. Esta mejora no debe interpretarse únicamente como ahorro de tiempo, sino como una reducción del número de puntos de intervención humana sobre el flujo, lo cual disminuye la exposición del proceso a errores de manipulación, omisiones y duplicidades.

Desde la dimensión operativa, la reducción del tiempo está directamente relacionada con la eliminación de tareas repetitivas y manuales que antes concentraban retrasos, como la validación reiterada de clientes por ruta, el ingreso al ERP por cada carro, la consolidación del pedido adicional y la fragmentación del ingreso de inventario. En el flujo validado, estas actividades quedaron sustituidas por una secuencia más estable compuesta por validación automática, procesamiento controlado y generación directa de salidas. Esto significa que el portal no solo acelera el proceso, sino que reestructura la ejecución diaria de manera más predecible y menos dependiente de revisión manual intensiva.

Desde la dimensión tecnológica, los resultados confirman que la interoperabilidad mediante archivos Excel estructurados fue suficiente para resolver el subproceso intervenido sin modificar el núcleo del ERP. La validación previa de inconsistencias, la generación automática de archivos para proveedor y la consolidación final para ERP muestran que la solución logró alinear entradas, reglas de negocio y salidas operativas dentro de un flujo verificable. Este hallazgo es relevante porque coincide con la idea de que la interoperabilidad no depende solo de conectar sistemas, sino de alinear el significado operativo de los datos, las reglas del proceso y la coordinación entre actores (Liu et al., 2020). Asimismo, la relación observada entre validación de entradas y estabilidad del flujo respalda el planteamiento de que interoperabilidad y calidad de datos deben tratarse de forma acoplada cuando el proceso depende de múltiples fuentes estructuradas (Heguy et al., 2024).

Desde la dimensión administrativa y organizacional, la disminución de errores e inexistencia de reprocesos en la muestra validada fortalecen el control del subproceso y reducen la dependencia del cuidado individual del auxiliar operativo. Antes de la intervención, una parte importante del control recaía en la revisión manual de fórmulas, en la repetición de validaciones

y en la reconstrucción de archivos. Después de la implementación, el sistema establece reglas explícitas de validación, consolida la información operativa y deja evidencia documental del flujo. En consecuencia, el control deja de basarse principalmente en vigilancia manual y se apoya en reglas de sistema, lo cual incrementa la confiabilidad del proceso y mejora su trazabilidad organizacional.

Desde la dimensión analítica y de control, la generación de reportes de validación, archivos operativos estructurados, consolidados finales y archivo de auditoría fortalece la disponibilidad de información verificable sobre lo ocurrido en cada ejecución. Esto es relevante porque en el estado inicial el proceso producía salidas fragmentadas y transformaciones poco trazables, lo que dificultaba la revisión posterior y el seguimiento histórico. En contraste, el flujo automatizado deja evidencia suficiente para sostener comparaciones, reconstruir el procesamiento y respaldar el control del subproceso. Este comportamiento es coherente con el planteamiento de que la calidad de la información condiciona la utilidad del dato para el control y la toma de decisiones, especialmente en procesos organizacionales con múltiples transformaciones y dependencias operativas (Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022).

En síntesis, la interpretación de los resultados permite sostener que el aporte principal del proyecto fue transformar un flujo manual, fragmentado y propenso al reproceso en un flujo automatizado, controlado y documentado. La reducción del tiempo total, la ausencia de incidentes en la muestra validada, la eliminación de reprocesos y el fortalecimiento de la trazabilidad no constituyen hallazgos aislados, sino efectos complementarios de una misma intervención: sustituir manipulación manual por validación automática, reglas de negocio explícitas y generación controlada de salidas.

Cumplimiento de Criterios de Aceptación

La evaluación de criterios de aceptación se realizó contrastando las condiciones esperadas del sistema con los resultados observados durante la muestra validada. Para efectos de esta sección, se privilegia una formulación defendible basada en evidencia y no en afirmaciones absolutas desvinculadas de la validación formal del caso aplicado.

Tabla 11

Cumplimiento de criterios de aceptación

Criterio de aceptación	Valor o condición esperada	Resultado observado	Cumple / No cumple / Cumplimiento parcial	Evidencia o justificación
Tiempo total del proceso	Máximo 20 minutos promedio en la muestra validada	Flujo entre 18 y 20 minutos, con promedio observado de 19 minutos	Cumple	Bitácora de validación, hoja de tiempos y movimientos y comparación antes/después
Errores operativos	No presentar incidentes operativos durante la muestra validada	No se registraron incidentes en los 6 días evaluados	Cumple	Bitácora de pruebas y verificación funcional del flujo
Reprocesos	No presentar reprocesos durante la muestra validada	No se registraron reprocesos durante los 6 días	Cumple	Bitácora de ejecución y contraste con línea base
Detección de inconsistencias de entrada	Identificar inconsistencias críticas antes de continuar el flujo	El sistema valida encabezados, clientes sin ruta, pedidos duplicados y diferencias de conteo antes del procesamiento	Cumple	resumen_timestamp.xlsx, revisión funcional y control de avance del flujo

Generación correcta de archivos para proveedor	Producir archivos operativos sin reconstrucción manual previa	El sistema genera archivos por ruta, pedido adicional y repartición en formatos_timestamp.zip	Cumple	Revisión funcional de salidas y aceptación operativa del formato
Consolidación para ERP	Dejar listo un consolidado o para una sola entrada manual en el ERP	El sistema genera consolidado_timestamp.xlsx y consolidado_timestamp.csv listos para precarga y registro final	Cumple	Archivos consolidados y validación de precarga/carga en ERP
Trazabilidad del flujo	Sustentar el proceso mediante reportes, archivos generados y auditoría	El flujo deja reporte de validación, salidas operativas, consolidado final y archivo de auditoría	Cumple	resumen_timestamp.xlsx, auditoria_timestamp.xlsx, archivos generados y bitácora

La evaluación muestra que los criterios de aceptación definidos para el caso aplicado fueron alcanzados dentro de la muestra validada. El cumplimiento más relevante se observa en la estabilidad del tiempo total del flujo y en la ausencia de incidentes y reprocesos, mientras que los criterios de detección de inconsistencias, generación de archivos y trazabilidad refuerzan que la solución no solo fue rápida, sino también controlada y verificable.

Alcances y Limitaciones de los Resultados

Los resultados obtenidos tienen un alcance claro y defendible dentro del caso aplicado. Se sostienen sobre una muestra de seis días de operación con cinco datasets por día y sobre la validación del flujo completo del portal, que comprende validaciones, generación de pedidos, consolidación de compras y auditoría. En consecuencia, sí puede afirmarse con suficiencia que,

para la muestra evaluada, el proyecto redujo de forma medible el tiempo total del proceso, eliminó los reprocesos observados en la línea base, no registró incidentes operativos y fortaleció la trazabilidad del subproceso intervenido.

Sin embargo, la interpretación de estos resultados debe reconocer varias limitaciones. La primera es metodológica: la validación formal se circunscribe al caso aplicado en la Distribuidora 1 y a una muestra operativa delimitada, por lo que no constituye una generalización estadística amplia para otros contextos. La segunda es operativa: aunque el portal automatiza el núcleo del procesamiento, persiste una acción manual final de ingreso consolidado al ERP, derivada de una restricción del sistema base y no de una falla del prototipo. La tercera es técnica: el comportamiento del portal depende de la disponibilidad y consistencia de los archivos exportados desde el ERP y del archivo devuelto por el proveedor, por lo que cambios futuros en estructura o calidad de entrada pueden requerir ajustes en las reglas de validación o procesamiento.

También debe reconocerse una limitación documental. Aunque el trabajo cuenta con línea base, criterios de aceptación, comparativos, archivos de salida y bitácora de pruebas, la evidencia visual correspondiente se encuentra en los apéndices. Esta condición no invalida los resultados, pero sí implica que la sustentación final del documento se completa con esos soportes gráficos para fortalecer su verificabilidad académica.

Finalmente, existe evidencia contextual de funcionamiento del portal en seis distribuidoras. No obstante, esta información debe interpretarse únicamente como soporte complementario de operación real y no como sustituto de la validación formal del caso aplicado. Reconocer este límite fortalece la honestidad metodológica del trabajo, pues permite distinguir entre lo que ha sido evaluado sistemáticamente dentro del proyecto y lo que se presenta solo

como referencia contextual de uso. En consecuencia, los resultados sí son defendibles para el subproceso intervenido en la Distribuidora 1 y para la muestra validada, pero su extrapolación a otros contextos debe hacerse con prudencia y sin desbordar el alcance real del estudio.

Conclusiones

El proyecto permitió atender de manera efectiva el problema central identificado en la Distribuidora 1, consistente en la alta dependencia de manipulaciones manuales para preparar pedidos al proveedor y registrar inventario a partir de archivos exportados desde el ERP. La comparación antes/después mostró que el tiempo total del proceso pasó de una ventana entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas, con posibilidad de hasta 2 horas adicionales por reprocesos, a una ejecución entre 18 y 20 minutos, con promedio observado de 19 minutos. De forma concurrente, los errores operativos registrados en la línea base pasaron de 4 incidentes en una semana a 0 incidentes en los 6 días evaluados, y los reprocesos dejaron de presentarse en la muestra validada. En consecuencia, la conclusión principal del trabajo es que la intervención sí logró transformar un subproceso fragmentado, repetitivo y vulnerable a errores en un flujo más controlado, rápido y verificable, con una mejora especialmente marcada en la reducción del tiempo total del ciclo y en la disminución de la carga manual crítica.

A partir de estos resultados, se concluye que el objetivo general del proyecto se cumplió dentro del alcance definido, dado que se implementó un portal web interoperable con el ERP mediante archivos Excel estructurados y se validó su capacidad para reducir tiempo total, errores y reprocesos frente a la línea base. De igual manera, los objetivos específicos se materializaron de forma coherente a lo largo del trabajo: se analizó y documentó el proceso actual mediante levantamiento funcional y medición operativa; se diseñó una arquitectura funcional y técnica alineada con los requerimientos del flujo intervenido; se desarrolló e implementó el portal con módulos de validación, generación de pedidos, consolidación de compras y auditoría; y finalmente se evaluó su funcionamiento mediante pruebas funcionales y comparación antes/después sobre la muestra validada. Por tanto, el trabajo no solo formuló una solución

técnicamente pertinente, sino que la llevó a implementación y validación con evidencia suficiente para sostener su cumplimiento en el caso aplicado.

También se concluye que el aporte del proyecto trasciende la simple automatización de tareas aisladas, porque la solución articula interoperabilidad, validación de datos, trazabilidad documental y arquitectura modular en un contexto operativo real. Desde el plano técnico, el portal demostró que es posible integrar el ERP y los archivos operativos externos mediante reglas explícitas de validación y procesamiento, sin sustituir el sistema base. Desde el plano operativo y organizacional, la generación automática de archivos para proveedor, el consolidado único para ERP y el archivo de auditoría fortalecieron el control del flujo, redujeron la fragmentación del proceso y mejoraron la disponibilidad de información para su seguimiento. En términos disciplinares, el trabajo confirma que principios como la calidad de datos, la interoperabilidad y el diseño desacoplado aportan valor verificable cuando se traducen en soluciones aplicadas sobre procesos críticos de negocio, especialmente en escenarios donde la continuidad operativa depende de la consistencia y trazabilidad de la información (Heguy et al., 2024; Piedrahita Mazo & Montoya Quintero, 2022; Martin, 2018).

Finalmente, las conclusiones de este trabajo deben interpretarse dentro del alcance real del estudio. La validación académica formal se sostiene sobre el caso aplicado de la Distribuidora 1, sobre una muestra de seis días y sobre el flujo efectivamente intervenido: validación de archivos, generación de pedidos por ruta, consolidación de compras y auditoría del proceso. Por ello, lo que puede afirmarse con suficiencia es que la solución fue eficaz para el subproceso evaluado y para las condiciones operativas observadas, pero no que sustituya totalmente el ERP ni que sus resultados puedan extrapolarse de forma automática a cualquier otro contexto sin ajustes funcionales y nueva validación. Asimismo, aunque existe evidencia

contextual complementaria de uso del portal en seis distribuidoras, esta no reemplaza la validación principal del caso aplicado. En ese sentido, el proyecto deja una conclusión académicamente sólida: la automatización interoperable del subproceso intervenido fue viable, verificable y útil para reducir tiempo, errores y reprocesos, pero su interpretación debe mantenerse delimitada al alcance, a la muestra y a las condiciones reales bajo las cuales fue implementado y validado.

Referencias

- Arias-Orezano, J. F., Reyna-Barreto, B. D., & Mamani-Apaza, G. (2021). Repercusión de arquitectura limpia y la norma ISO/IEC 25010 en la mantenibilidad de aplicativos Android. *TecnoLógicas*, 24(52), 226–241. <https://doi.org/10.22430/22565337.2104>
- Castillo-Estrada, C. M., Cancino-Villatoro, K., Álvarez Oval, L. A., & Vázquez de la Cruz, A. (2026). Automatización robótica e inteligente de procesos. Una revisión sistemática de literatura: Avances, retos y oportunidades. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 14(33), 1–17. <https://doi.org/10.36825/RITI.14.33.001>
- Cerna Sangay, K., Cervera Ascurra, A., Cueva Calua, Y., Navarro Torrejón, M., & Suárez Burgos, J. (2024). Aplicación de un sistema ERP y tablas de control para el producto BIOPOPS. In M. M. Larrondo Petrie & J. Texier (Eds.), *Sustainable engineering for a diverse, equitable, and inclusive future at the service of education, research, and industry for a Society 5.0: Proceedings of the 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2024)*. Fundación LACCEI. https://laccei.org/LACCEI2024-CostaRica/papers/Contribution_1500_final_a.pdf
- Downey, A., Elkner, J., & Meyers, C. (2009). *Introducción a la programación con Python* (A. Becerra Sandoval, Trad. y adapt.). Sello Editorial Javeriano. (Trabajo original publicado en 2002).
- González Castaño, O. L., Noguera Fajardo, R. D., & Caicedo Vallejo, C. A. (2008). *Automatización de los procesos logísticos operativos de la empresa Mundial Logistics Service regional Pasto* [Trabajo de especialización, Universidad de Nariño]. Repositorio Institucional de la Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/12455/>

- Heguy, X., Tazi, S., Zacharewicz, G., & Ducq, Y. (2024). Tracking interoperability and data quality: A methodology with BPMN 2.0 extensions and performance evaluation. *Modelling*, 5(3), 797–818. <https://doi.org/10.3390/modelling5030042>
- Hongsakul, B., Lalaeng, C., & Ingard, A. (2025). Digital transformation in the logistics industry: An evidence-based synthesis of logistics activity. *TPM – Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology*, 32(2), 1081–1097. <https://tpmap.org/submission/index.php/tpm/article/view/1647>
- Liu, L., Li, W., Aljohani, N. R., Lytras, M. D., Hassan, S.-U., & Nawaz, R. (2020). A framework to evaluate the interoperability of information systems: Measuring the maturity of the business process alignment. *International Journal of Information Management*, 54, 102153. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102153>
- Lusende André, N. A., & Cruz Acosta, R. (2025). Impacto de la investigación operativa en la mejora de la eficiencia logística de las empresas en Benguela. *Ingeniería Industrial*, 48, 15–38. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2025.n48.7411>
- Madakam, S., Holmukhe, R. M., & Jaiswal, D. K. (2019). The future digital work force: Robotic process automation (RPA). *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, 16, e201916001. <https://doi.org/10.4301/S1807-1775201916001>
- Martin, R. C. (2018). *Arquitectura limpia: Guía para especialistas en la estructura y el diseño de software* (Á. Montero Marín, Trad.). Anaya Multimedia. (Trabajo original publicado en 2017).
- Piedrahita Mazo, A., & Montoya Quintero, D. (2022). Evaluación de la calidad de la información en las organizaciones, a través de herramientas tecnológicas. *SIGNOS, Investigación en Sistemas de Gestión*, 14(2). <https://doi.org/10.15332/24631140.7785>

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2021). *Ingeniería de software: Un enfoque práctico* (9.^a ed.). McGraw-Hill.

Sánchez, G. (2023). Principios SOLID en la automatización de pruebas de software para interfaces de usuario web con Selenium WebDriver y Java. *Revista Politécnica de Aguascalientes*, 2(2), 1–8. <https://revistapolitecnicaags.upa.edu.mx/wp-content/uploads/2023/12/V2116-.pdf>

Sarache Castro, W. A., & Morales Chávez, M. M. (2016). Localización, transporte e inventarios: Tres decisiones estructurales en el diseño de cadenas de abastecimiento. Universidad Nacional de Colombia.

Siderska, J., Aunimo, L., Süße, T., von Stamm, J., Kedziora, D., & Mohd Aini, S. N. B. (2023). Towards intelligent automation (IA): Literature review on the evolution of robotic process automation (RPA), its challenges, and future trends. *Engineering Management in Production and Services*, 15(4), 90–103. <https://doi.org/10.2478/emj-2023-0030>

Silvera Escudero, R. E. (2024). Diseño de modelos de negocio automatizado en la logística perspicaz para centros de distribución digitalizados. *Revista Científica Quántica*, 4(2). <https://doi.org/10.56747/rcq.v4i2.82>

Sommerville, I. (2021). *Software engineering* (10th ed.). Pearson.

Telemaco Neto, U., Oliveira, T., Pillat, R., Alencar, P., Cowan, D., & Melo, G. (2022). AKIP process automation platform: A framework for the development of process-aware web applications. In *Proceedings of the 18th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST 2022)* (pp. 64–74). SCITEPRESS. <https://doi.org/10.5220/0011550000003318>

Vidal-Silva, C. L., Sánchez-Ortiz, A., Serrano, J., & Rubio, J. M. (2021). Experiencia académica en desarrollo rápido de sistemas de información web con Python y Django. *Formación Universitaria*, 14(5), 85–94. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000500085>

Apéndices

Apéndice A

Análisis DOFA Ejecutivo del Proyecto

El presente apéndice incorpora una síntesis estratégica del proyecto con el propósito de complementar la comprensión del caso aplicado desde una perspectiva técnica y de viabilidad. Su valor dentro del trabajo radica en mostrar, de forma ejecutiva, las condiciones internas y externas que influyen en la implementación, validación y proyección del portal interoperable desarrollado para la Distribuidora 1.

Tabla 12

Matriz DOFA ejecutiva del proyecto

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Automatiza un subproceso crítico de pedidos e inventario que antes dependía de cruces manuales, conversiones y reprocesos.	Posibilita replicar la lógica de automatización en otras distribuidoras con flujos operativos equivalentes.	El flujo aún conserva la descarga inicial de archivos y una entrada manual final al ERP.	Cambios no controlados en la estructura de archivos exportados por el ERP o por el proveedor pueden afectar la operación del portal.
Integra validación, generación de archivos operativos, consolidación para ERP y auditoría en una sola solución web.	Favorece futuras mejoras de mantenibilidad, trazabilidad y control sobre otros procesos afines.	La validación académica formal se circunscribe al caso aplicado y a una muestra operativa delimitada.	Variaciones en reglas del proveedor o en criterios operativos pueden exigir ajustes funcionales del sistema.
Mejora la trazabilidad del flujo mediante archivos verificables de validación, consolidación y auditoría.	Permite fortalecer estandarización y control documental del proceso intervenido.	La solución no sustituye completamente el ERP ni automatiza otros subprocesos externos al alcance definido.	La continuidad del funcionamiento depende de disponibilidad del entorno web y de conectividad operativa.
Reduce tiempo, errores y reprocesos frente a la línea base del proceso manual.	Consolida una base técnica para evolución incremental del	La solución depende de la calidad de los datos de entrada para	El uso paralelo de prácticas manuales puede limitar la

sistema sin reemplazar el sistema base.	operar correctamente.	adopción disciplinada del flujo automatizado.
---	--------------------------	--

Nota. Elaboración propia con base en el problema, el alcance, los resultados comparativos y el estado implementado del proyecto.

En conjunto, el análisis DOFA permite interpretar el proyecto no solo como una solución puntual de software, sino como una intervención técnicamente viable sobre un subproceso de alta recurrencia, con beneficios verificables y con proyección de uso controlado dentro del contexto real de la organización.

Apéndice B

Tabla Comparativa antes/después del Proceso Intervenido

La siguiente comparación sintetiza de forma verificable la diferencia entre el proceso manual inicial y el flujo automatizado con portal. La formulación conserva los mismos indicadores utilizados en la línea base, en la validación comparativa y en los criterios de aceptación definidos para el caso aplicado.

Tabla 13

Comparación antes/después del proceso intervenido

Indicador	Antes	Después	Forma de verificación	Observación
Tiempo total del proceso	Entre 1 h 30 min y 2 h por ciclo, con posibilidad de hasta 2 h adicionales por reproceso	Entre 18 y 20 minutos por ciclo, con promedio observado de 19 minutos	Hoja de tiempos y movimientos, bitácora de validación y comparación antes/después	La mejora se sostuvo dentro del criterio de aceptación definido para la muestra validada
Errores operativos	4 errores registrados en una semana	0 incidentes en los 6 días evaluados	Conteo de incidentes, bitácora de pruebas y verificación funcional	Los errores previos correspondían a conversión incorrecta, cliente sin ruta, duplicidad e inventario mal ingresado
Reprocesos	Posibles retrasos de hasta 2 horas adicionales por corrección	No se registraron reprocesos durante los 6 días	Bitácora de ejecución y validación del flujo completo	La validación previa evitó correcciones posteriores sobre el mismo ciclo

Validación de inconsistencias de entrada	Dependiente de revisión manual reiterada	Validación automática previa con generación de resumen_timestamp.xlsx	Reporte de validación y control de avance del flujo	Detecta encabezados incorrectos, clientes sin ruta, pedidos duplicados y diferencias de conteo
Generación de archivos para proveedor	Requiere ingreso repetido al ERP, descargas múltiples y consolidación manual	Generación automática de archivos por ruta, pedido adicional y repartición de inventario en formatos_timestamp.zip	Revisión funcional de salidas y aceptación operativa del formato	La salida queda lista sin reconstrucción manual previa
Consolidación de inventario para ERP	Exige dividir manualmente el archivo del proveedor por rutas o pedidos	Generación automática de consolidado_timestamp.xlsx y consolidado_timestamp.csv	Archivos consolidados y validación de precarga/carga en ERP	El consolidado queda listo para una sola entrada manual
Cantidad de ingresos de inventario en ERP	Múltiples entradas por ruta o pedido	Una sola entrada manual consolidada por día	Contraste del flujo antes/después	Se reduce la fragmentación operativa del registro
Trazabilidad del flujo	Baja y fragmentada	Sustentada por reporte de validación, archivos generados, consolidado y auditoría	resumen_timestamp.xlsx, auditoria_timestamp.xlsx, archivos generados y bitácora	El flujo queda mejor documentado y verificable
Dependencia de manipulación manual	Alta	Reducida a descarga inicial de archivos y entrada final consolidada en ERP	Observación funcional y análisis comparativo	El sistema no elimina totalmente la intervención humana, pero la reduce al mínimo definido en el alcance

Nota. Elaboración propia con base en la línea base oficial, la tabla de validación comparativa y la bitácora consolidada de ejecución.

Apéndice C.

Resumen del Protocolo de Pruebas Funcionales y de Integración

El protocolo de pruebas se diseñó para verificar tanto el comportamiento funcional de los módulos como la capacidad del portal para mejorar el flujo frente a la línea base del proceso manual. La cobertura se estructuró sobre pruebas representativas del sistema y sobre una validación integral antes/después sustentada en una muestra de seis días con cinco datasets por jornada.

Tabla 14

Resumen del protocolo de pruebas funcionales y de integración

Caso o prueba	Objetivo	Entrada o escenario	Resultado esperado	Evidencia o criterio de verificación
CP-01 Validación de estructura de archivos	Verificar control de encabezados y estructura mínima de entradas	Carga de pedidos.xlsx y rutas.xlsx	El sistema detecta inconsistencias de estructura y genera reporte de validación	resumen_timestamp.xlsx, capturas del módulo y revisión funcional
CP-02 Validación de consistencia operativa	Verificar detección de clientes sin ruta, duplicidades y diferencias de conteo	Escenario con inconsistencias en pedidos y rutas	El sistema identifica inconsistencias y no permite continuar si se compromete en el flujo	Reporte de validación y control de avance del proceso
CP-03 Generación de pedidos por ruta	Verificar agrupación de pedidos y producción de salidas por ruta	Carga de inventario.xlsx y materiales.xlsx con datos válidos	El sistema agrupa pedidos, genera archivos por ruta y consolida pedido adicional	formatos_timestamp.zip y revisión de archivos generados

CP-04 Conversión y uso de inventario	Verificar conversión a unidad del proveedor y distribución del inventario existente	Escenario operativo con materiales e inventario disponible	El sistema aplica reglas de conversión y reparte inventario según orden numérico de ruta	Archivo de repartición, revisión funcional y consistencia de salidas
CP-05 Consolidación de compras	Verificar generación del consolidado final para ERP	Carga de informe_entrega_en_preparacion.xlsx	El sistema produce consolidado en XLSX y CSV para una sola entrada manual	consolidado_timestamp.xlsx, consolidado_timestamp.csv y prueba de precarga
CP-06 Auditoría del flujo	Verificar generación de evidencia documental del procesamiento	Ejecución completa del portal	El sistema genera archivo de auditoría con trazabilidad del flujo	auditoria_timestamp.xlsx
CP-07 Flujo integral antes/después	Verificar el comportamiento global del portal y su impacto frente a la línea base	Muestra de seis días con cinco datasets por día	El sistema ejecuta el flujo completo y permite comparar tiempo, errores y reprocesos frente al proceso manual	Tabla comparativa antes/después, protocolo de pruebas y soportes del proceso

Nota. Elaboración propia con base en la sección de pruebas y validación del prototipo funcional y en las reglas de validación acordadas para el sistema.

La estructura resumida del protocolo evidencia que la validación no se limitó a casos ideales, sino que cubrió control de inconsistencias, ejecución del flujo completo, generación de salidas y contraste comparativo con el proceso original.

Apéndice D

Bitácora o Registro de Ejecución de Pruebas

La bitácora consolidada se presenta como apéndice documental de la muestra validada y resume el comportamiento del portal durante seis jornadas de prueba. Su función es dejar trazabilidad sobre tiempos, entradas, resultados observados y evidencias asociadas al flujo completo.

Tabla 15

Bitácora consolidada de ejecución de pruebas

Día de prueba	Data conjunto evaluado	Módulo o función validada probada	Entrada evaluada	Resultado esperado	Resultado observado	Cumple / no cumple	Evidencia asociada	Observación
Día 1	5 datas	Flujo completo: validaciones, generar pedidos, consolidar compras y auditoría	pedidos.xlsx, rutas.xlsx, inventario.xlsx e informe_entrega_en_preparacion.xlsx	Ejecutar el flujo completo, generar todas las salidas previstas y mantenerse dentro del criterio de tiempo	Flujo ejecutado en 18 minutos; generó resumen_times_tamp.xlsx, formatos_times_tamp.zip, consolidado_timestamp.xlsx, consolidado_timestamp.csv y auditoria_times_tamp.xlsx	Cumple	Bitácora de validación, archivos generados y capturas del portal	Sin incidentes ni reprocesos
Día 2	5 datas	Flujo completo:	pedidos.xlsx, rutas.xlsx, inventario.xlsx,	Ejecutar el flujo	Flujo ejecutado en 19 minutos; generó todas	Cumple	Bitácora de	Sin incidentes ni

		validaciones, generar pedidos, consolidar compras y auditoría	materiales.xlsx e informe_entrega_en_preparacion.xlsx	completo, generar todas las salidas previstas y mantenerse dentro del criterio de tiempo	las salidas previstas	Cumple	Bitácora de validación, archivos generados y capturas del portal	reprocesos
Día 3	5 datasets	Flujo completo: validaciones, generar pedidos, consolidar compras y auditoría	pedidos.xlsx, rutas.xlsx, inventario.xlsx, materiales.xlsx e informe_entrega_en_preparacion.xlsx	Ejecutar el flujo completo, generar todas las salidas previstas y mantenerse dentro del criterio de tiempo	Flujo ejecutado en 20 minutos; generó todas las salidas previstas	Cumple	Bitácora de validación, archivos generados y capturas del portal	Sin incidentes ni reprocesos
Día 4	5 datasets	Flujo completo: validaciones, generar pedidos	pedidos.xlsx, rutas.xlsx, inventario.xlsx e informe_entrega_en_preparacion.xlsx	Ejecutar el flujo completo, generar	Flujo ejecutado en 19 minutos; generó todas las salidas previstas	Cumple	Bitácora de validación, archi	Sin incidentes ni reprocesos

		, consolidar compras y auditoría		todas las salidas y previs- tas y mante- nerse dentro del criterio de tiempo			vos generados y capturas del portal	
Día 5	5 datos	Flujo completo: validaciones, generar pedidos , consolidar compras y auditoría	pedidos.xlsx, rutas.xlsx, inventario.xlsx, materiales.xlsx e informe_entrega_en _preparacion.xlsx	Ejecutar el flujo completo, generar todas las salidas y pre- vis- tas y mante- nerse dentro del criterio de tiempo	Flujo ejecutado en 18 minutos; generó todas las salidas previstas	Cumple	Bitácora de validación, archivos generados y capturas del portal	Sin incidentes ni reprocesos
Día 6	5 datos	Flujo completo: validaciones, generar pedidos , consolidar compras	pedidos.xlsx, rutas.xlsx, inventario.xlsx, materiales.xlsx e informe_entrega_en _preparacion.xlsx	Ejecutar el flujo completo, generar todas las salidas y pre- vis- tas y mante- nerse dentro del criterio de tiempo	Flujo ejecutado en 20 minutos; generó todas las salidas previstas	Cumple	Bitácora de validación, archivos generados y	Sin incidentes ni reprocesos

s y
auditorí
a

previs
tas y
mante
nerse
dent
o del
criteri
o de
tiemp
o

captu
ras
del
portal

Nota. Resultado agregado de la bitácora: tiempo mínimo observado de 18 minutos, tiempo máximo observado de 20 minutos, tiempo promedio observado de 19 minutos, 0 incidentes, 0 reprocesos y cumplimiento de 6 de 6 jornadas.

Apéndice E

Evidencias de Validación del Sistema

Esta subsección organiza las evidencias funcionales del portal en dos niveles: primero, una tabla de relación de evidencias; y segundo, las figuras independientes previstas para inserción manual en el documento final. La finalidad es dejar claramente identificado qué evidencia corresponde a cada parte del sistema, respetando el criterio de que las capturas no deben ir dentro de tablas.

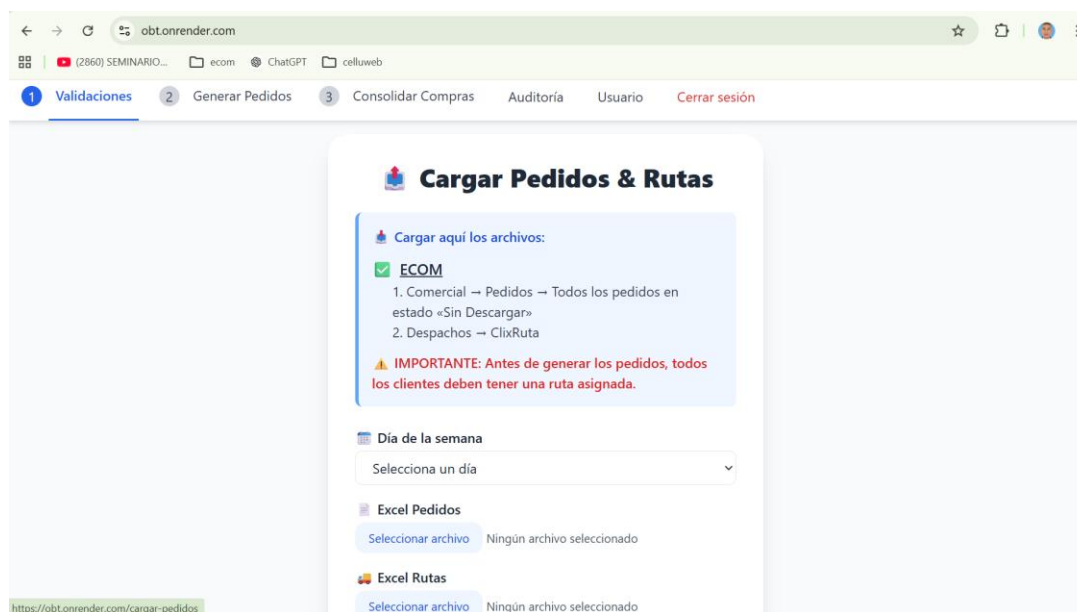
Tabla 16

Relación de evidencias de validación del sistema

Nombre de la evidencia	Propósito	Qué demuestra	Referencia de figura
Carga de archivos del módulo de validaciones	Mostrar el punto de entrada del flujo inicial	Que el sistema recibe pedidos.xlsx y rutas.xlsx para control previo de integridad	Figura 1
Reporte de validación con inconsistencias	Evidenciar el control previo del flujo	Que el sistema detecta inconsistencias críticas antes de continuar	Figura 2
Bloqueo del flujo ante inconsistencia crítica	Mostrar el comportamiento de control	Que el sistema no permite avanzar cuando la validación compromete la integridad del proceso	Figura 3
Carga de archivos del módulo de generar pedidos	Mostrar la segunda fase operativa del portal	Que el sistema recibe inventario.xlsx y materiales.xlsx para el procesamiento principal	Figura 4
Generación correcta de archivos por ruta y pedido adicional	Evidenciar la salida operativa del módulo principal	Que el sistema produce formatos_timestamp.zip con archivos por ruta, pedido adicional y repartición	Figura 5
Consolidado final para ERP	Mostrar el resultado del módulo de consolidación	Que el sistema genera consolidado_timestamp.xlsx y consolidado_timestamp.csv listos para una sola entrada manual	Figura 6
Archivo de auditoría y trazabilidad	Evidenciar soporte documental del procesamiento	Que el sistema deja auditoria_timestamp.xlsx como respaldo del flujo ejecutado	Figura 7

Nota. Elaboración propia con base en los módulos implementados, las pruebas funcionales y los archivos de salida definidos para la solución.

Figura 1
Pantalla de carga de archivos del módulo de validaciones



Nota. Captura del portal implementado para la Distribuidora 1.

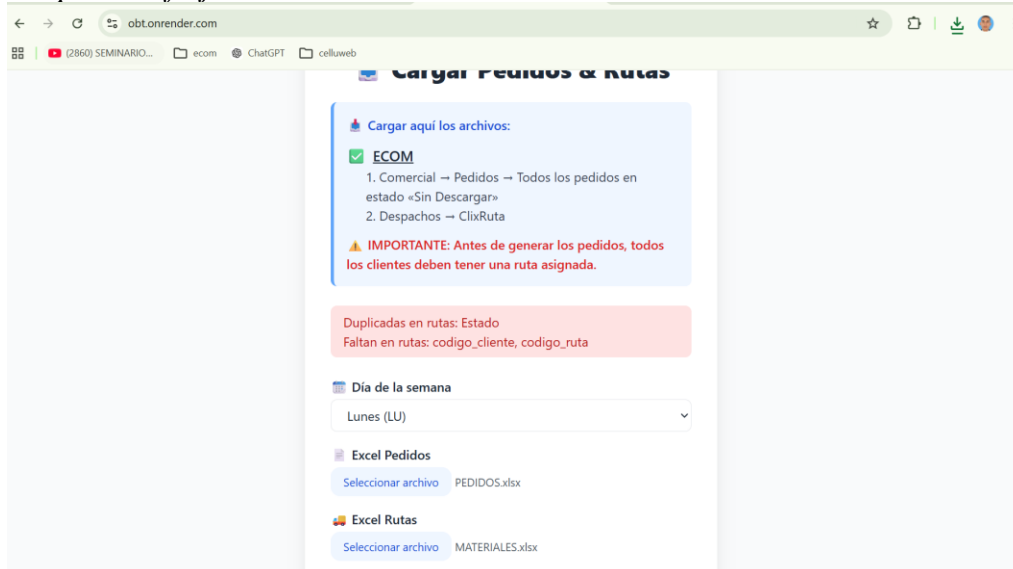
Figura 2
Reporte de validación con detección de inconsistencias

bd	codigo_cli	nombre	barrio	ciudad	asesor	codigo_pedido	total_pedido	valor	ruta
gmail	600000597255				12204		1	160081,8	
gmail	60000052	DIAZ APERALCANTAF	68307	68307	12210	20260110:	1	132300,9	
gmail	00113652	MANTILLA ALDEA AL	68307	68307	12210	20260110:	2	282407,1	
gmail	60000044	CALVO RO ALDEA AL	68307	68307	12210		1	117091,2	
gmail	60000048	CAMARGO ALDEA AL	68307	68307	12210		1	98945,59	
gmail	60000021	ANAYA GRALDEA BA	68307	68307	12210	20260110:	1	49431,12	
gmail	0011288	PINZON SA ALDEA ME	68307	68307	12210		1	108383,9	
gmail	0011289	JOYA AMALDEA ME	68307	68307	12210		1	46367,52	
gmail	60000036	MOGOLLCALPES CAN	68307	68307	12210	20260110:	1	67212,8	
gmail	60000015	CASTANEA ASTURIAS	68001	68001	12216		1	83417,5	
gmail	0011603	CABRERA BALCONES	68307	68307	12210	20260110:	2	97209,75	
gmail	60000016	NAVARRO BALCONES	68307	68307	12210		1	68277,77	
gmail	60000019	ESTEVEZ DBALCONES	68307	68307	12210		1	81040,23	
gmail	60000059	MARTINEZ BALCONES	68307	68307	12210		1	109527	
gmail	60000043	GONZALEZ BARILOCH	68547	68547	12211		1	354393,4	
gmail	60000051	DELGADO BARILOCH	68547	68547	12211		1	94873,71	
gmail	60000058	OLAVE DIA BAVIERA	68276	68276	12211		1	108922,4	
gmail	60000035	CORZO GL BOSQUES	68276	68276	12211		1	84056,75	
gmail	60000056	RUEDA PCB RISAS CA	68307	68307	12205		1	67647,96	
gmail	60000056	ARDILA VABRISAS CA	68406	68406	12202		1	133804,5	
gmail	60000008	FORERO VABRISAS DE	68406	68406	12202		1	80566,1	

Nota. Evidencia funcional del control previo a la generación de salidas.

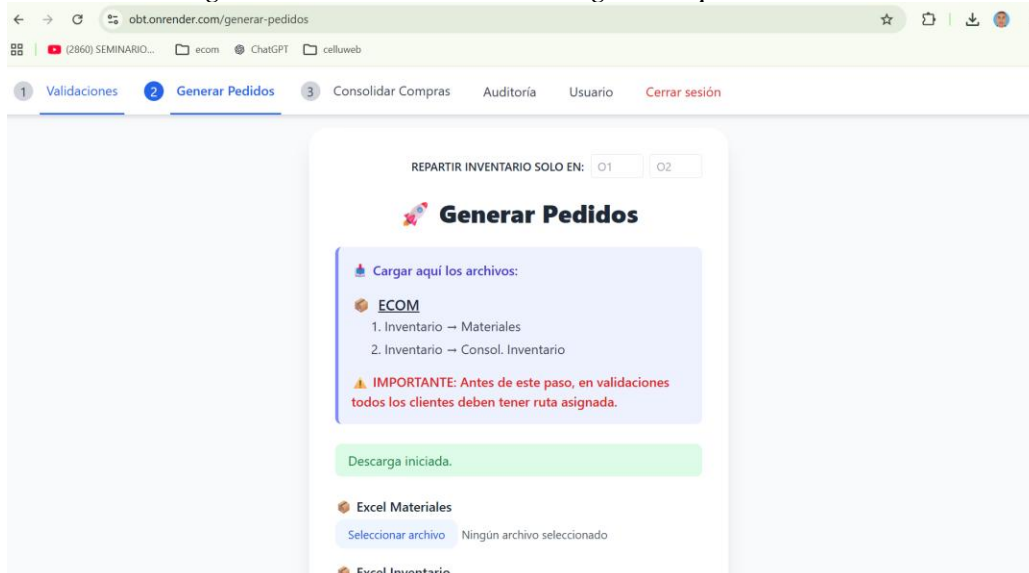
Figura 3

Bloqueo del flujo ante inconsistencias críticas de entrada



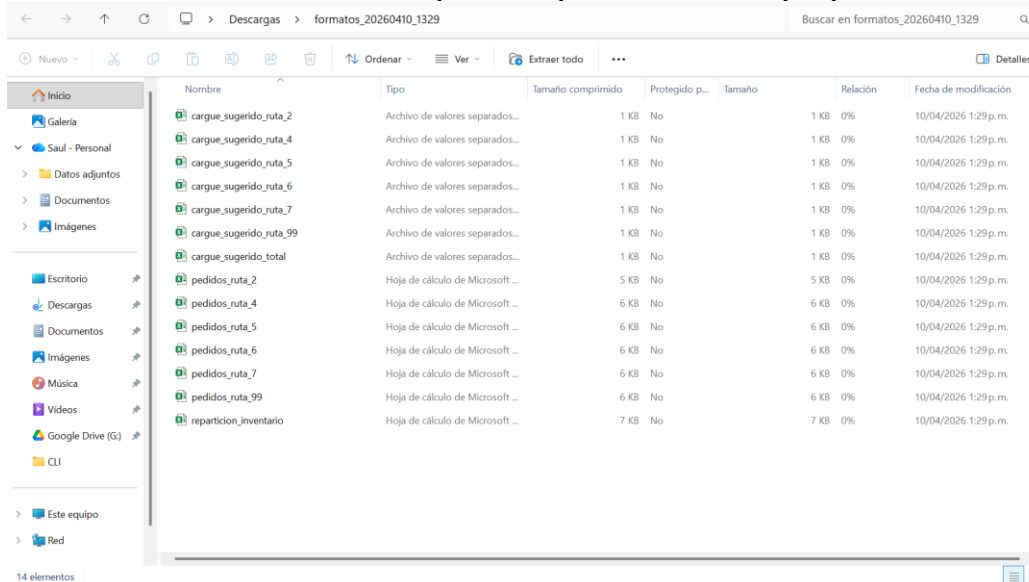
Nota. Evidencia del control de avance del proceso cuando se detectan errores que comprometen la integridad del flujo.

Figura 4
Pantalla de carga de archivos del módulo de generar pedidos



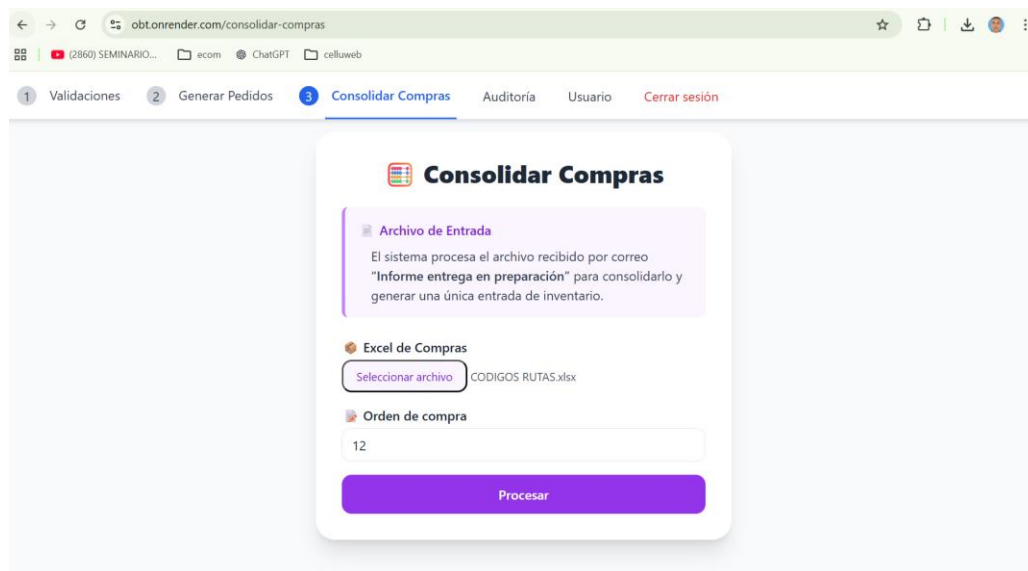
Nota. Evidencia de la carga de inventario.xlsx y materiales.xlsx para el procesamiento operativo.

Figura 5
Generación correcta de archivos por ruta, pedido adicional y repartición de inventario



Nota. Evidencia de la generación automática del paquete operativo formatos_timestamp.zip.

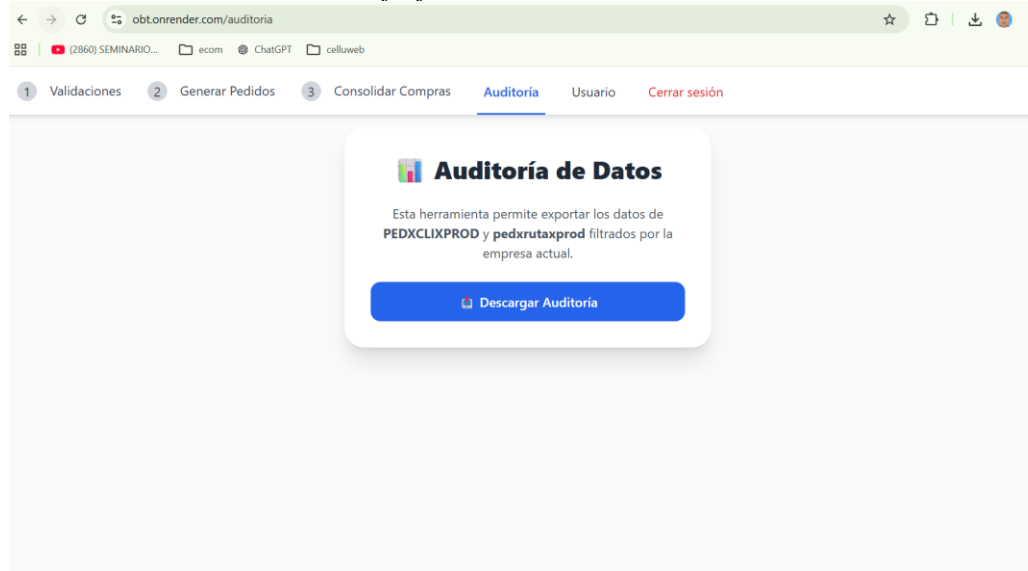
Figura 6
Consolidado final para una sola entrada manual en el ERP



Nota. Evidencia de la generación de `consolidado_timestamp.xlsx` y `consolidado_timestamp.csv` para el cierre del flujo.

Figura 7

Trazabilidad documental del flujo mediante archivo de auditoría



Nota. Evidencia del archivo `auditoria_timestamp.xlsx` como soporte verificable del procesamiento ejecutado.

Apéndice F

Ejemplos de Archivos de Entrada y Salida

Este apéndice documenta los archivos principales que intervienen en el flujo del sistema, diferenciando entradas y salidas oficiales. Su finalidad es dejar trazabilidad técnica y funcional sobre el origen de la información, el momento de uso dentro del proceso y el resultado que produce el portal.

Tabla 17

Archivos de entrada del flujo del sistema

Nombre del archivo	Tipo de archivo	Origen	Momento del proceso en que se usa	Función dentro del sistema	Campos o estructura relevante	Observaciones de validación o uso	Referencia
pedidos.xlsx	XLSX	Exportación del ERP	Inicio del flujo, módulo de validaciones	Contener los pedidos diarios de clientes	Identificación de cliente, producto, cantidades y registros del día	Se valida junto con rutas.xlsx para detectar inconsistencias críticas	Ejemplo de entrada 1
rutas.xlsx	XLSX	Exportación del ERP / archivo de clientes por ruta	Inicio del flujo, módulo de validaciones	Relacionar clientes con carro o ruta operativa	Identificación de cliente y ruta asignada	Se contrasta con pedidos.xlsx para control de integridad y conteo	Ejemplo de entrada 2
inventario.xlsx	XLSX	Exportación operativa	Módulo de generar pedidos	Informar inventario disponible antes de pedir al	Productos, cantidades disponibles y saldos operativos	Se usa para repartir inventario existente antes del	Ejemplo de entrada 3

materiales.xlsx	XLSX	Archivo operativo del sistema	Módulo de generar pedidos	proveedor Definir equivalencias y conversión a unidad del proveedor	Relación de producto, unidad base y unidad de proveedor	pedido adicional Sustenta la regla de conversión automática	Ejemplo de entrada 4
informe_entrega_en_preparacion.xlsx	XLSX	Archivo devuelto por el proveedor	Módulo de consolidar compras	Permitir consolidación final para ERP	Productos, cantidades despachadas y estructura del informe de entrega	Se procesa para obtener consolidado final en XLSX y CSV	Ejemplo de entrada 5

Nota. Los archivos de entrada oficiales del flujo corresponden a los cinco datasets

utilizados en la validación formal y en la operación diaria del portal.

Tabla 18

Archivos de salida del flujo del sistema

Nombre del archivo	Tipo de archivo	Origen	Momento del proceso en que se genera	Función dentro del sistema	Campos o estructura relevante	Observaciones de validación o uso	Referencia
resumen_timestamp.xlsx	XLSX	Módulo de validaciones	Después del control de entradas	Documentar inconsistencias y estado de la validación	Reporte de encabezados, clientes sin ruta, duplicidades y diferencias de conteo	Bloquea el avance cuando detecta inconsistencia crítica	Ejemplo de salida 1

formatos_timestamp.zip	ZIP	Módulo de generar pedidos	Después del procesamiento operativo principal	Entregar archivos por ruta, pedido adicional y repartición de inventario	Contiene salidas operativas listas para proveedor y soporte logístico	El proveedor aceptó operativamente el formato generado	Ejemplo de salida 2
consolidado_time stamp.xlsx	XLS X	Módulo de consolidar compras	Cierre del flujo	Preparar consolidación para una sola entrada manual en ERP	Consolidación por producto del despacho devuelto por proveedor	Fue precargado o sin errores y posteriormente cargado con éxito	Ejemplo de salida 3
consolidado_time stamp.csv	CSV	Módulo de consolidar compras	Cierre del flujo	Proveer formato complementario de interoperabilidad para ERP	Estructura consolidada equivalente al archivo XLSX	Funciona como salida complementaria del consolidado final	Ejemplo de salida 4
auditoria_timestamp.xlsx	XLS X	Módulo de auditoría	Final del flujo	Dejar trazabilidad documental del procesamiento ejecutado	Registro de entradas, procesamiento y salidas generadas	Sustenta el control documental y la verificación del flujo	Ejemplo de salida 5

Nota. Los archivos de salida oficiales del sistema constituyen la base documental del proceso automatizado y soportan la validación funcional, la trazabilidad y la comparación antes/después.

Apéndice G

Soportes Verificables de Operación del Portal

El presente apéndice incorpora soportes verificables que respaldan que el portal ha sido implementado, desplegado y utilizado en condiciones operativas controladas. Esta evidencia no sustituye la validación académica formal del proyecto, pero refuerza que la solución trasciende la simulación estrictamente documental y cuenta con soportes de funcionamiento real.

Tabla 19

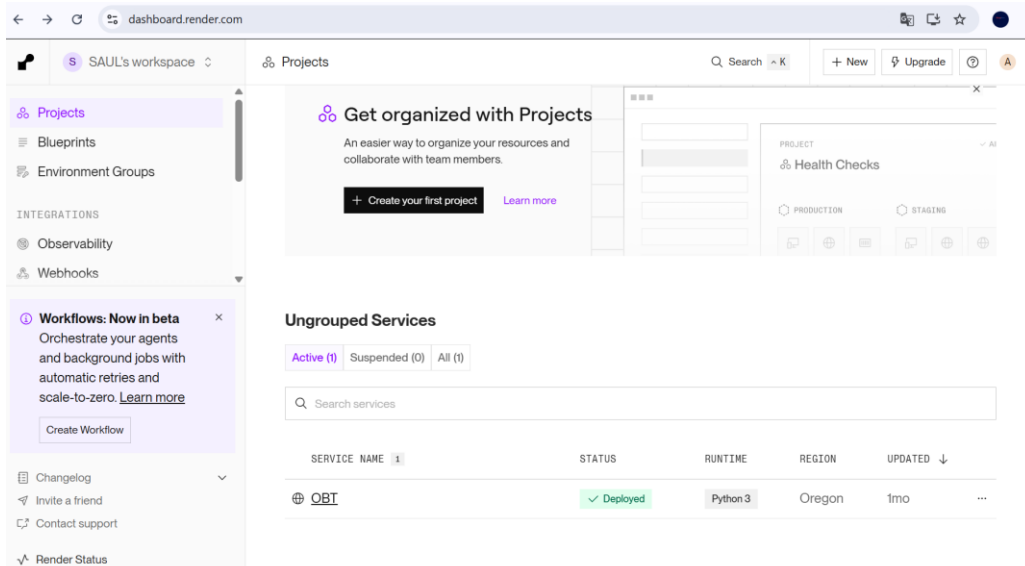
Soportes verificables de operación del portal

Soporte o constancia	Propósito	Qué verifica	Forma de presentación
Evidencia de despliegue del portal en Render	Documentar disponibilidad del sistema en ambiente web	Que el portal fue desplegado para ejecución controlada posterior al cierre de ventas	Figura 8
Capturas funcionales del sistema	Mostrar módulos, entradas, salidas y control del flujo	Que la operación visible del portal coincide con la lógica implementada	Figuras 1 a 7
Reportes y archivos generados	Respaldar la existencia de salidas verificables del sistema	Que el portal produce resumen, paquete operativo, consolidado y auditoría	Tablas 17 y 18
Bitácora y comparación antes/después	Sustentar la validación del caso aplicado	Que el sistema cumplió criterios de tiempo, ausencia de incidentes y ausencia de reprocesos en la muestra validada	Tablas 13, 14 y 15
Constancia contextual de uso en seis distribuidoras	Registrar evidencia complementaria de funcionamiento operativo	Que el portal ha sido utilizado más allá del caso académico principal, sin ampliar el alcance metodológico del trabajo	Figura 9

Nota. Elaboración propia con base en el despliegue del prototipo, las evidencias funcionales y la constancia contextual de funcionamiento del portal.

Figura 8

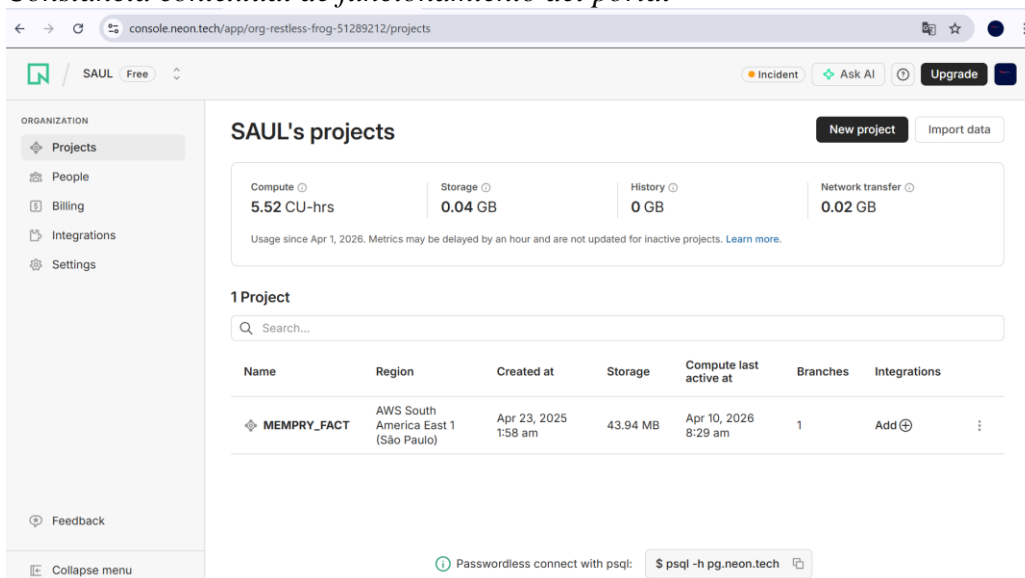
Evidencia de despliegue del portal en ambiente web



Nota. Captura del portal desplegado en Render para uso operativo controlado.

Figura 9

Constancia contextual de funcionamiento del portal



Nota. Evidencia contextual complementaria de uso del portal en seis distribuidoras. No sustituye la validación académica formal delimitada al caso aplicado de la Distribuidora 1.

Como delimitación metodológica final, se deja expreso que el caso principal del trabajo sigue siendo la Distribuidora 1 y que cualquier evidencia de uso en otras distribuidoras se

incorpora únicamente como soporte contextual complementario del estado operativo de la solución.

Apéndice H

Relación General de Apéndices y Propósito Documental

Tabla 20

Relación general de apéndices y propósito documental

Código o número del apéndice	Nombre del apéndice	Propósito	Relación con la sección principal del trabajo
1	Análisis DOFA ejecutivo del proyecto	Sintetizar las condiciones estratégicas internas y externas del proyecto	Complementa problema, justificación, alcance y proyección de la solución
2	Tabla comparativa antes/después	Mostrar de forma verificable la diferencia entre el proceso manual y el flujo automatizado	Se articula con línea base, validación comparativa y análisis de resultados
3	Resumen del protocolo de pruebas funcionales y de integración	Documentar la cobertura de validación del sistema	Se relaciona con metodología, criterios de aceptación y pruebas del prototipo
4	Bitácora o registro de ejecución de pruebas	Dejar trazabilidad cronológica de la muestra validada	Soporta resultados, validación del flujo completo y comparación antes/después
5	Evidencias de validación del sistema	Organizar las capturas y evidencias funcionales del portal	Complementa desarrollo del prototipo y verificación funcional
6	Ejemplos de archivos de entrada y salida	Documentar técnica y funcionalmente los archivos del sistema	Se relaciona con interoperabilidad, reglas de negocio y operación diaria
7	Soportes verificables de operación del portal	Incorporar evidencia contextual de despliegue y funcionamiento	Complementa implementación, validación y constancias operativas del sistema
8	Relación general de apéndice y propósito documental	Cerrar la sección con un índice funcional de soportes	Mantiene trazabilidad documental con las secciones principales del trabajo