

Sistema web de gestión de calidad para Metalteco S.A.S. apoyado en la norma ISO 9001:2015

Juan Nicolás García Vega

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero de Sistemas

Director

Magíster Duván Yahir Sanabria Echeverry

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado, en primer lugar, a mi familia, por ser mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria. Gracias por acompañarme en cada etapa de este camino, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, por sus palabras de aliento, su paciencia y su amor constante. Este logro también les pertenece, porque sin su respaldo, motivación y confianza no habría sido posible llegar hasta aquí.

A Dios, por bendecirme con la sabiduría, la fortaleza y las capacidades necesarias para enfrentar cada desafío que se presentó durante este proceso. Gracias por guiar mis pasos, darme serenidad en los momentos de incertidumbre y permitirme superar cada obstáculo con fe y perseverancia. Este logro es también una muestra de su presencia en mi vida y de las bendiciones que me ha concedido.

A mis amigos, quienes hicieron parte fundamental de esta etapa universitaria, gracias por acompañarme en los momentos de alegría, pero también en aquellos días de cansancio, dificultad y preocupación. Su compañía, apoyo y amistad hicieron de este proceso una experiencia más llevadera, significativa y memorable. Compartir este camino con ustedes dejó enseñanzas, recuerdos y momentos que siempre llevaré conmigo.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a la empresa Metalteco, por brindarme la oportunidad de aprender, crecer profesionalmente y adquirir experiencias valiosas que fortalecieron mi formación tanto personal como académica. Haber sido parte de este proceso representó una oportunidad significativa para ampliar mis conocimientos y enfrentar nuevos retos.

De manera especial, agradezco al ingeniero Ludwig por su confianza, paciencia, comprensión y apoyo durante esta etapa. Valoro profundamente la oportunidad de haber aprendido tanto a su lado, así como la empatía y consideración que me brindó, especialmente durante el tiempo de mi cirugía, momento en el que su comprensión fue muy importante para mí.

Asimismo, manifiesto mi profundo agradecimiento al profesor Duván, director de este proyecto, por su acompañamiento constante, su orientación, disposición y compromiso durante todo el desarrollo de este trabajo de grado. Gracias por compartir sus conocimientos, por guiarme con dedicación y por aportar de manera significativa a la construcción de este proyecto.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, hicieron parte de este recorrido y contribuyeron al cumplimiento de esta meta. Este trabajo representa no solo el cierre de una etapa académica, sino también el resultado del esfuerzo, la constancia y el apoyo de quienes estuvieron presentes a lo largo de este camino.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 19 |
| 1. Planteamiento y Justificación del Problema | 20 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 20 |
| 1.2. Justificación | 20 |
| 1.3. Alcance y limitaciones..... | 22 |
| 2. Objetivos..... | 23 |
| 2.1. Objetivo General..... | 23 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 23 |
| 2.3. Cumplimiento de objetivos | 23 |
| 3. Marco de Referencia | 24 |
| 3.1 Fundamentos Teóricos | 24 |
| 3.1.1 Sistema de Gestión de la Calidad e ISO 9001:2015 | 24 |
| 3.1.2 Transformación Digital en la Gestión de la Calidad..... | 27 |
| 3.1.3 Herramientas Digitales para un SGC Eficiente (Quality 4.0)..... | 29 |
| 3.1.4 Producto Mínimo Viable (MVP) | 32 |
| 3.2 Marco Tecnológico | 33 |
| 3.2.1 PHP (Hypertext Preprocessor)..... | 33 |
| 3.2.2 Framework Laravel..... | 34 |
| 3.2.3 MySQL (Sistema de Gestión de Base de Datos) | 34 |

| | |
|---|----|
| SGC PARA METALTECO S.A.S. | 5 |
| 3.2.4 Vue con TypeScript | 35 |
| 3.2.5 Vite..... | 36 |
| 3.2.6 Pinia (Gestor de Estado para Vue.js)..... | 37 |
| 3.2.7 Vue Router (Enrutador de una sola página)..... | 37 |
| 3.2.8 Laravel Sanctum (Autenticación para SPA)..... | 37 |
| 3.2.9 Gogs (Control de Versiones Git Auto-Hospedado)..... | 38 |
| 3.3 Antecedentes | 38 |
| 4. Metodología | 42 |
| 4.1 Enfoque metodológico | 42 |
| 4.1.1 Modelo iterativo e incremental | 42 |
| 4.1.2 Ciclo de trabajo por módulo | 43 |
| 4.1.3 Fases y actividades..... | 44 |
| 5. Desarrollo del Sistema | 47 |
| 5.1 Análisis de requerimientos funcionales | 48 |
| 5.1.1 Requerimientos no funcionales..... | 50 |
| 5.2 Arquitectura general del sistema..... | 51 |
| 5.2.1 Capa del cliente (frontend)..... | 52 |
| 5.2.2 Capa del servidor (backend API)..... | 54 |
| 5.2.3 Comunicación entre capas | 55 |
| 5.2.4 Sistema de permisos (RBAC)..... | 56 |

| | |
|--|----|
| SGC PARA METALTECO S.A.S. | 6 |
| 5.3 Modelo de datos | 56 |
| 5.4 Desarrollo por módulos..... | 59 |
| 5.4.1 Fase 1: Módulo de configuración y autenticación | 59 |
| 5.4.2 Fase 2: Módulo de gestión documental | 64 |
| 5.4.3 Fase 3: Módulo de gestión de procesos | 67 |
| 5.4.4 Fase 4: Módulo de auditorías..... | 71 |
| 5.4.5 Fase 5: Módulo de gestión de riesgos y oportunidades | 75 |
| 5.4.6 Fase 6: Módulo de no conformidades y acciones (ACPM/GC) | 80 |
| 5.4.7 Fase 7: Dashboard e indicadores..... | 83 |
| 5.5 Funcionalidades transversales..... | 84 |
| 5.6 Decisiones de diseño relevantes..... | 85 |
| 6. Resultados y Validación | 87 |
| 6.1 Revisión integral del sistema (Fase 8) | 87 |
| 6.2 Validación funcional mediante pruebas (Fase 8 / Objetivo específico 4) | 88 |
| 6.2.1 Diseño de los casos de prueba | 88 |
| 6.2.2 Distribución de casos de prueba | 89 |
| 6.2.3 Resultados de las pruebas | 89 |
| 6.3 Implementación y capacitación (Fase 9 / Objetivo específico 5) | 90 |
| 6.3.1 Implementación en producción..... | 90 |
| 6.3.2 Capacitación al equipo del SGC | 91 |

| | |
|---|-----|
| 6.3.3 Retroalimentación de los usuarios | 94 |
| 6.4 Mantenimiento (Fase 10) | 95 |
| 7. Conclusiones | 97 |
| 8. Recomendaciones | 100 |
| 9. Trabajo Futuro | 101 |
| Referencias Bibliográficas | 104 |
| Apéndices..... | 107 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Cumplimiento de objetivos específicos por capítulo..... | 24 |
| Tabla 2. Distribución de requerimientos funcionales por módulo..... | 48 |
| Tabla 3. Requerimientos no funcionales del sistema..... | 50 |
| Tabla 4. Vista y código del login..... | 60 |
| Tabla 5. Distribución de casos de prueba por módulo..... | 89 |
| Tabla 6. Resultados de las pruebas funcionales por módulo..... | 90 |
| Tabla 7. Sesiones de capacitación realizadas con el equipo del SGC..... | 92 |
| Tabla 8. Correcciones y mejoras durante la fase de mantenimiento..... | 95 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Representación de la estructura de la norma ISO 9001:2015 con el ciclo PHVA | 27 |
| Figura 2. Cronograma del plan de trabajo de grado | 47 |
| Figura 3. Diagrama de arquitectura general del sistema..... | 51 |
| Figura 4. Diagrama general de componentes del sistema..... | 52 |
| Figura 5. Diagrama entidad-relación general de la base de datos | 57 |
| Figura 6. Vista del módulo de gestión de usuarios..... | 62 |
| Figura 7. Matriz de asignación de permisos a roles..... | 62 |
| Figura 8. Vista de catálogos maestros (listas de configuración)..... | 63 |
| Figura 9. Vista general del módulo de gestión documenta..... | 64 |
| Figura 10. Formulario de creación de documento. | 65 |
| Figura 11. Modal de historial de versiones de un documento. | 66 |
| Figura 12. Mapa de procesos de la organización..... | 67 |
| Figura 13 . Vista general del módulo de gestión de procesos..... | 68 |
| Figura 14. Documentos asociados a un proceso | 69 |
| Figura 15. Caracterización de un proceso..... | 69 |
| Figura 16. Indicadores de desempeño (KPIs) vinculados a un proceso | 70 |
| Figura 17. Vista del programa anual de auditorías. | 71 |
| Figura 18. Vista general y calendario de auditorías..... | 72 |
| Figura 19. Formulario de creación de auditoría..... | 73 |
| Figura 20. Vista individual de auditoria con hallazgos registrados | 75 |
| Figura 21. Vista general del módulo de riesgos y oportunidades | 76 |
| Figura 22. Formulario de registro de riesgo. | 77 |
| Figura 23. Vista individual de riesgo con tratamientos y controles. Parte 1 | 78 |
| Figura 24. Vista individual de riesgo con tratamientos y controles. Parte 2 | 79 |
| Figura 25. Vista general del módulo de no conformidades y acciones (ACPM/GC)..... | 80 |
| Figura 26. Formulario de creación de caso ACPM/GC..... | 81 |
| Figura 27. Vista individual de caso con plan de accion y firmas | 82 |
| Figura 28. Dashboard con indicadores del SGC..... | 84 |
| Figura 29. Tour guiado interactivo del módulo de auditorías. Parte 1 | 93 |
| Figura 30. Tour guiado interactivo del módulo de auditorías. Parte 2 | 93 |
| Figura 31. Tour guiado interactivo del módulo de auditorías. Parte 3 | 94 |

Lista de Apéndices

Apéndice A. Documento de Requerimientos Funcionales

Apéndice B. Especificación de Casos de Prueba Funcionales

Apéndice C. Diagramas entidad-relación detallados

Glosario

ACPM (Acciones Correctivas, Preventivas y de Mejora). Conjunto de acciones orientadas a eliminar la causa raíz de una no conformidad real (acción correctiva), prevenir la ocurrencia de una no conformidad potencial (acción preventiva) o mejorar proactivamente un proceso (acción de mejora). En el sistema desarrollado, el módulo ACPM/GC gestiona el ciclo de vida completo de estas acciones conforme a la cláusula 10.2 de la norma ISO 9001:2015.

API (Application Programming Interface). Interfaz de programación de aplicaciones que define un conjunto de reglas y protocolos mediante los cuales dos sistemas de software se comunican entre sí. En este proyecto, el backend de Laravel expone una API RESTful que el frontend de Vue consume para todas las operaciones del sistema.

CAPA (Corrective and Preventive Actions). Término anglosajón equivalente a las Acciones Correctivas y Preventivas del SGC. Alude al proceso sistemático de identificar, analizar, tratar y hacer seguimiento a las desviaciones detectadas en el sistema de gestión.

CRUD (Create, Read, Update, Delete). Acrónimo que describe las cuatro operaciones básicas de persistencia de datos: crear, leer, actualizar y eliminar. Representa el conjunto mínimo de funcionalidades que debe ofrecer cualquier módulo de gestión de información.

CSRF / XSRF (Cross-Site Request Forgery). Tipo de ataque informático que engaña a un usuario autenticado para que ejecute acciones no deseadas en una aplicación web. Laravel Sanctum implementa protección CSRF mediante tokens que el frontend debe incluir en cada petición modificadora.

Dashboard. Panel de control visual que presenta en tiempo real los indicadores clave de desempeño (KPI) del sistema de gestión de calidad. Permite a la dirección y responsables de proceso monitorear el estado del SGC mediante gráficas, tablas y resúmenes ejecutivos.

Driver.js. Librería de JavaScript de código abierto utilizada para crear tours guiados interactivos en aplicaciones web. Resalta elementos de la interfaz de usuario con superposiciones y globos de texto para orientar al usuario paso a paso en las funcionalidades del sistema.

Eloquent. ORM (Object-Relational Mapping) incluido en el framework Laravel. Permite interactuar con la base de datos MySQL mediante clases PHP (modelos) en lugar de escribir sentencias SQL directamente, facilitando el manejo de relaciones entre entidades y la validación de datos.

Framework. Conjunto de herramientas, librerías y convenciones de código que proporcionan una estructura base para el desarrollo de aplicaciones. Reduce la duplicación de código y estandariza la forma en que se construyen ciertos tipos de sistemas. En este proyecto se usaron Laravel (backend) y Vue (frontend) como frameworks principales.

GC (Gestión del Cambio). Uno de los tipos de acción gestionados en el módulo ACPM/GC. Se refiere al proceso formal de planificar, implementar y controlar cambios en el SGC, minimizando los riesgos asociados a las modificaciones de procesos, productos o servicios.

HTTP / HTTPS. Protocolo de transferencia de hipertexto (Hypertext Transfer Protocol) y su versión segura con cifrado TLS (HTTPS). Es el protocolo base de la comunicación en la web. Todas las peticiones entre el frontend Vue y el backend Laravel se realizan sobre HTTPS en el entorno de producción.

ISO (International Organization for Standardization). Organización Internacional de Normalización. Organismo independiente, no gubernamental, que desarrolla y publica normas internacionales. La norma ISO 9001:2015 es el estándar internacional para sistemas de gestión de la calidad emitido por este organismo.

JSON (JavaScript Object Notation). Formato ligero de intercambio de datos, legible por humanos y fácilmente procesable por máquinas. Es el formato utilizado en las respuestas de la API RESTful del sistema para transferir datos entre el backend y el frontend.

KPI (Key Performance Indicator). Indicador clave de desempeño. Métrica cuantificable que permite evaluar el grado de cumplimiento de un objetivo específico dentro de un proceso. En el SGC, los KPI están vinculados a los procesos organizacionales y se registran mediante mediciones periódicas que se visualizan en el dashboard.

Laravel. Framework de desarrollo web escrito en PHP que sigue el patrón arquitectónico MVC (Modelo-Vista-Controlador). Proporciona un conjunto completo de herramientas para construir APIs RESTful, gestionar bases de datos mediante migraciones y el ORM Eloquent, y manejar autenticación, autorización, colas de trabajo y generación de documentos.

Migración (base de datos). Archivo de código PHP que describe un cambio incremental en el esquema de la base de datos (creación de tablas, adición de columnas, cambio de tipos, etc.). Laravel gestiona estas migraciones de forma versionada, permitiendo reconstruir o revertir el esquema en cualquier entorno de forma reproducible.

MVP (Producto Mínimo Viable). Del inglés *Minimum Viable Product*. Concepto de la metodología Lean Startup que consiste en desarrollar la versión más simple de un producto que permita entregar valor al usuario y obtener retroalimentación real con el mínimo esfuerzo posible. En este proyecto se priorizaron los módulos de mayor impacto para el SGC de Metalteco.

MVC (Modelo-Vista-Controlador). Patrón arquitectónico de software que separa la lógica de negocio (Modelo), la presentación (Vista) y el flujo de control (Controlador). Laravel implementa este patrón en el backend del sistema.

MySQL. Sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) de código abierto que utiliza el lenguaje SQL para la definición y manipulación de datos. Es el motor de base de datos utilizado en este proyecto para almacenar toda la información del SGC.

No Conformidad. Incumplimiento de un requisito definido en la norma ISO 9001:2015, en los documentos del SGC o en los criterios establecidos por la organización. Cada no conformidad debe ser tratada con acciones correctivas documentadas y evaluadas por su eficacia.

ORM (Object-Relational Mapping). Técnica de programación que permite trabajar con una base de datos relacional usando objetos del lenguaje de programación, abstrayendo las consultas SQL. Eloquent es el ORM de Laravel utilizado en el backend del sistema.

PHP (Hypertext Preprocessor). Lenguaje de programación interpretado del lado del servidor, de código abierto, ampliamente utilizado para el desarrollo de aplicaciones web dinámicas. El backend del sistema está desarrollado en PHP mediante el framework Laravel.

PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar). Ciclo de mejora continua también conocido como ciclo de Deming o ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act). Es el modelo de gestión base de la norma ISO 9001:2015 y rige la lógica de mejora continua implementada en el SGC.

Pinia. Librería oficial de gestión de estado para Vue. Permite centralizar y compartir el estado reactivo de la aplicación entre múltiples componentes, manteniendo la consistencia de los datos en la interfaz de usuario. En el sistema, se implementaron siete stores de Pinia para los distintos dominios funcionales.

RBAC (Role-Based Access Control). Control de acceso basado en roles. Modelo de seguridad en el que los permisos de acceso a recursos se asignan a roles, y los roles se asignan a usuarios. Permite gestionar de forma centralizada y granular qué acciones puede realizar cada usuario dentro del sistema. El SGC implementa RBAC con 88 permisos distribuidos en 9 módulos.

Requerimiento Funcional (RF). Descripción de una funcionalidad específica que el sistema debe proveer. En este proyecto se identificaron 27 requerimientos funcionales (RF-001 a RF-027), organizados por módulo y trazados directamente a los casos de prueba.

SGC (Sistema de Gestión de Calidad). Sistema formal de políticas, procesos, procedimientos y responsabilidades que guían a una organización para cumplir sus objetivos de calidad de manera consistente. El presente sistema web fue desarrollado para apoyar la implementación del SGC de Metalteco S.A.S. conforme a la norma ISO 9001:2015.

SPA (Single Page Application). Aplicación web de página única. Tipo de aplicación en la que el navegador carga una única página HTML y actualiza dinámicamente el contenido sin recargas completas, usando JavaScript para gestionar la navegación y la presentación de datos. El frontend del sistema está implementado como una SPA con Vue.

SQL (Structured Query Language). Lenguaje estándar para la gestión y consulta de bases de datos relacionales. MySQL lo utiliza como lenguaje de definición (DDL) y manipulación de datos (DML).

Tailwind CSS. Framework de CSS utilitario que proporciona clases de bajo nivel para construir interfaces de usuario directamente en el HTML/plantillas, sin necesidad de escribir CSS personalizado. Fue utilizado para el diseño de la interfaz del frontend.

TypeScript. Superconjunto tipado de JavaScript desarrollado por Microsoft que agrega tipado estático opcional al lenguaje. Permite detectar errores en tiempo de compilación y mejora la mantenibilidad del código en proyectos de mediana y gran escala. El frontend del sistema fue desarrollado íntegramente en TypeScript.

Vite. Herramienta de construcción (*build tool*) de frontend de nueva generación que aprovecha los módulos ES nativos del navegador para ofrecer tiempos de inicio y recarga casi

instantáneos durante el desarrollo. Utiliza Rollup para la compilación en producción. Es la herramienta de build del proyecto frontend.

Vue Router. Librería oficial de enrutamiento para aplicaciones Vue.js. Gestiona la navegación dentro de la SPA asociando URLs (rutas) a componentes de vista, incluyendo soporte para rutas anidadas, guardias de navegación y paso de parámetros.

Vue.js. Framework progresivo de JavaScript para la construcción de interfaces de usuario reactivas. Incorpora la Composition API, un sistema de reactividad basado en Proxies ES6 y mejoras de rendimiento significativas. Es el framework de frontend utilizado en el sistema.

Resumen

Título: Sistema web de gestión de calidad para Metalteco S.A.S. apoyado en la norma ISO 9001:2015

Autor: García Vega, Juan Nicolás¹

Palabras clave: sistema de gestión de calidad, ISO 9001:2015, sistema web, Laravel, Vue.js, gestión documental, auditorías internas

La gestión de la calidad en las organizaciones exige cada vez más el apoyo de herramientas tecnológicas que centralicen la información y faciliten el cumplimiento de estándares normativos. El presente trabajo de grado documenta el desarrollo e implementación de un sistema web de gestión de calidad para Metalteco S.A.S., empresa metalmecánica colombiana, con base en los requisitos de la norma ISO 9001:2015.

El sistema fue desarrollado durante una práctica empresarial, utilizando Laravel como framework de backend, MySQL como sistema de gestión de base de datos y Vue con TypeScript como framework de frontend. El desarrollo siguió un modelo iterativo e incremental organizado en diez fases, dando como resultado siete módulos funcionales: configuración y autenticación con control de acceso basado en roles (RBAC), gestión documental, gestión de procesos e indicadores de desempeño (KPI), auditorías, gestión de riesgos y oportunidades, no conformidades y acciones correctivas, preventivas, de mejora y gestión del cambio (ACPM/GC), y un dashboard con indicadores del SGC.

El alcance funcional del sistema se definió a partir del análisis de 27 requerimientos funcionales elaborados en conjunto con el equipo de gestión de calidad de la empresa. La validación se realizó mediante 36 casos de prueba funcionales, cuya ejecución arrojó un resultado del 100 % de aprobación. El sistema fue puesto en producción en las instalaciones de Metalteco S.A.S. y el equipo del SGC fue capacitado en su uso mediante sesiones presenciales y tours guiados interactivos integrados en la plataforma.

Los resultados demuestran que el sistema centraliza la información del SGC, mejora la trazabilidad de las actividades de calidad y genera evidencias exportables que pueden ser utilizadas en auditorías internas y externas, contribuyendo a la consolidación del sistema de gestión de calidad de la organización.

¹ Trabajo de grado. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: Magister Duván Yahir Sanabria Echeverry.

Abstract

Title: Web-based quality management system for Metalteco S.A.S. supported by the ISO 9001:2015 standard

Author: García Vega, Juan Nicolás²

Key words: quality management system, ISO 9001:2015, web system, Laravel, Vue.js, document management, internal audits

Quality management in organizations increasingly demands the support of technological tools that centralize information and facilitate compliance with regulatory standards. This undergraduate thesis documents the development and implementation of a web-based quality management system for Metalteco S.A.S., a Colombian metalworking company, based on the requirements of the ISO 9001:2015 standard.

The system was developed during an internship, using Laravel as the backend framework, MySQL as the database management system, and Vue with TypeScript as the frontend framework. Development followed an iterative and incremental model organized into ten phases, resulting in seven functional modules: configuration and authentication with role-based access control (RBAC), document management, process management and key performance indicators (KPI), audits, risk and opportunity management, nonconformities and corrective, preventive, improvement and change management actions (ACPM/GC), and a dashboard with QMS indicators.

The functional scope of the system was defined based on the analysis of 27 functional requirements developed jointly with the company's quality management team. Validation was conducted through 36 functional test cases, all of which passed, yielding a 100% approval rate. The system was deployed in production at Metalteco S.A.S. facilities, and the QMS team was trained in its use through in-person sessions and interactive guided tours integrated into the platform.

The results demonstrate that the system centralizes QMS information, improves traceability of quality activities, and generates exportable evidence that can be used in internal and external audits, contributing to the consolidation of the organization's quality management system.

² Degree Work. Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Systems and Informatics Engineering. Director: Master Duván Yahir Sanabria Echeverry.

Introducción

La gestión de la calidad se ha convertido en un factor determinante para la sostenibilidad y competitividad de las organizaciones en un entorno empresarial cada vez más exigente. La norma ISO 9001:2015 proporciona un marco reconocido internacionalmente para establecer sistemas de gestión de calidad que aseguren la eficacia de los procesos, el cumplimiento de los requisitos del cliente y la mejora continua. En este contexto, las tecnologías digitales representan una oportunidad estratégica para fortalecer la implementación y seguimiento de dichos sistemas, especialmente en pequeñas y medianas empresas que buscan eficiencia y trazabilidad.

Este trabajo de grado se enmarca dentro de una práctica empresarial en la empresa Metalteco S.A.S., y tiene como propósito desarrollar un sistema web de gestión de calidad que cumpla con los requisitos de la norma ISO 9001:2015. La solución se desarrolló con tecnologías web modernas (Laravel para el backend y Vue con TypeScript para el frontend), permitiendo automatizar procesos, centralizar la información y facilitar el acceso a los datos relevantes del sistema. Esta propuesta busca no solo apoyar el cumplimiento normativo, sino también aportar valor real a la operación de la empresa.

El alcance y las limitaciones del sistema se describen con detalle en el capítulo 1. En términos generales, la solución se orienta a centralizar la información del SGC, mejorar la trazabilidad de las actividades y generar evidencias útiles para auditorías internas y externas, sin pretender sustituir el proceso formal de certificación.

El documento se organiza en nueve capítulos: el capítulo 1 presenta el planteamiento y la justificación del problema; el capítulo 2 define los objetivos general y específicos; el capítulo 3 expone el marco de referencia, que comprende los fundamentos teóricos, el marco tecnológico y los antecedentes; el capítulo 4 describe la metodología adoptada; el capítulo 5 detalla el desarrollo

del sistema, incluyendo el análisis de requerimientos, la arquitectura, el modelo de datos y la implementación por módulos; el capítulo 6 presenta los resultados y la validación del sistema; el capítulo 7 expone las conclusiones del trabajo; el capítulo 8 formula las recomendaciones derivadas de la experiencia; y el capítulo 9 plantea las líneas de trabajo futuro. El documento cierra con las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

1. Planteamiento y Justificación del Problema

1.1. Planteamiento del problema

La empresa Metalteco S.A.S. se dedica a la fabricación de maquinaria y equipo de uso general, el cultivo de palma africana para la producción de aceite y otros frutos oleaginosos, el transporte de carga por carretera y la instalación especializada de maquinaria y equipo industrial. En medio de estas actividades, enfrenta el desafío de consolidar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) que responda a los lineamientos de la norma ISO 9001:2015, cuyo propósito es garantizar la estandarización de procesos, la satisfacción del cliente y la mejora continua (ISO, 2015).

En la actualidad, la gestión documental, las auditorías internas, la identificación de riesgos y el seguimiento de acciones correctivas o de mejora se realizan de manera manual o apoyados en herramientas dispersas. Esta situación genera duplicidad y descentralización de la información, dificulta la trazabilidad de los registros y expone a la organización a problemas de confidencialidad, lo cual se traduce en ineficiencia en los procesos de control y toma de decisiones.

1.2. Justificación

El informe más reciente de ISO, *The ISO Survey 2023*, evidencia que existen 837.978 certificados válidos de ISO 9001:2015 en 171 países, consolidándola como la norma de gestión de calidad más adoptada en el mundo. En el caso de Colombia, se reportan 10.231 certificados

vigentes, lo que refleja la alta acogida de esta norma en el país y la necesidad de que las organizaciones fortalezcan sus procesos de calidad mediante herramientas tecnológicas que faciliten su implementación (ISO, 2024). Esta cifra no solo demuestra la vigencia de la norma, sino también la importancia de contar con sistemas que permitan implementarla de manera efectiva y sostenible en diferentes contextos organizacionales.

En este sentido, distintos estudios han resaltado la necesidad de aprovechar herramientas tecnológicas para hacer más eficiente la implementación de los SGC. da Fonseca et al. (2019) demostraron que la adopción de ISO 9001:2015 acompañada de soluciones digitales favorece la integración de procesos y facilita el control de riesgos, la gestión documental y el seguimiento de indicadores, fortaleciendo la capacidad de decisión y la satisfacción del cliente. A nivel local, Cañas Roa (2018) mostró en su estudio que el desarrollo de mecanismos digitales en la implementación de ISO 9001:2015 en una empresa colombiana permitió fortalecer el compromiso de la alta dirección y mejorar la sensibilización y capacitación del personal en torno a la calidad. De manera complementaria, Palma et al. (2018) señalan que en mercados altamente competitivos resulta indispensable apoyarse en sistemas tecnológicos que centralicen la información, estandaricen los procesos y garanticen la mejora continua, siendo los sistemas web una herramienta clave para alcanzar la sostenibilidad y la competitividad.

Bajo este panorama, para una empresa como Metalteco, que combina actividades industriales, agrícolas y de transporte, resulta imprescindible contar con un sistema que centralice y automatice la gestión de calidad. Con este propósito, se plantea el desarrollo de un sistema web centralizado, con backend en Laravel, base de datos MySQL y frontend en Vue con TypeScript, que permita automatizar los procesos del SGC y asegurar la trazabilidad, la seguridad y el control de la información.

1.3. Alcance y limitaciones

Este proyecto busca no solo apoyar la gestión de la calidad basada en la norma ISO 9001:2015, sino también reducir errores humanos en la digitalización y en el tratamiento de los documentos, aportando a la empresa una plataforma moderna, escalable y alineada con sus necesidades estratégicas. El sistema propuesto no pretende sustituir el proceso formal de certificación ni garantizar por sí mismo la obtención del certificado ISO 9001:2015, sino proporcionar a Metalteco una herramienta basada en la norma que centralice la información del SGC, mejore la trazabilidad de las actividades y genere evidencias utilizables en auditorías internas y externas para facilitar la toma de decisiones.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema web para apoyar la gestión de calidad en la empresa Metalteco S.A.S. basado en la norma ISO 9001:2015 con el fin de centralizar los datos y facilitar la toma de decisiones utilizando las tecnologías Laravel, MySQL y Vue 3.

2.2. Objetivos Específicos

- Analizar los requerimientos dados por la empresa de cada módulo del Sistema de Gestión de Calidad (SGC).
- Diseñar la arquitectura de la solución y el modelo de la base de datos alineados a los requerimientos definidos del SGC.
- Desarrollar los módulos funcionales del SGC para apoyar la gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2015 de la empresa.
- Validar el funcionamiento del sistema desarrollado a través de pruebas funcionales.
- Capacitar al equipo de gestión de calidad de Metalteco S.A.S. en el uso y administración del sistema implementado.

2.3. Cumplimiento de objetivos

La siguiente tabla resume cómo cada objetivo específico fue atendido a lo largo del proyecto, indicando las evidencias asociadas:

Tabla 1.
Cumplimiento de objetivos específicos por capítulo.

| Objetivo específico | Capítulo/sección donde se evidencia | Evidencia principal |
|---|--|---|
| OE1. Analizar los requerimientos de cada módulo del SGC | los Cap. 5, sección 5.1 | Documento de 27 requerimientos funcionales (Apéndice A) |
| OE2. Diseñar la arquitectura y el modelo de base de datos | Cap. 5, secciones 5.2 y 5.3 | Diagrama de arquitectura, modelo entidad-relación, 98 migraciones |
| OE3. Desarrollar los módulos funcionales del SGC | Cap. 5, secciones 5.4 a 5.6 | 7 módulos implementados y operativos |
| OE4. Validar el funcionamiento mediante pruebas funcionales | Cap. 6, sección 6.2 | 36 casos de prueba, 100 % aprobados |
| OE5. Capacitar al equipo de gestión de calidad | Cap. 6, sección 6.3 | Sesiones de capacitación, tours guiados integrados |

3. Marco de Referencia

Este capítulo presenta el marco de referencia del proyecto, organizado en tres secciones complementarias. La sección 3.1 (Fundamentos Teóricos) aborda los conceptos esenciales sobre Sistemas de Gestión de Calidad, la norma ISO 9001:2015, la transformación digital en la gestión de la calidad, las herramientas digitales para un SGC eficiente (Quality 4.0) y el concepto de producto mínimo viable (MVP). La sección 3.2 (Marco Tecnológico) describe las tecnologías seleccionadas para el desarrollo del sistema: PHP, Laravel, MySQL, Vue con TypeScript, Vite, Pinia, Vue Router, Laravel Sanctum y Gogs. Finalmente, la sección 3.3 (Antecedentes) revisa trabajos previos relacionados con la digitalización de SGC y la implementación de ISO 9001 con apoyo tecnológico.

3.1 Fundamentos Teóricos

3.1.1 Sistema de Gestión de la Calidad e ISO 9001:2015

Un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) se puede definir como un conjunto de procesos y responsabilidades claramente definidos que hacen que una empresa funcione como debe. A través de políticas, procesos y procedimientos formalizados, el SGC guía a la organización para estandarizar y mejorar continuamente los controles de calidad en la producción de bienes o prestación de servicios. Un SGC eficaz permite satisfacer de forma consistente las expectativas de los clientes y entregar productos o servicios con el mínimo desperdicio posible, por lo que constituye un requisito previo para el éxito sostenible de la organización. En otras palabras, gestionar bien la calidad, asegurando la continuidad de procesos, reduciendo errores y mejorando la satisfacción del cliente, resulta esencial en el entorno competitivo actual.

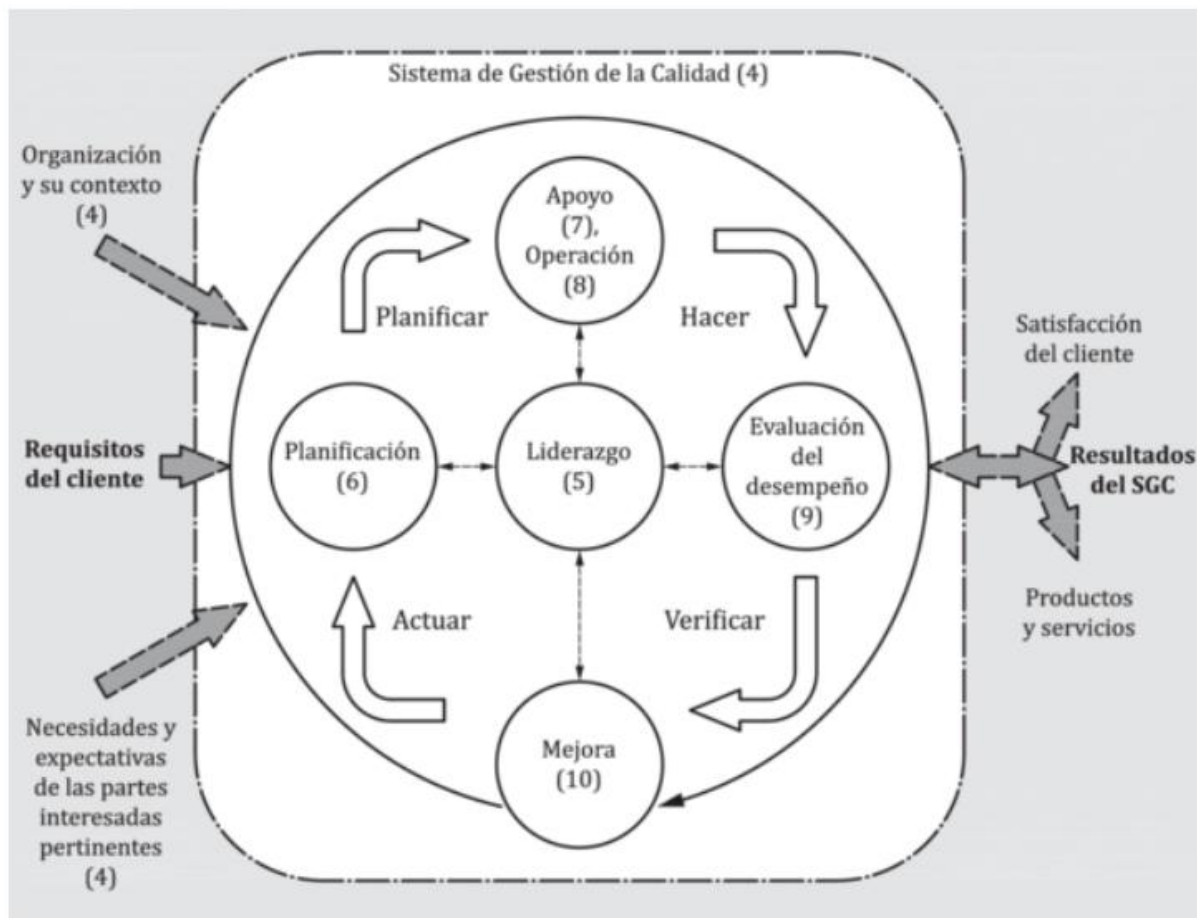
La ISO 9001:2015 es el estándar internacional que especifica los requisitos para implementar un SGC de alcance completo. Organizaciones de todos los tamaños utilizan esta norma para demostrar su capacidad de proporcionar consistentemente productos y servicios que satisfacen los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables. Con más de un millón de organizaciones certificadas en más de 170 países, ISO 9001 es la norma de calidad más adoptada en el mundo. Publicada originalmente en 1987 por la Organización Internacional de Normalización (ISO), la norma se ha revisado periódicamente para mantenerse relevante; su revisión más reciente (quinta edición) fue en 2015. Esta versión ISO 9001:2015 introdujo cambios significativos para modernizar la gestión de la calidad, incluyendo nueva terminología, reestructuración de requisitos y una lista explícita de principios de calidad a considerar. En especial, se enfatizó el pensamiento basado en riesgos para potenciar el enfoque por procesos, una mayor aplicabilidad al sector de servicios y un incremento de los requisitos de liderazgo por parte de la alta dirección. Asimismo, la ISO 9001:2015 fortaleció elementos antes secundarios, como la comprensión del contexto de la organización (factores internos y externos que afectan al negocio) y la consideración de las

necesidades de las partes interesadas, integrándolos ahora como parte fundamental de la planificación del SGC (secciones 4.1 y 4.2 de la norma).

La norma se basa en el ciclo de mejora continua PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), adoptando un enfoque por procesos orientado a cumplir objetivos de calidad de manera eficiente. El pensamiento basado en riesgos introducido en 2015 reemplazó al antiguo concepto de acciones preventivas, buscando que la organización identifique proactivamente los riesgos y oportunidades que pueden afectar al sistema de calidad. De esta forma, ISO 9001:2015 insta a determinar los factores que podrían hacer que los procesos y el SGC se desvíen de los resultados previstos, y a poner en marcha acciones preventivas para minimizar efectos no deseados. Este enfoque preventivo permea todo el sistema: desde la planificación de objetivos y procesos (cláusula 6.1 sobre riesgos y oportunidades) hasta la mejora continua basada en hechos (uso de datos e indicadores para tomar decisiones informadas, cláusulas 9 y 10). En suma, ISO 9001:2015 proporciona un marco estructurado, de aplicación universal, para que las organizaciones organicen sus procesos, mejoren la eficiencia, identifiquen riesgos y oportunidades de forma proactiva y mejoren continuamente. La alta dirección juega un rol crucial en este modelo, debiendo alinear el SGC con la dirección estratégica de la empresa y fomentando una cultura de calidad y mejora continua en todos los niveles.

Figura 1.

Representación de la estructura de la norma ISO 9001:2015 con el ciclo PHVA



Nota. Tomado de "Los procesos y Deming", por TIC Process, s.f.,

<https://www.ticprocess.com/blog/los-procesos-y-deming>

3.1.2 Transformación Digital en la Gestión de la Calidad

La transformación digital en el ámbito de la calidad se refiere al reemplazo de métodos manuales y basados en papel por soluciones digitales en todas las actividades del SGC. Implica una evolución fundamental en cómo se ejecutan los procesos de calidad, aprovechando tecnologías de la información para hacerlos más eficientes, ágiles y fiables. En términos generales, la transformación digital supone cambiar todas las actividades organizativas en todos sus aspectos mediante la creación de un entorno habilitado digitalmente. En el caso de la gestión de calidad,

esto se traduce en nuevas formas de diseñar procesos, interactuar con clientes y proveedores, tomar decisiones y mejorar internamente.

Una de las ventajas más destacadas de la digitalización es la reducción del impacto de los factores humanos en el control de calidad: las tecnologías digitales permiten disminuir significativamente los errores humanos en la detección y prevención de fallas o no conformidades. Por ejemplo, la introducción de sistemas automáticos de inspección, registros electrónicos y alertas reduce las omisiones o transcripciones erróneas que pueden ocurrir en procesos manuales. Asimismo, las herramientas digitales hacen posible el monitoreo en tiempo real de métricas de calidad, proporcionando a los gestores una visión instantánea del desempeño de los procesos. Este acceso inmediato a los datos facilita la toma de decisiones rápida basada en evidencias y permite reaccionar ágilmente ante cualquier desviación de los estándares de calidad, fomentando la mejora continua oportuna. En paralelo, la analítica avanzada (Big Data, predictive analytics) está revolucionando la forma de analizar la información de calidad: gracias a estas técnicas, las empresas pueden incluso anticipar problemas de calidad antes de que ocurran, reduciendo drásticamente el riesgo de no conformidades.

Otra pieza clave de la transformación digital es la adopción de plataformas en la nube y accesibilidad remota. Los SGC basados en la nube ofrecen la flexibilidad de acceder al sistema desde cualquier lugar y en cualquier momento, algo vital para organizaciones distribuidas geográficamente o con modalidades de teletrabajo. Al contar con un repositorio centralizado de documentos y datos de calidad accesible vía web, se mejora la colaboración entre equipos y sedes, a la vez que se asegura que todos operen bajo la misma información actualizada. Un SGC digital puede implementarse enteramente en formato electrónico en lugar de usar listas de chequeo y formularios físicos, lo cual ahorra tiempo, mitiga riesgos y minimiza la posibilidad de errores en

la operación. Para lograr una digitalización exitosa se requiere planificación cuidadosa, considerando también los requisitos normativos y la ciberseguridad para proteger los datos del sistema.

La transformación digital aporta al SGC nuevas capacidades que potencian su eficacia: integración de datos en tiempo real, automatización de tareas rutinarias, análisis predictivo y colaboración en línea, entre otras. Sin embargo, también demanda un enfoque estratégico y cultural: los expertos señalan que su éxito requiere compromiso desde la alta dirección (incorporándola en la visión estratégica) y una cultura de mejora continua abierta al cambio. El personal de calidad juega un rol importante liderando o facilitando este proceso, involucrando y capacitando a toda la organización en el uso de las nuevas herramientas. Cuando la transformación digital se alinea con la gestión de la calidad, ambos conceptos se refuerzan mutuamente para mejorar productos, procesos y cultura organizacional, impactando positivamente la satisfacción del cliente y la sostenibilidad de la empresa.

3.1.3 Herramientas Digitales para un SGC Eficiente (Quality 4.0)

Derivado de lo anterior, han surgido numerosas soluciones tecnológicas enfocadas en apoyar cada requisito del estándar ISO 9001 dentro de lo que se conoce como Quality 4.0. La incorporación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) al SGC agiliza las operaciones, mejora la trazabilidad de los procesos y convierte los datos en información valiosa para la mejora continua. A continuación, se mencionan las principales categorías de herramientas digitales utilizadas en un SGC moderno, junto con sus aportes:

Software de gestión documental. El control de la información documentada es un pilar de ISO 9001 (cláusula 7.5). Las aplicaciones de gestión documental permiten administrar de manera centralizada todos los documentos del sistema (manuales, procedimientos, registros, etc.),

controlando versiones y accesos. Con estos sistemas, cuando un documento es actualizado, todos los usuarios acceden automáticamente a la última versión, evitando el uso de formatos obsoletos. Además, habitualmente incluyen flujos de aprobación electrónicos y notificaciones, asegurando que los cambios sean revisados y autorizados. La automatización de la gestión de documentos reduce el trabajo manual de control de versiones y minimiza riesgos de incoherencia. Muchas organizaciones implementan repositorios en la nube integrados con sus sistemas empresariales para este fin, garantizando disponibilidad de la información en múltiples sedes y facilitando auditorías (al disponer de evidencia documental inmediata).

Plataformas para no conformidades y acciones correctivas. La norma ISO 9001 exige identificar, analizar y tratar las no conformidades mediante acciones correctivas y preventivas. Las herramientas digitales especializadas en este ámbito permiten registrar cada incidencia o desviación detectada, asignarla a un responsable, planificar acciones con plazos y hacer seguimiento hasta su cierre. Automatizar este flujo reduce el riesgo de que una no conformidad quede sin tratamiento y propicia respuestas consistentes orientadas a eliminar la causa raíz del problema. Además, estos sistemas generan estadísticas de incidencias recurrentes, tiempos de resolución y efectividad de las acciones, datos que resultan valiosos en las revisiones por la dirección y en las auditorías internas.

Herramientas de auditoría digital. Las auditorías internas (cláusula 9.2) son fundamentales para verificar la eficacia del SGC. Actualmente existen aplicaciones móviles y software especializado que facilitan la realización de auditorías en formato digital. Mediante listas de verificación electrónicas, el auditor puede evaluar en sitio con una tablet o portátil, adjuntar evidencias (incluso fotografías), y al finalizar generar automáticamente el informe de auditoría. Esto estandariza el proceso auditor y reduce tiempos de reporte. Adicionalmente, los hallazgos de

auditoría quedan registrados en una base de datos, permitiendo analizar tendencias (por ejemplo, porcentaje de cumplimiento por proceso, hallazgos repetitivos, etc.). La digitalización de las auditorías mejora la calidad de los resultados y brinda trazabilidad completa del proceso auditor. Cabe destacar que algunas herramientas integran esta funcionalidad con el módulo de no conformidades, de modo que las desviaciones encontradas en auditoría alimenten directamente el registro de acciones correctivas para su tratamiento.

Dashboards e inteligencia de negocios. ISO 9001 promueve la toma de decisiones basada en evidencia objetiva (principio de enfoque basado en hechos). Por ello, muchas organizaciones despliegan tableros de control (dashboards) en tiempo real que muestran los indicadores clave de calidad. Por ejemplo, se puede visualizar de forma gráfica el nivel de satisfacción del cliente, el índice de rechazos o retrabajos, el porcentaje de entregas a tiempo, costos de no calidad, entre otros KPI. Herramientas de Business Intelligence (BI) permiten conectar los datos del SGC para generar estas visualizaciones y análisis interactivos. De esta manera, la dirección y los responsables de proceso pueden monitorear continuamente el desempeño y tomar decisiones inmediatas ante cualquier desviación. Los informes en tiempo real incrementan la capacidad de la organización para responder con rapidez a desviaciones de los estándares de calidad, asegurando la mejora continua y el cumplimiento de requisitos. Los dashboards convierten, así, la gran cantidad de datos del sistema en información comprensible y accionable para la gestión de la calidad.

Herramientas colaborativas y gestión del conocimiento. La cultura de la calidad se fortalece cuando el personal puede comunicar y compartir fácilmente información relevante. En esta línea, las tecnologías tipo Web 2.0 (intranets corporativas, wikis, sistemas de gestión del conocimiento) desempeñan un rol importante. Por ejemplo, una intranet colaborativa ofrece una

plataforma central donde los empleados acceden a documentación de calidad, noticias, foros de consulta y lecciones aprendidas, facilitando la comunicación multidireccional dentro de la organización. Estas herramientas promueven la participación del personal en la mejora del SGC, ya que cualquier colaborador puede proponer mejoras o reportar problemas de forma transparente. Al mismo tiempo, sirven para capacitar continuamente al equipo en procedimientos y cambios normativos. La gestión digital del conocimiento rompe los silos de información y crea una base común que impulsa la mejora continua y la estandarización en toda la organización.

Las soluciones descritas ilustran cómo integrar la tecnología con los principios de la norma ISO 9001 no solo facilita su cumplimiento, sino que impulsa una transformación organizacional más profunda. Estudios y casos prácticos señalan que las organizaciones que digitalizan su sistema de calidad obtienen mejores resultados en auditorías externas y logran mayor involucramiento del personal en el SGC. La automatización de procesos administrativos libera tiempo que el equipo de calidad puede destinar a actividades de mayor valor, como el análisis de causas y la innovación en los procesos. La norma ISO 9001 y las tecnologías digitales actúan, así, como aliados complementarios: la norma define los requisitos, y la digitalización optimiza la forma en que se cumplen, posicionando a la gestión de la calidad en el contexto de la Industria 4.0.

3.1.4 Producto Mínimo Viable (MVP)

El concepto de producto mínimo viable, conocido como *Minimum Viable Product* (MVP), proviene de la metodología Lean Startup y fue popularizado por Eric Ries (2011). El MVP se entiende como la versión más sencilla y reducida de un producto que permite ofrecer valor básico al usuario y, al mismo tiempo, obtener el máximo aprendizaje validado sobre sus necesidades con el menor esfuerzo posible. En lugar de construir desde el inicio una solución completa y cargada de funcionalidades, el enfoque MVP propone lanzar una primera versión con un conjunto mínimo

de características esenciales, probarla con usuarios reales, recoger retroalimentación y usar esa información para mejorar y escalar el producto de forma iterativa.

Aplicar la idea de MVP permite reducir el riesgo técnico y de negocio, evitar inversiones elevadas en funcionalidades que el usuario no necesita y acelerar el tiempo de salida a producción. En el contexto de proyectos de desarrollo de software, el MVP funciona como un terreno de prueba para validar supuestos sobre el problema, la solución y la aceptación del sistema. Para este trabajo, adoptar un enfoque de producto mínimo viable implica priorizar los módulos y funcionalidades del sistema de gestión de calidad que aportan mayor valor inmediato a Metalteco, desplegar una primera versión funcional que centralice y estructure la información clave del SGC, y a partir de su uso real ir madurando y ampliando el sistema conforme a la retroalimentación de los usuarios y a las restricciones de tiempo propias de la práctica empresarial.

3.2 Marco Tecnológico

3.2.1 PHP (Hypertext Preprocessor)

PHP es un lenguaje de programación del lado del servidor, de propósito general, ampliamente utilizado para desarrollo web. Es un lenguaje interpretado, de código abierto, conocido por su facilidad de uso y sintaxis flexible, lo que le ha permitido mantenerse vigente desde su creación en 1994. PHP se caracteriza por ser adecuado para generar contenido dinámico en páginas web, interactuando frecuentemente con bases de datos para producir sitios y aplicaciones web data-driven. De hecho, PHP es un popular lenguaje de scripts de uso general especialmente adecuado para el desarrollo web; es rápido, flexible y pragmático. Su popularidad también radica en la extensa comunidad de desarrolladores y la gran cantidad de librerías y marcos disponibles que simplifican tareas comunes (autenticación, manejo de formularios, acceso a bases de datos, etc.).

3.2.2 Framework Laravel

Laravel es un framework de desarrollo web escrito en PHP que sigue el patrón arquitectónico MVC (Modelo-Vista-Controlador). Lanzado originalmente en 2011, Laravel se ha convertido en uno de los frameworks PHP más populares debido a su sintaxis elegante y a la productividad que ofrece a los desarrolladores. Laravel proporciona una gama completa de herramientas y características listas para usar, como el sistema de plantillas Blade, un ORM (Object-Relational Mapping) llamado Eloquent para interactuar con bases de datos, autenticación y autorización incorporadas, gestión de sesiones, colas de trabajos, y un robusto CLI de comandos llamado Artisan, entre otras.

Una de las fortalezas de Laravel es su énfasis en la escritura expresiva y sencilla del código, permitiendo desarrollar funcionalidades complejas con minimalismo en el código. Por ejemplo, ofrece facades y helpers que simplifican tareas como el envío de emails, broadcasting de eventos, logging, entre otros, sin necesidad de configurar desde cero componentes de terceros. Asimismo, Laravel fomenta las buenas prácticas de diseño (principios SOLID, inyección de dependencias, etc.) y facilita la realización de pruebas automatizadas con una infraestructura lista para PHPUnit.

3.2.3 MySQL (Sistema de Gestión de Base de Datos)

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional (RDBMS) de código abierto, muy reconocido por su rendimiento y fiabilidad en entornos web. Utiliza el lenguaje SQL (Structured Query Language) como medio para manipular y consultar los datos almacenados. MySQL organiza la información en tablas (filas y columnas) permitiendo establecer relaciones entre ellas, lo que facilita modelar datos complejos de forma estructurada. Se trata de uno de los sistemas gestores de bases de datos relacionales más extendidos a nivel mundial, con presencia

tanto en proyectos de pequeña escala como en aplicaciones empresariales de alta concurrencia y gran volumen de datos.

Los desarrolladores suelen elegir MySQL por su escalabilidad, permitiendo manejar cantidades masivas de datos y concurrencia de usuarios, y por su compatibilidad con múltiples lenguajes de programación (PHP, Java, Python, etc.).

3.2.4 Vue con TypeScript

Vue.js es un framework progresivo de JavaScript para la construcción de interfaces de usuario interactivas. Creado por Evan You, Vue se caracteriza por su facilidad de adopción, su rendimiento eficiente y su arquitectura versátil que combina las mejores ideas de frameworks anteriores con innovaciones propias. Técnicamente, Vue sigue el patrón MVVM (Model-View-ViewModel), permitiendo desarrollar tanto componentes individuales reutilizables como completas aplicaciones Single Page Application (SPA). De acuerdo con su definición formal, Vue.js es un framework JavaScript de frontend, de código abierto, modelo vista-vista-modelo, para la construcción de interfaces de usuario y aplicaciones de una sola página. Entre sus ventajas destacan: un sistema de reactividad altamente optimizado (gracias a Proxies ES6 en Vue), la posibilidad de usar la Composition API para organizar lógicamente el código, y un ecosistema rico de bibliotecas oficiales (enrutamiento, gestión de estado, etc.).

En este proyecto, Vue se utiliza para desarrollar la interfaz de usuario como una SPA moderna. Esto significa que la aplicación cliente carga una única página web y mediante Vue administra la actualización dinámica de la vista según la interacción del usuario, sin requerir recargas completas de página. Además, la arquitectura de componentes de Vue permite dividir la

UI en piezas pequeñas, independientes y reutilizables, lo que mejora la mantenibilidad del código frontend.

3.2.5 Vite

Vite es una herramienta de construcción (build tool) de frontend de próxima generación, diseñada para proporcionar un entorno de desarrollo más rápido y liviano para proyectos web modernos. Su nombre, que significa "rápido" en francés, refleja su principal objetivo: agilizar la carga y compilación de los recursos durante el desarrollo. A diferencia de bundlers tradicionales como Webpack, Vite aprovecha características nativas de ES Modules en los navegadores modernos y un servidor de desarrollo con HMR (Hot Module Replacement) ultrarrápido, logrando tiempos de arranque y actualizaciones casi instantáneos. En palabras de su documentación, Vite es una herramienta de build que busca ofrecer una experiencia de desarrollo más rápida y ligera para proyectos web modernos. En modo desarrollo, Vite sirve los módulos directamente sin empaquetarlos todos de antemano, y en modo producción realiza un bundle eficiente utilizando Rollup por debajo.

En el proyecto, Vite se ha utilizado (en conjunción con Vue) para gestionar el módulo frontend. Esto incluye la transpilación de código Vue y JavaScript moderno a un formato compatible con la mayoría de navegadores, la aplicación de bundling y minificación de los archivos para producción, y la incorporación de plugins necesarios (por ejemplo, compatibilidad con archivos .vue, soporte a PostCSS, etc.). Vite sustituyó en el ecosistema Vue al anterior Vue CLI/Webpack debido a sus mejoras de rendimiento notables: durante el desarrollo de esta SPA, Vite permitió tiempos de recarga muy reducidos al guardar cambios, lo cual agilizaba la iteración de codificación. Además, su configuración es sencilla y basada en plugins, lo que facilitó integrarlo con el router de Vue y Pinia sin esfuerzos mayores.

3.2.6 Pinia (Gestor de Estado para Vue.js)

Pinia es la librería oficial de gestión de estado para Vue (y compatible también con Vue 2), diseñada como una evolución más sencilla y ligera de Vuex. Un gestor de estado centralizado es útil en aplicaciones SPA complejas donde se necesita compartir datos entre múltiples componentes sin recurrir únicamente a props y emit events, manteniendo la reactividad y consistencia de dichos datos. Pinia adopta una sintaxis inspirada en la Composition API de Vue, haciendo que la definición de stores (tiendas de estado) sea más intuitiva. Cada store en Pinia es básicamente una fuente única de estado global que puede contener propiedades (estado), getters (estado derivado) y actions (métodos que modifican el estado). Según una descripción general, Pinia es una librería de estado para Vue.js que ofrece una forma más intuitiva y potente de manejar el estado en aplicaciones Vue. Entre sus ventajas: es más simple de configurar que Vuex (no requiere módulos namespace complicados), soporta tipado TypeScript de forma amigable, permite usar múltiples tiendas separadas por dominio funcional, y se integra fácilmente con Vue DevTools para inspeccionar mutaciones.

3.2.7 Vue Router (Enrutador de una sola página)

Vue Router es la librería oficial de enrutamiento para aplicaciones Vue.js. En una SPA típica, aunque solo exista un archivo HTML principal, Vue Router permite crear la sensación de múltiples páginas virtuales definiendo rutas asociadas a componentes de vista. Es decir, gestiona la navegación dentro de la aplicación cliente, cambiando el contenido mostrado según la URL (ruta) sin recargar la página desde el servidor.

3.2.8 Laravel Sanctum (Autenticación para SPA)

Laravel Sanctum es un paquete oficial de Laravel que proporciona un sistema ligero de autenticación para aplicaciones SPA, móviles y APIs token-based. Fue diseñado para simplificar

la autenticación en escenarios donde el frontend es una SPA separada del backend (como un cliente JavaScript) y se requiere asegurar las comunicaciones con la API de Laravel. Sanctum ofrece dos modalidades: autenticación basada en cookies de sesión (stateful) para SPAs de primer origen, y emisión de tokens API personales para servicios externos o apps móviles. En el modo SPA, Sanctum aprovecha las sesiones de Laravel y las protecciones CSRF, de modo que tras un login exitoso la SPA y el backend comparten una sesión segura mediante cookie; esto evita tener que gestionar manualmente JWTs u otros tokens en el cliente para cada petición. Es muy apreciado por su sencillez: con pocas configuraciones, un desarrollador puede proteger rutas de API usando middleware auth:sanctum y Laravel se encarga de validar automáticamente la cookie/tokens enviados por el cliente.

3.2.9 Gogs (Control de Versiones Git Auto-Hospedado)

Gogs es una plataforma de control de versiones self-hosted que permite alojar repositorios Git de forma ligera y sencilla. Es una alternativa minimalista a servicios como GitHub o GitLab, ideal para organizaciones que desean mantener su código en servidores propios. Gogs está escrito en Go, lo que le otorga un despliegue muy eficiente en términos de uso de recursos; de hecho, su objetivo declarado es ser tan simple de instalar como ejecutar un binario. Es 100% de código abierto (licencia MIT) y soporta las funcionalidades esenciales de Git: gestión de repos, usuarios, autenticación (local o vía LDAP), issues, pull requests, revisión de código, webhooks, entre otros, todo accesible desde una interfaz web limpia.

3.3 Antecedentes

Históricamente, los sistemas de gestión de calidad se implementaban de forma predominantemente documental y manual. Las primeras versiones de ISO 9001 (1987, 1994, 2000)

exigían manuales de calidad extensos, procedimientos impresos y numerosos registros en papel. Con el avance de las tecnologías, comenzaron a aparecer herramientas informáticas para apoyar estos sistemas; sin embargo, la adopción de las TIC en la gestión de la calidad fue paulatina y enfrentó cierta resistencia en diversos entornos. Un estudio de 2018 en universidades argentinas reveló que, pese a la disponibilidad de muchas herramientas TIC gratuitas o de bajo costo, la mayoría de las universidades nacionales no había implementado la amplia gama de dichas herramientas para sus SGC. En ese contexto, los autores resaltan que las TIC pueden ordenar, sistematizar y simplificar los procesos de calidad, pero su aprovechamiento aún era limitado en el sector educativo público hacia finales de la década pasada. Esto evidencia que la transformación digital de la calidad, si bien reconocida como necesaria, tuvo inicialmente un ritmo lento fuera del ámbito industrial, debido en parte a limitaciones presupuestales, culturales o de conocimiento tecnológico.

A medida que las organizaciones enfrentan exigencias crecientes de eficiencia y agilidad, han surgido cada vez más iniciativas y estudios enfocados en digitalizar los SGC. Diversos autores han propuesto modelos y marcos de referencia para la transformación digital aplicada a ISO 9001 en distintos sectores. Por ejemplo, Martínez y Faraldi (2019) presentaron una serie de herramientas informáticas como solución efectiva para implementar la calidad en la gestión universitaria, demostrando cómo la sistematización y coordinación de recursos mediante TIC puede mejorar significativamente la eficiencia en la gestión de la calidad académica. Su trabajo enfatizó que los cambios de la versión 2015 de la norma (como el enfoque en riesgos) pueden apalancarse con tecnología para lograr mejores resultados en instituciones educativas.

En el ámbito empresarial colombiano, Peña y Vargas (2022) desarrollaron un modelo de transformación digital del SGC en una empresa tecnológica (caso Link Wireless), destacando la

necesidad de automatizar los procesos de calidad a través de software para cumplir eficazmente con los estándares de la industria. En dicho estudio se identificó que la organización debía modernizar su cadena de valor y digitalizar tanto los procesos operativos como los controles de calidad, alineándose con ISO 9001:2015 y complementando la gestión con sistemas de información robustos (incluso integrando normas relacionadas como ISO 27001 para seguridad de la información). Los resultados mostraron que la implementación progresiva de ese modelo digital dio continuidad al SGC y mejoró los procesos operativos, evidenciando el potencial de las herramientas digitales para optimizar la calidad y la productividad simultáneamente.

En el panorama global, la convergencia de la gestión de calidad con la transformación digital se enmarca en la tendencia de Industria 4.0 y el concepto emergente de Calidad 4.0. Este concepto alude a la aplicación de tecnologías de la cuarta revolución industrial (IoT, analítica de datos, inteligencia artificial, automatización avanzada, blockchain, etc.) para llevar los sistemas de calidad a un nuevo nivel de predictividad y control en tiempo real. Las economías desarrolladas han liderado esta innovación, mientras que en Latinoamérica la adopción ha sido más lenta por las barreras de inversión y cambio organizacional. Estudios señalan que muchos países latinoamericanos mostraban resistencia al cambio tecnológico en procesos de negocio, debido tanto a la inversión requerida como a la complejidad de implementar estas nuevas tendencias. No obstante, países como Colombia han empezado a sumarse a iniciativas internacionales para impulsar la Cuarta Revolución Industrial, reconociendo la importancia de modernizar también la gestión de calidad. De hecho, Colombia se unió al Centro para la Cuarta Revolución Industrial del Foro Económico Mundial, enfocándose en áreas como inteligencia artificial, Internet de las Cosas y ciudades inteligentes, con el fin de acelerar proyectos piloto y compartir innovaciones

globalmente. Esto indica un respaldo institucional a la digitalización, creando un entorno más favorable para que las empresas adopten herramientas de Calidad 4.0.

En la actualidad, implementar ISO 9001 con apoyo digital se está volviendo la práctica recomendada. Empresas consultoras en calidad promueven integrar la norma con soluciones tecnológicas para lograr sistemas más ágiles y eficaces. Por ejemplo, desde la experiencia de consultores españoles, se afirma que combinar ISO 9001 con procesos de digitalización inteligente resulta en implementaciones más ágiles, efectivas y sostenibles. Las organizaciones que han dado este paso reportan beneficios tangibles: mayor agilidad operativa (flujos de trabajo optimizados, menos tareas manuales), mejor acceso a la información (colaboración en tiempo real), mayor control y trazabilidad (todas las acciones registradas, facilitando auditorías), y capacidad de adaptación al trabajo remoto. Adicionalmente, se incrementa la participación del personal en la mejora continua, al proveerles herramientas más amigables y transparentes para involucrarse en la gestión de calidad.

El conjunto de antecedentes revisados evidencia que la digitalización de los SGC basados en ISO 9001 ha avanzado de forma progresiva en distintos sectores y contextos geográficos, con resultados positivos en eficiencia operativa y cumplimiento normativo. Sin embargo, la mayoría de las propuestas documentadas se circunscriben a grandes organizaciones o a soluciones comerciales de alto costo, con escasa atención a pequeñas y medianas empresas del sector metalmecánico colombiano. El presente trabajo aborda precisamente ese vacío: el desarrollo de una herramienta web propia, adaptada a los procesos específicos de una empresa como Metalteco S.A.S., que integre los requisitos de la norma ISO 9001:2015 en una solución accesible y centrada en las necesidades reales del equipo de gestión de calidad.

4. Metodología

4.1 Enfoque metodológico

Se adoptó un modelo iterativo e incremental por módulos orientados a un producto mínimo viable (MVP) (véase la sección 3.1.4). El sistema se construyó por partes funcionales (configuración e inicio de sesión, documentos, procesos, auditorías, riesgos, no conformidades e indicadores), avanzando en ciclos cortos. Cada ciclo cerró con un incremento utilizable, revisado primero con el ingeniero líder (validación técnica) y, cuando el módulo estuvo íntegro, con la profesional del SGC (validación funcional y de uso). Este enfoque permitió priorizar por valor y riesgo, aprender temprano y reducir retrabajo.

4.1.1 Modelo iterativo e incremental

El proyecto adoptó el modelo iterativo e incremental como eje de trabajo. Este modelo combina dos enfoques complementarios:

- **Incremental:** el producto crece por versiones sucesivas que incorporan nuevas funcionalidades hasta completar el alcance.
- **Iterativo:** cada versión se refina y mejora mediante ciclos cortos donde se revisa lo construido, se corrigen desvíos y se ajusta el diseño.

La planificación se organizó en incrementos de alcance acotado. En cada incremento se seleccionó un subconjunto de requisitos priorizados por valor, riesgo y dependencias técnicas. Cada ciclo siguió un flujo simple y repetible: análisis, diseño, construcción, pruebas y ajustes, de modo que el resultado de una iteración alimentara a la siguiente con conocimiento y correcciones tempranas.

Este enfoque reduce el costo de corrección, permite mostrar avances funcionales frecuentes y facilita la adaptación a cambios sin bloquear el cronograma general.

Estructura y criterios:

- **Unidad de entrega:** incremento funcional verificable, preferiblemente centrado en un módulo o submódulo.
- **Criterios de corte:** el flujo principal del incremento debe operar de extremo a extremo, con validaciones básicas y sin errores críticos.
- **Priorización:** primero lo más crítico o riesgoso; luego extensiones y mejoras.
- **Retroalimentación:** revisión técnica breve en cada vuelta y revisión funcional cuando el incremento estuvo íntegro.

Para este proyecto el modelo se aplicó por cada uno de los módulos mencionados anteriormente. Cada uno de estos se abordó en uno o más incrementos: se construyó el flujo principal, se validó técnicamente, se ajustó con retroalimentación funcional y, de ser necesario, se iteró para incorporar mejoras o extensiones. Con ello, el sistema creció paso a paso, manteniendo siempre una versión utilizable para continuar el desarrollo sin detener el avance global.

4.1.2 Ciclo de trabajo por módulo

El ciclo de trabajo aplicado a cada módulo constó de los siguientes pasos:

- **Ajuste de alcance:** priorización de funcionalidades y dependencias con el ingeniero líder.
- **Diseño técnico mínimo:** modelo y relaciones de datos, endpoints en Laravel y bosquejo de vistas en Vue + TypeScript.

- **Construcción:** implementación del flujo principal con validaciones básicas, permisos y registro en bitácora.
- **Verificación:** pruebas manuales dirigidas con datos de prueba sintéticos generados durante el desarrollo.
- **Revisión:** técnica (ingeniero líder) y, cuando el módulo estuvo íntegro, funcional (profesional del SGC).
- **Ajustes:** correcciones puntuales y preparación del siguiente ciclo.

Criterios de avance:

- Para revisión técnica: el flujo principal opera con datos de prueba y sin errores críticos.
- Para revisión funcional: además de lo anterior, existen permisos básicos, mensajes claros y validaciones visibles.

4.1.3 Fases y actividades

A continuación, se listan en orden los módulos priorizados y por cada uno las funcionalidades esenciales necesarias para que funcionen, siguiendo el concepto de producto mínimo viable (MVP):

Fase 1. Base técnica y módulo de configuración e inicio de sesión

- Definición inicial del modelo entidad-relación del sistema.
- Creación, edición e inactivación de usuarios.
- Definición y gestión de perfiles y roles.
- Autenticación básica: inicio y cierre de sesión con control de acceso.

Fase 2. Módulo de gestión documental

- Carga de documentos al sistema.
- Registro de metadatos mínimos.

- Manejo de estados y versiones de los documentos.
- Vistas generales para consulta y filtrado básico.
- Notificaciones esenciales asociadas a cambios relevantes.
- Revisión y ajuste funcional a partir del uso inicial.

Fase 3. Módulo de gestión de procesos

- Carga y edición del mapa de procesos.
- Definición de la estructura base de procesos.
- Registro y caracterización de procesos.
- Relación de procesos con documentos del sistema.
- Refinamiento de la estructura según la retroalimentación de los usuarios.

Fase 4. Módulo de auditorías

- Programación de auditorías y elaboración del programa de auditorías.
- Construcción del cronograma de auditoría.
- Diseño y uso de listas de verificación mínimas.
- Registro de hallazgos y observaciones.
- Generación de informes de auditoría.
- Corrección y ajuste del módulo según resultados de las primeras ejecuciones.

Fase 5. Módulo de gestión de riesgos

- Registro de riesgos.
- Evaluación básica de probabilidad e impacto.
- Visualización de resultados en un mapa de calor.
- Ajustes a partir de la retroalimentación.

Fase 6. Módulo de gestión de no conformidades y acciones

- Registro de no conformidades y acciones asociadas.
- Clasificación de acciones ACPM/GC (acción correctiva, preventiva, de mejora y gestión del cambio).
- Seguimiento al estado de cada acción.
- Ajustes al flujo y a los campos según las necesidades del SGC.

Fase 7. Módulo de informes y dashboard

- Definición y visualización de indicadores mínimos del SGC.
- Tableros básicos para seguimiento gerencial.
- Exportación de información clave a PDF o Excel.
- Revisión y mejora de los indicadores a partir de la retroalimentación.

Nota: Durante el desarrollo de la Fase 3 se determinó que los indicadores de desempeño (KPIs) estaban más estrechamente vinculados al módulo de procesos que al dashboard, dado que cada KPI se define, versiona y mide en el contexto de un proceso específico. Por esta razón, la implementación de los KPIs se adelantó e integró en la Fase 3 (módulo de gestión de procesos), mientras que el dashboard de la Fase 7 se enfocó en la visualización consolidada de indicadores y estadísticas del SGC.

Fase 8. Revisión final y pruebas de esfuerzo

- Recorrido completo de la plataforma y estabilización.

Fase 9. Implementación y capacitación

- Sesiones de capacitación para implementación del sistema.

Fase 10. Mantenimiento

- Correcciones menores y mejoras puntuales.

Figura 2.
Cronograma del plan de trabajo de grado

| ACTIVIDAD | MES 1 | | | | MES 2 | | | | MES 3 | | | | MES 4 | | | | MES 5 | | | | MES 6 | | | |
|---|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10 | S 11 | S 12 | S 13 | S 14 | S 15 | S 16 | S 17 | S 18 | S 19 | S 20 | S 21 | S 22 | S 23 | S 24 |
| Capacitación e ingreso a la empresa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Creación del modelo Entidad Relación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de configuración e inicio de sesión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de gestión documental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de gestión de procesos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de auditorías | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de gestión de riesgos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de gestión de No Conformidades | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Informe y dashboard | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión final y pruebas de esfuerzo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Documentación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implementación y capacitación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mantenimiento de la plataforma | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5. Desarrollo del Sistema

En este capítulo se describe el proceso de desarrollo del sistema web de gestión de calidad para Metalteco S.A.S. El contenido abarca desde el análisis de requerimientos hasta la implementación y validación de cada módulo funcional, pasando por las decisiones arquitectónicas y el diseño del modelo de datos.

La exposición sigue el orden de las fases definidas en la metodología iterativa e incremental (véase el capítulo de Metodología) y se organiza de la siguiente manera: la sección 5.1 presenta el análisis de requerimientos funcionales del sistema, atendiendo al objetivo específico 1 (analizar los requerimientos de cada módulo del SGC); las secciones 5.2 y 5.3 describen la arquitectura y el modelo de datos, en correspondencia con el objetivo específico 2 (diseñar la arquitectura y el modelo de base de datos); la sección 5.4 detalla la implementación de cada módulo funcional, respondiendo al objetivo específico 3 (desarrollar los módulos funcionales del SGC); la sección

5.5 describe las funcionalidades transversales del sistema; y la sección 5.6 documenta las decisiones de diseño más relevantes, complementando el objetivo específico 2. Las actividades de validación (objetivo específico 4) y capacitación (objetivo específico 5) se abordan en el capítulo de Resultados y Validación.

5.1 Análisis de requerimientos funcionales

Como primer paso del desarrollo, y en cumplimiento del objetivo específico 1, se llevó a cabo el análisis de los requerimientos funcionales del sistema en conjunto con el equipo de gestión de calidad de Metalteco S.A.S. y el ingeniero líder de desarrollo. Este proceso se realizó de forma iterativa: al inicio de cada fase se definía el alcance del módulo correspondiente, priorizando las funcionalidades por valor para el SGC y viabilidad técnica.

El resultado fue un documento de 27 requerimientos funcionales (RF-001 a RF-027), organizados por módulo y alineados con las cláusulas aplicables de la norma ISO 9001:2015. Cada requerimiento incluye descripción, actor principal, fuente normativa, prioridad, criterio de verificación y situaciones atípicas identificadas. La Tabla 5.1 detalla su distribución por módulo, con el nombre de cada requerimiento y la cláusula de la norma que lo origina.

Tabla 2.
Distribución de requerimientos funcionales por módulo

| Módulo | RF | Nombre requerimiento | del Cláusula 9001:2015 | ISO |
|--------------------------------|----------|------------------------------------|---------------------------|-----|
| Configuración Autenticación | y RF-001 | Gestionar usuarios | — | |
| Configuración Autenticación | y RF-002 | Gestionar roles y permisos | — | |
| Gestión Documental | RF-003 | Crear documento | 7.5 | |
| Gestión Documental | RF-004 | Actualizar versión de documento | 7.5.3 | |
| Gestión Documental | RF-005 | Revisar documento | 7.5 | |
| Gestión Documental | RF-006 | Aprobar documento | 7.5 | |

| | | | |
|-----------------------------|--------|---|--------|
| Gestión Documental | RF-007 | Descargar documento | 7.5 |
| Gestión Documental | RF-008 | Consultar y exportar matriz de documentos | 7.5 |
| Gestión de Procesos | RF-009 | Crear proceso | 4.4 |
| Gestión de Procesos | RF-010 | Editar proceso | 4.4 |
| Gestión de Procesos | RF-011 | Actualizar mapa de procesos | 4.4 |
| Gestión de Procesos | RF-012 | Registrar caracterización de proceso | 4.4 |
| Gestión de Procesos | RF-027 | Visualizar indicadores del SGC | 9.1 |
| Auditorías Internas | RF-013 | Crear programa anual de auditorías | 9.2 |
| Auditorías Internas | RF-014 | Crear auditoría | 9.2 |
| Auditorías Internas | RF-015 | Editar auditoría | 9.2 |
| Auditorías Internas | RF-016 | Ejecutar auditoría con hallazgos | 9.2.2 |
| Auditorías Internas | RF-017 | Visualizar calendario de auditorías | 9.2 |
| Auditorías Internas | RF-018 | Exportar informe y programa de auditorías | 9.2 |
| Gestión de Riesgos | RF-019 | Crear riesgo | 6.1 |
| Gestión de Riesgos | RF-020 | Editar riesgo | 6.1 |
| Gestión de Riesgos | RF-021 | Visualizar matriz de calor de riesgos | 6.1 |
| Gestión de Riesgos | RF-022 | Gestionar salvaguardas del riesgo | 6.1 |
| No Conformidades y Acciones | RF-023 | Crear acción | 10.2 |
| No Conformidades y Acciones | RF-024 | Editar acción | 10.2 |
| No Conformidades y Acciones | RF-025 | Gestionar plan de acción y cierre | 10.2.1 |
| No Conformidades y Acciones | RF-026 | Exportar reporte de acciones | 10.2 |

El documento completo de requerimientos funcionales se incluye en los apendices como Requerimientos funcionales.

A partir de estos requerimientos se tomaron las decisiones de arquitectura y de diseño del modelo de datos que se describen en las secciones siguientes.

5.1.1 Requerimientos no funcionales

Además de los requerimientos funcionales, el desarrollo del sistema estuvo sujeto a un conjunto de requerimientos no funcionales establecidos por la empresa y el director del proyecto como restricciones tecnológicas y normativas del desarrollo.

Tabla 3.

Requerimientos no funcionales del sistema

| ID | Categoría | Descripción |
|-----------|---------------------|--|
| RNF-001 | Tecnología backend | El sistema debe desarrollarse utilizando el lenguaje PHP con el framework Laravel |
| RNF-002 | Tecnología frontend | La interfaz de usuario debe implementarse con Vue y TypeScript |
| RNF-003 | Base de datos | El sistema debe utilizar MySQL como motor de base de datos |
| RNF-004 | Normativa | El sistema debe alinearse con los requisitos aplicables de la norma ISO 9001:2015 para la gestión de calidad |
| RNF-005 | Acceso | El sistema debe ser accesible desde un navegador web sin requerir instalación de software adicional en el equipo del usuario |

Estos requerimientos condicionaron las decisiones de arquitectura y selección de herramientas descritas en las secciones siguientes.

5.2 Arquitectura general del sistema

El sistema fue diseñado como una aplicación web de arquitectura cliente-servidor, separando claramente la capa de presentación (frontend) de la capa de lógica de negocio y persistencia (backend API). Esta separación permite que ambas capas evolucionen de forma independiente y facilita la escalabilidad futura del sistema.

Figura 3.

Diagrama de arquitectura general del sistema.

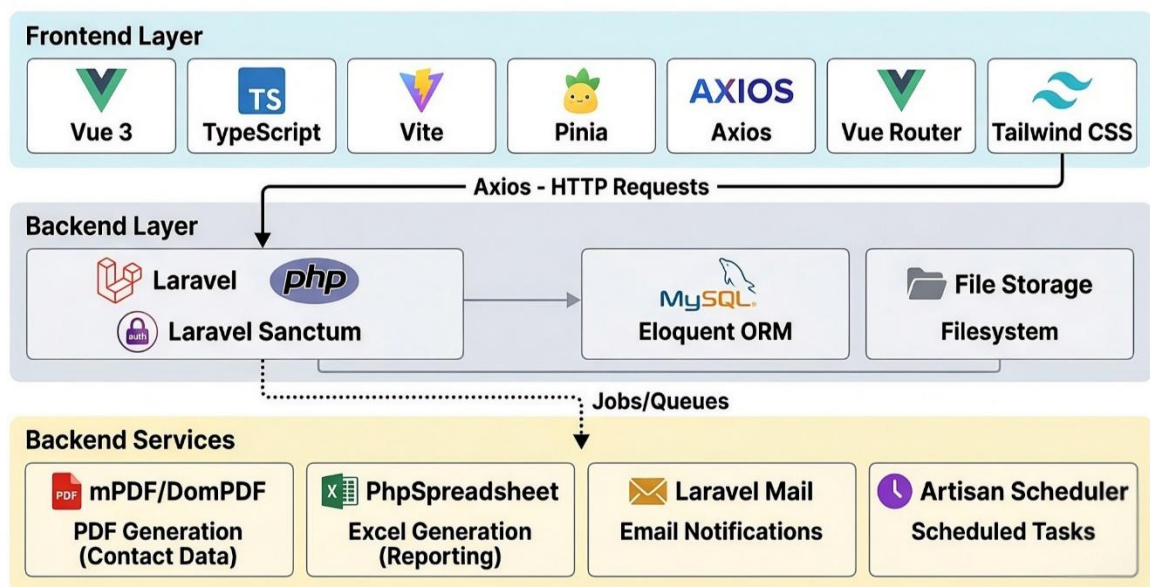
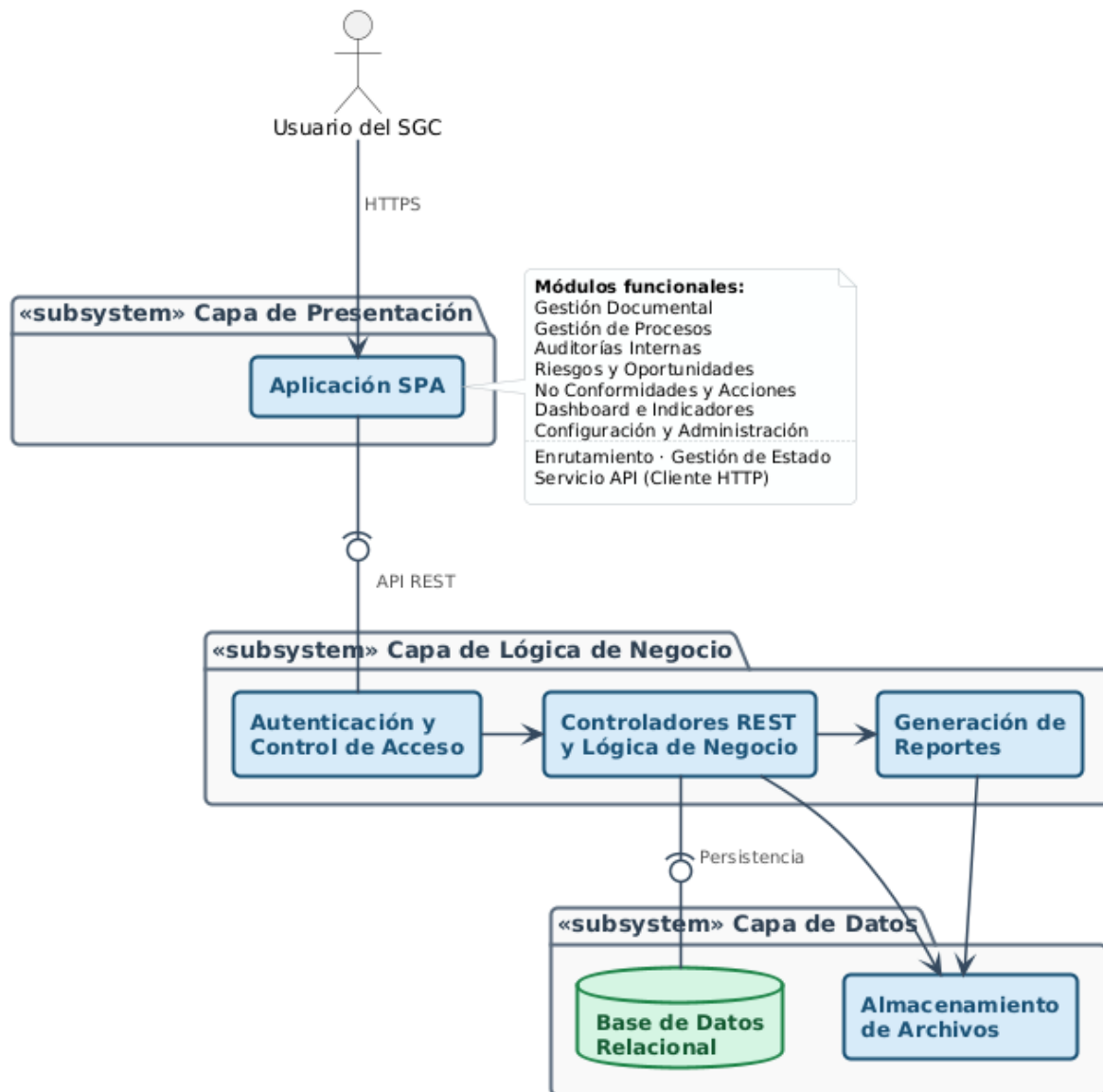


Figura 4.
Diagrama general de componentes del sistema



5.2.1 Capa del cliente (frontend)

El frontend se implementó como una aplicación de página única (SPA) utilizando Vue con TypeScript como lenguaje principal. La gestión del estado global se realiza mediante Pinia (reemplazo oficial de Vuex), el enrutamiento con Vue Router y la construcción del proyecto con Vite. Los estilos se desarrollaron con Tailwind CSS, adoptando un diseño utilitario que permitió

prototipar e iterar rápidamente sobre la interfaz sin depender de una biblioteca de componentes preconstruidos.

La arquitectura del frontend se organiza en las siguientes capas:

- **Vistas (views/):** Cada módulo del sistema cuenta con una vista principal que orquesta la presentación de datos, los filtros y las acciones disponibles. Existen 10 vistas principales correspondientes a los módulos del SGC más las vistas de autenticación y perfil.
- **Componentes (components/):** Organizados en subcarpetas por dominio funcional (layout/, common/, audits/, documents/, process/, users/). Incluyen componentes reutilizables como tablas con paginación, formularios modales, selectores múltiples, notificaciones tipo toast y un componente de firma digital basado en la librería `signature_pad`.
- **Stores (stores/):** Siete stores de Pinia gestionan el estado de la aplicación: autenticación, auditorías, no conformidades, procesos, riesgos, usuarios y permisos. Cada store encapsula tipos TypeScript, estado reactivo, getters derivados y acciones asíncronas.
- **Composables:** Cuatro composables personalizados encapsulan lógica transversal: verificación de permisos RBAC en la interfaz, sistema de notificaciones tipo toast, tours guiados interactivos y validación jerárquica de procesos.
- **Capa de servicios API:** Un módulo centralizado agrupa todas las llamadas a la API REST del backend mediante una instancia de Axios configurada para la autenticación basada en cookies de Sanctum. Este módulo exporta 17 servicios (uno por recurso del backend) y gestiona automáticamente la renovación de tokens CSRF.

- **Directivas personalizadas:** El frontend incluye una directiva de permisos que permite mostrar u ocultar elementos de la interfaz según los permisos del usuario autenticado, con soporte para evaluación conjuntiva (AND) y disyuntiva (OR).

El sistema de layout consiste en un sidebar de navegación fijo (Navbar.vue) de 256 px de ancho en escritorio, que se transforma en un drawer deslizante en dispositivos móviles. Los ítems de navegación se renderizan condicionalmente según los permisos del usuario. El contenido principal se dispone en un área flexible a la derecha del sidebar, con un pie de página estático.

5.2.2 Capa del servidor (backend API)

El backend se implementó como una API RESTful con Laravel y PHP. La autenticación se gestiona mediante Laravel Sanctum, que provee autenticación basada en cookies de sesión para la SPA (modo stateful) y tokens API para posibles integraciones externas. La base de datos es MySQL, accedida a través del ORM Eloquent de Laravel.

La estructura del backend sigue las convenciones de Laravel con las siguientes particularidades:

- **Controladores (Http/Controllers/Api):** Organizados en subcarpetas por dominio: Accion/ (no conformidades y planes de acción), Admin/ (usuarios y permisos), Audit/ (exportación e informes de auditoría), Auth/ (recuperación de contraseña) y Master/ (catálogos editables). En total se implementaron más de 30 controladores que exponen los endpoints de la API.
- **Modelos (Models/):** 40 modelos Eloquent distribuidos en Models/App/ (dominio del SGC) y Models/Auth/ (modelo Usuario). Cada modelo define sus relaciones (belongsTo, hasMany, belongsToMany), casts de atributos y scopes de consulta.

- **Middleware personalizado:** Se desarrollaron cuatro middlewares: CheckPermission (verificación de permisos RBAC con soporte para operadores OR | y AND), TouchUserLastSeen (actualización de la última actividad del usuario), LogRequestMiddleware (registro de peticiones en bitácora) y el middleware estándar de autenticación de Sanctum.
- **Servicios de soporte (Support/):** ExportAccionService centraliza la generación de PDFs y archivos ZIP para los casos ACPM/GC (no conformidades), incluyendo firmas digitales y numeración de páginas. ProcesoTree implementa el cálculo y caché del árbol jerárquico de procesos para optimizar consultas de filtrado por descendientes y ancestros.
- **Migraciones:** 98 archivos de migración que documentan la evolución incremental del esquema de base de datos, desde la creación de las tablas fundacionales hasta ajustes de columnas, nuevas tablas de historial y la implementación del módulo de KPIs.
- **Generación de documentos:** Se utilizan tres librerías para la generación de reportes exportables: DomPDF y mPDF para la generación de documentos PDF (informes de auditoría, reportes de riesgos, fichas de no conformidad), y PhpSpreadsheet para la exportación de datos a formato Excel (matrices de documentos, informes de auditoría, reportes de acciones).

5.2.3 Comunicación entre capas

La comunicación entre el frontend y el backend se realiza exclusivamente mediante peticiones HTTP (JSON) a través de Axios. El flujo de autenticación opera bajo el modelo stateful de Sanctum: al iniciar sesión, el backend establece una cookie de sesión segura (HttpOnly) y una cookie XSRF-TOKEN para la protección contra ataques CSRF. El interceptor de Axios en el frontend lee la cookie XSRF-TOKEN y la incluye como encabezado X-XSRF-TOKEN en cada

petición. Cuando el token CSRF expira (error HTTP 419), el interceptor solicita automáticamente una nueva cookie y reintenta la petición original de forma transparente para el usuario.

5.2.4 Sistema de permisos (RBAC)

Se implementó un sistema de control de acceso basado en roles (RBAC, Role-Based Access Control) con granularidad a nivel de acción individual. El modelo RBAC, formalizado por Sandhu et al. (1996), organiza los derechos de acceso en torno a roles intermedios entre usuarios y permisos, facilitando la administración de la seguridad en sistemas de información. El modelo implementado consta de tres entidades:

- **Rol:** Agrupa un conjunto de permisos y se asigna a los usuarios.
- **Permiso:** Representa una acción específica dentro de un módulo (por ejemplo, `documents.view`, `audits.create`, `risks.delete`). Se identificaron e implementaron 88 permisos granulares organizados en 9 módulos: documentos, procesos, auditorías, acciones (no conformidades), riesgos (incluye oportunidades y tratamientos), KPIs, catálogos, usuarios y permisos.
- **Tabla pivot rol_permiso:** Relaciona roles con permisos.

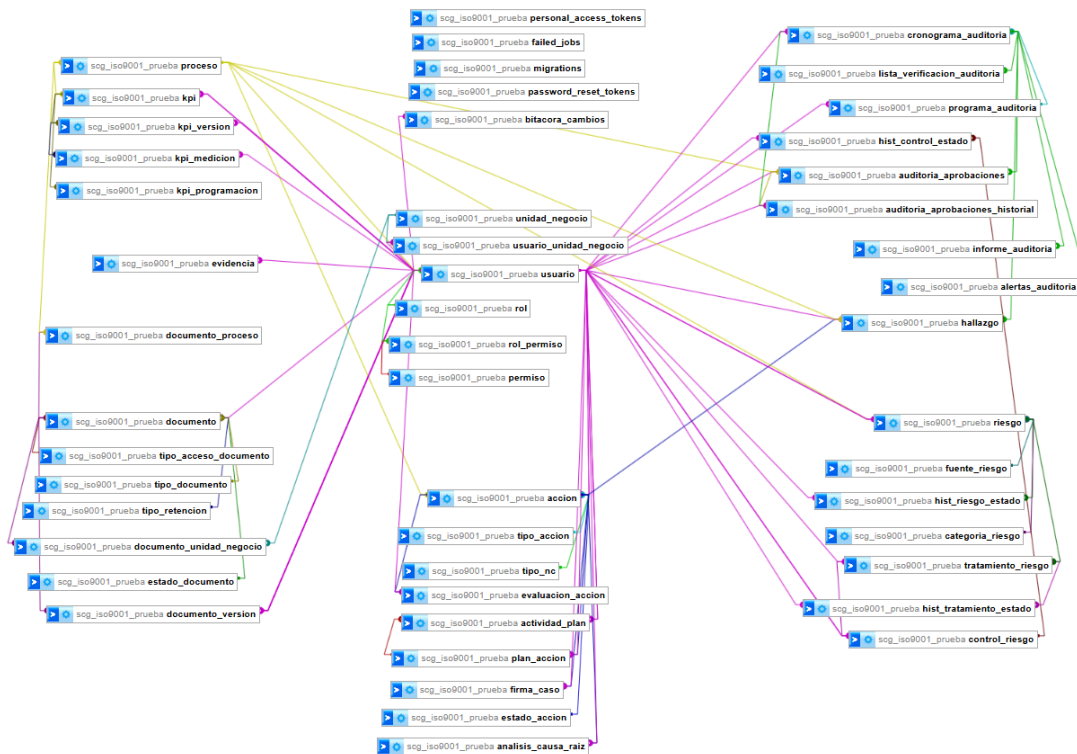
En el backend, el middleware `CheckPermission` intercepta las rutas protegidas y verifica que el usuario autenticado posea el permiso requerido a través de su rol. En el frontend, el composable `usePermissions` y la directiva `v-can` replican esta verificación utilizando el array de permisos que el backend retorna al autenticar al usuario, controlando tanto la visibilidad de elementos como la accesibilidad de rutas mediante el guard de navegación del router.

5.3 Modelo de datos

El modelo de datos del sistema se diseñó a partir de los requerimientos funcionales identificados en la sección 5.1 y los requisitos de la norma ISO 9001:2015. El proceso de diseño fue iterativo: se definió un esquema inicial con las entidades fundamentales (usuarios, roles, procesos, documentos, etc) durante la Fase 1 y se fue extendiendo conforme se incorporaban nuevos módulos en las fases sucesivas. La evolución del esquema quedó documentada en 98 archivos de migración de Laravel, lo que permite reconstruir la historia completa de cambios en la base de datos.

La base de datos MySQL resultante contiene más de 30 tablas principales, organizadas en los siguientes grupos funcionales:

Figura 5.
Diagrama entidad-relación general de la base de datos



Los diagramas entidad-relación detallados por grupo funcional (núcleo organizacional, gestión documental, auditorías, no conformidades, riesgos e indicadores) se incluyen en el Apéndice Diagramas entidad relacion.

Núcleo organizacional: Las tablas usuario, rol, permiso, rol_permiso, departamento, proceso y unidad_negocio conforman la base organizacional del sistema. La tabla proceso implementa una estructura jerárquica auto referenciada (campo parent_id) que permite modelar el árbol de procesos estratégicos, misionales y de apoyo de la organización. Los usuarios se vinculan a un rol y a un proceso principal, y pueden pertenecer a múltiples unidades de negocio a través de una tabla pivot.

Gestión documental: Las tablas documento, documento_version, tipo_documento, estado_documento, tipo_acceso_documento y tipo_retencion soportan el ciclo de vida completo de los documentos del SGC. Cada documento puede tener múltiples versiones, cada una con su propio archivo digital. La relación muchos-a-muchos entre documentos y procesos (tabla pivot documento_proceso) permite que un documento esté asociado a varios procesos simultáneamente.

Auditorías: Las tablas programa_auditoria, cronograma_auditoria, lista_verificacion_auditoria, informe_auditoria, hallazgo, auditoria_aprobaciones y auditoria_aprobaciones_historial modelan el ciclo completo de auditoría interna. El programa de auditoría agrupa las auditorías planificadas para un año. Cada auditoría (cronograma) puede tener múltiples hallazgos, una lista de verificación con ítems evaluables y un flujo de aprobaciones con historial de decisiones.

No conformidades y acciones: Las tablas accion (tabla principal del caso ACPM/GC), plan_accion, actividad_plan, evaluacion_accion, firma_caso y analisis_causa_raiz modelan el registro y seguimiento de no conformidades, acciones correctivas, preventivas, de mejora y de gestión del cambio. Cada caso puede tener un plan de acción con múltiples actividades, evaluaciones de eficacia y firmas digitales de los responsables (ejecutor, seguimiento, aprobador).

Riesgos y oportunidades: Las tablas riesgo, tratamiento_riesgo, control_riesgo, control_ejecucion, evidencia, categoria_riesgo, fuente_riesgo e hist_riesgo_estado soportan la gestión de riesgos y oportunidades. Un riesgo puede tener múltiples tratamientos, cada tratamiento múltiples controles, y cada control múltiples ejecuciones registradas. El historial de estados permite rastrear la evolución del nivel de riesgo a lo largo del tiempo.

Indicadores (KPIs): Las tablas kpi, kpi_version, kpi_medicion y kpi_programacion permiten definir indicadores de desempeño vinculados a procesos, registrar sus mediciones periódicas y mantener un historial de cambios en las metas a través del versionamiento.

Trazabilidad: La tabla bitacora_cambios registra las operaciones significativas realizadas en el sistema, incluyendo el usuario que las ejecutó, la acción realizada y la fecha, proporcionando una pista de auditoría del uso del sistema.

Con estos fundamentos técnicos establecidos, se procedió a la implementación de los módulos funcionales del sistema, siguiendo el orden de fases de la metodología.

5.4 Desarrollo por módulos

A continuación, se describe la implementación de cada módulo del sistema, siguiendo el orden de las fases definidas en la metodología. Para cada módulo se presentan las funcionalidades implementadas, las decisiones de diseño relevantes y la validación del incremento entregado, en correspondencia con el ciclo de trabajo por módulo descrito en la metodología (ajuste de alcance → diseño técnico → construcción → verificación → revisión → ajustes).

5.4.1 Fase 1: Módulo de configuración y autenticación

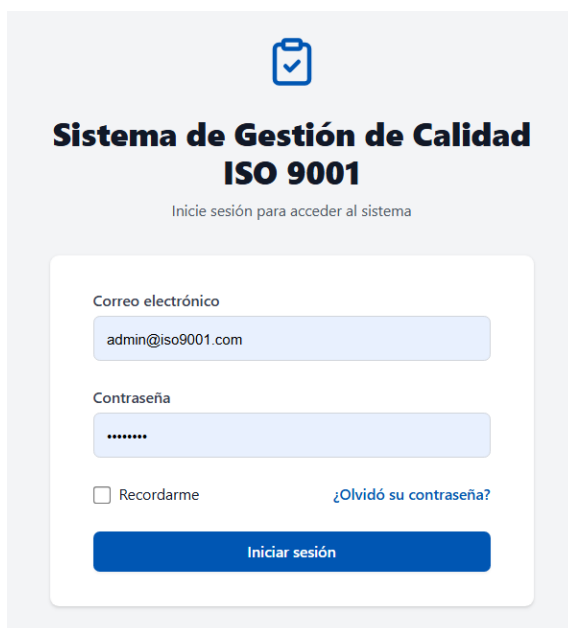
Este módulo constituye la base técnica del sistema e incluye la autenticación de usuarios, la gestión de roles y permisos, y la administración de catálogos maestros.

Autenticación y sesión. Se implementó un flujo de inicio de sesión basado en Laravel Sanctum en modo stateful (cookies de sesión). Al autenticarse, el sistema valida las credenciales del usuario (usuario o correo electrónico y contraseña) y verifica que la cuenta esté activa. Una vez autenticado, el endpoint `/api/auth/me` retorna el perfil completo del usuario, incluyendo su rol, el array de permisos, el proceso al que pertenece y sus unidades de negocio. Se implementó también un flujo de recuperación de contraseña mediante enlace por correo electrónico, utilizando el sistema nativo de tokens de Laravel. Dado que el repositorio se encuentra alojado en un servidor privado de la empresa y su acceso es restringido, aquí se presenta únicamente una muestra del código correspondiente al SGC. La misma estructura de implementación fue utilizada en los demás módulos.

Tabla 4.

Vista y código del login.

Interfaz de
usuario



The image shows a login form for a system titled "Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001". At the top, there is a blue checkmark icon. Below the title, the text "Inicie sesión para acceder al sistema" is displayed. The form contains two input fields: "Correo electrónico" with the value "admin@iso9001.com" and "Contraseña" with masked characters "*****". There is a checkbox labeled "Recordarme" and a link "¿Olvidó su contraseña?". A blue button labeled "Iniciar sesión" is at the bottom.

Código del
frontend

```

gestionalidadapp > src > views > Login.vue > {} template
1 <template>
2   <div class="min-h-screen bg-gray-100 flex flex-col justify-center py-12 sm:px-6 lg:px-8">
3     <div class="sm:mx-auto sm:w-full sm:max-w-md">
4       <div class="flex justify-center">
5         <ClipboardCheck class="h-12 w-12 text-iso-blue" />
6       </div>
7       <h2 class="mt-6 text-center text-3xl font-extrabold text-gray-900">
8         Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001
9       </h2>
10      <p class="mt-2 text-center text-sm text-gray-600">
11        Inicie sesión para acceder al sistema
12      </p>
13    </div>
14
15    <div class="mt-8 sm:mx-auto sm:w-full sm:max-w-md">
16      <div class="bg-white py-8 px-4 shadow sm:rounded-lg sm:px-10">
17        <form class="space-y-6" @submit.prevent="handleLogin">
18          <div>
19            <label for="email" class="block text-sm font-medium text-gray-700">
20              Correo electrónico
21            </label>
22            <div class="mt-1">
23              <input id="email" name="email" type="email" autocomplete="email" required v-model="email"
24                class="form-input" placeholder="ejemplo@iso9001.com" />

```

Código del
backend

```

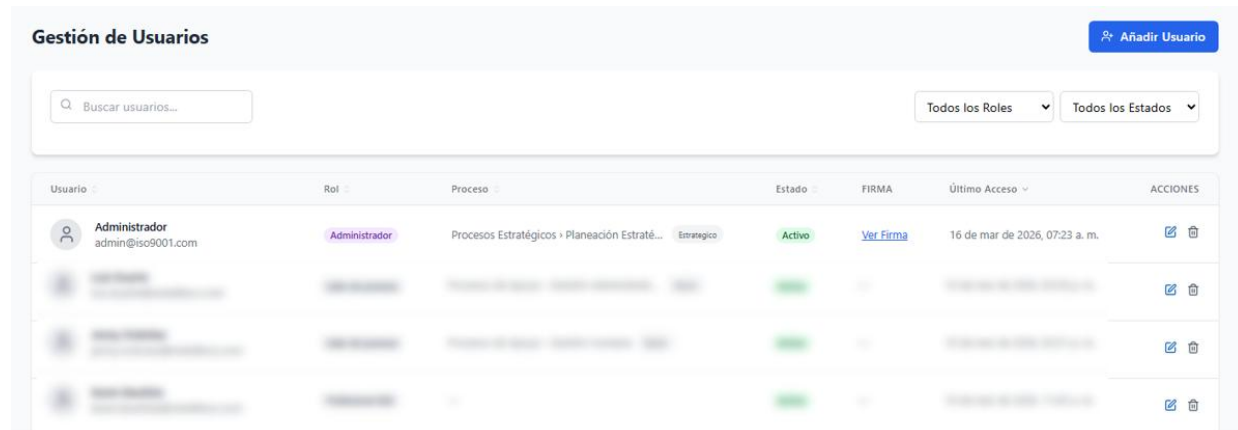
UserController.php X Login.vue
apigestionalidad > app > Http > Controllers > Api > Admin > UserController.php > UserController
19 class UserController extends Controller
20 {
21   /**
22    * Listado paginado de usuarios con filtros (search, rol_id, estado).
23    *
24    * Respuestas:
25    * - 200 OK: Resource Collection con meta de paginación de Laravel.
26    */
27   1 reference | 0 overrides
28   public function index(Request $request): JsonResponse
29   {
30     $this->authorize('viewAny', Usuario::class);
31
32     $rolesSlugs = collect(explode(',', (string) $request->input('roles', '')))
33       ->map(fn($s) => trim($s))
34       ->filter()
35       ->values();
36
37     $query = Usuario::with([
38       'rol.id,nombre,slug',
39       'proceso.parent.parent', // 1 proceso + sus ancestros cercanos para path (opcional:
40       'unidadesNegocio:id,nombre',
41     ])
42     ->when($request->filled('search'), function ($q) use ($request) {
43       $s = trim((string) $request->input('search', ''));

```

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Gestión de usuarios. El módulo de administración de usuarios permite crear, editar e inactivar cuentas del sistema. Cada usuario se asocia a un rol, un proceso principal y una o más unidades de negocio. El formulario de creación y edición incluye un campo para agregar la firma digital, que se almacena como imagen en el servidor y se utiliza posteriormente en la generación de informes PDF. La vista de gestión presenta una tabla con búsqueda, filtros por rol y estado, y ordenamiento por columnas.

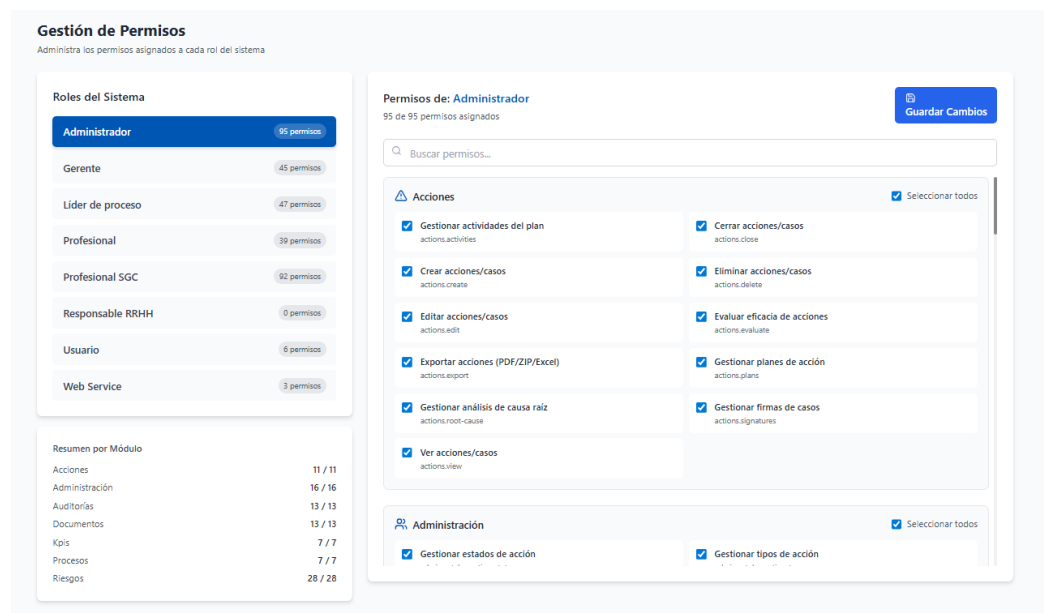
Figura 6.
Vista del módulo de gestión de usuarios.



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Gestión de roles y permisos. El módulo incluye una interfaz de administración que permite visualizar y modificar la asignación de permisos a roles mediante una matriz interactiva. Los 88 permisos del sistema se presentan agrupados por módulo, y el administrador puede adjuntar o desadjuntar permisos a cada rol. Los cambios se reflejan de inmediato en los usuarios que poseen el rol modificado.

Figura 7.
Matriz de asignación de permisos a roles.



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Catálogos maestros. Como parte de esta fase, se desarrollaron catálogos editables para las tablas de soporte del sistema: tipos de documento, tipos de acceso, tipos de retención, estados de documento, unidades de negocio, categorías de riesgo, fuentes de riesgo, tipos de acción y estados de acción. Todos los catálogos comparten un componente genérico reutilizable (MasterListCrud.vue) que recibe las funciones API, los campos del formulario y los permisos requeridos como propiedades, reduciendo significativamente la duplicación de código.

Figura 8.
Vista de catálogos maestros (listas de configuración).

Configuración de Listas Maestras
Administra catálogos y tablas auxiliares del sistema.

| Tipo de Documento | Tipo de Acceso | Tipo de Retención | Estado | Unidad de Negocio | Categoría de Riesgo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-------------------|----------|-------------------|---------------------|------|-------------|----|------|---------------|----|------|----------|----|------|--------|----|------|----------|----|------|-----------------|----|------|--------------------|----|------|----------------|----|------|--------|----|------|-------------------|----|------|-------|----|------|---|--------|----------|--------------|------|---------|------|---|--------|----------|-------|------|--------|------|--------|------|------------|------|--|--------|----------|--------|------|---|--------|----------|-----------------|------|---|--------|--------|---------|----------|-----------|-----|--------|------|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>CÓDIGO</th> <th>ACCIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Formato</td><td>FO</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Instructivo</td><td>IN</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Procedimiento</td><td>PR</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Programa</td><td>PG</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Manual</td><td>MA</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Política</td><td>PO</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Plan de Control</td><td>PC</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Patrón orientativo</td><td>PA</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Video tutorial</td><td>VD</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Matriz</td><td>MT</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Documento general</td><td>DG</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Tabla</td><td>TA</td><td>🔍 🗑️</td></tr> </tbody> </table> | NOMBRE | CÓDIGO | ACCIONES | Formato | FO | 🔍 🗑️ | Instructivo | IN | 🔍 🗑️ | Procedimiento | PR | 🔍 🗑️ | Programa | PG | 🔍 🗑️ | Manual | MA | 🔍 🗑️ | Política | PO | 🔍 🗑️ | Plan de Control | PC | 🔍 🗑️ | Patrón orientativo | PA | 🔍 🗑️ | Video tutorial | VD | 🔍 🗑️ | Matriz | MT | 🔍 🗑️ | Documento general | DG | 🔍 🗑️ | Tabla | TA | 🔍 🗑️ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>ACCIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Confidencial</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>General</td><td>🔍 🗑️</td></tr> </tbody> </table> | NOMBRE | ACCIONES | Confidencial | 🔍 🗑️ | General | 🔍 🗑️ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>ACCIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 año</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>3 años</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>5 años</td><td>🔍 🗑️</td></tr> <tr><td>Indefinido</td><td>🔍 🗑️</td></tr> </tbody> </table> | NOMBRE | ACCIONES | 1 año | 🔍 🗑️ | 3 años | 🔍 🗑️ | 5 años | 🔍 🗑️ | Indefinido | 🔍 🗑️ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>ACCIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Activo</td><td>🔍 🗑️</td></tr> </tbody> </table> | NOMBRE | ACCIONES | Activo | 🔍 🗑️ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>ACCIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Metalmercenaria</td><td>🔍 🗑️</td></tr> </tbody> </table> | NOMBRE | ACCIONES | Metalmercenaria | 🔍 🗑️ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>CÓDIGO</th> <th>VIGENTE</th> <th>ACCIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ambiental</td><td>AMB</td><td>Activo</td><td>🔍 🗑️</td></tr> </tbody> </table> | NOMBRE | CÓDIGO | VIGENTE | ACCIONES | Ambiental | AMB | Activo | 🔍 🗑️ |
| NOMBRE | CÓDIGO | ACCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Formato | FO | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instructivo | IN | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento | PR | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Programa | PG | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Manual | MA | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Política | PO | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plan de Control | PC | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Patrón orientativo | PA | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Video tutorial | VD | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Matriz | MT | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Documento general | DG | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tabla | TA | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | ACCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Confidencial | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| General | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | ACCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 año | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 años | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 años | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Indefinido | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | ACCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activo | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | ACCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Metalmercenaria | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | CÓDIGO | VIGENTE | ACCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ambiental | AMB | Activo | 🔍 🗑️ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Validación del incremento. Este módulo fue revisado técnicamente por el ingeniero líder, verificando el correcto funcionamiento del control de acceso y la asignación de permisos. Tras los

ajustes derivados de la revisión, el módulo quedó operativo como base para los incrementos siguientes.

5.4.2 Fase 2: Módulo de gestión documental

El módulo de gestión documental implementa los requisitos de la cláusula 7.5 de la norma ISO 9001:2015 (Información documentada), permitiendo el control centralizado de todos los documentos del SGC.

Vista general y consulta. La vista principal presenta una tabla filtrable con los documentos registrados en el sistema. Los filtros disponibles incluyen: estado del documento, tipo de documento, unidad de negocio y tipo de retención. Se implementó una función de búsqueda por texto que opera sobre el nombre, código del documento y proceso. Los documentos se presentan con información resumida de sus metadatos y el estado actual de su versión vigente.

Figura 9.

Vista general del módulo de gestión documental

The screenshot shows the 'Control de Documentos' interface. On the left is a sidebar menu with options: Inicio, Documentos (selected), Procesos, Auditorías, Riesgos y Oportunidades, ACPM, and Configuración. The main area has a search bar 'Buscar documentos...' and filters for 'Todos los estados', 'Todas las categorías', 'Todas las unidades', and 'Todas las retenciones'. Below is a table with columns: Documento, Proceso, Versión, Estado, Fecha creación, Ult. actualización, and ACCIONES. The table contains several rows of document data. At the bottom left, the user is identified as 'Administrador' with email 'admin@iso9001.com'. A blue question mark icon is visible in the bottom right corner.

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Creación y edición de documentos. El formulario de creación permite registrar un nuevo documento indicando: nombre, tipo de documento, proceso asociado, unidad(es) de negocio, tipo de acceso (público o confidencial), tipo de retención, responsable y archivo digital adjunto. Los campos de proceso, tipo de documento y demás catálogos se cargan dinámicamente desde la API.

Al guardar, se genera un código único para el documento queda en estado inicial y se inicia el flujo de aprobación.

Figura 10.
Formulario de creación de documento.

Añadir Nuevo Documento ✕

Título del Documento*
Ingrese el título del documento

Tipo* Seleccione un Tipo de documento ▼

Versión* 1
La versión debe ser un número entero (ej: 1, 2, 3, ...)

Retención* Seleccione retención ▼

Responsable Buscar usuario por nombre o correo

Estado* En proceso de aprobación ▼
Recomendado: crear como "En proceso de aprobación" y activar al aprobar.

Acceso* General ▼
Ej: General, Confidencial.

Unidades de negocio*
 Palmeras Metalmecánica
Seleccione una o varias unidades. Seleccionadas: 0

Descripción
Ingrese la descripción del documento

Procesos
Seleccione procesos ▼
Se enviarán los IDs de los procesos seleccionados.

Recuerde escribir este código dentro del documento antes de cargarlo:
Seleccione Tipo y Proceso para ver el código estimado.
* Este código es informativo.

Archivo del Documento
Arrastre y suelte su archivo aquí, o explore
PDF, DOC, DOCX, XLS, XLSX

Cancelar **Guardar Documento**

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Control de versiones. Cada documento puede tener múltiples versiones. El sistema permite crear nuevas versiones adjuntando un archivo actualizado, conservando el historial completo de versiones anteriores accesible desde un modal dedicado. Cada versión registra el archivo, la fecha de creación y el usuario que la generó.

Figura 11.*Modal de historial de versiones de un documento.*

Historial de versiones Cerrar
FO-APOY-0001 · FO-GAMB-55_Inventario_residuos

Nueva versión Crear versión

Versiones Actualizar

v1 • 9/3/2026 Descargar

Creada por: Karly Caballero-Registrada el 09 de mar de 2026, 10:12 a. m.

Revisión: **Aprobado** Aprobación: **Pendiente**

| Revisión | Aprobación |
|--|---|
| Enviado: 09 de mar de 2026, 10:27 a. m. Revisado: 09 de mar de 2026, 10:46 a. m. • por Karen Bautista | Enviado: 09 de mar de 2026, 10:46 a. m. Aprobado: — Observar (Aprobación) Aprobar |

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Flujo de revisión y aprobación. Se implementó un flujo de aprobación en tres etapas: (1) el creador envía el documento a revisión; (2) el responsable de calidad revisa y puede aprobar la revisión o devolver el documento con observaciones; (3) el líder de proceso aprueba finalmente el documento, cambiando su estado a "Activo". Este flujo se gestiona a través de endpoints dedicados en el controlador de versiones (enviarRevision, revisar, enviarAprobacion, aprobar) y los cambios de estado se reflejan en tiempo real en la interfaz.

Exportación de matriz documental. La funcionalidad permite la exportación de la lista de documentos en formato Excel mediante PhpSpreadsheet, respetando los filtros aplicados por el usuario. Esta funcionalidad genera la matriz documental requerida por el SGC para las auditorías internas y externas.

Validación del incremento. La revisión técnica del módulo verificó el flujo completo de carga, versionamiento y aprobación de documentos con datos de prueba. Posteriormente, la

profesional del SGC validó la funcionalidad desde el punto de vista del proceso de gestión documental, lo que derivó en ajustes a los estados y transiciones del flujo de aprobación.

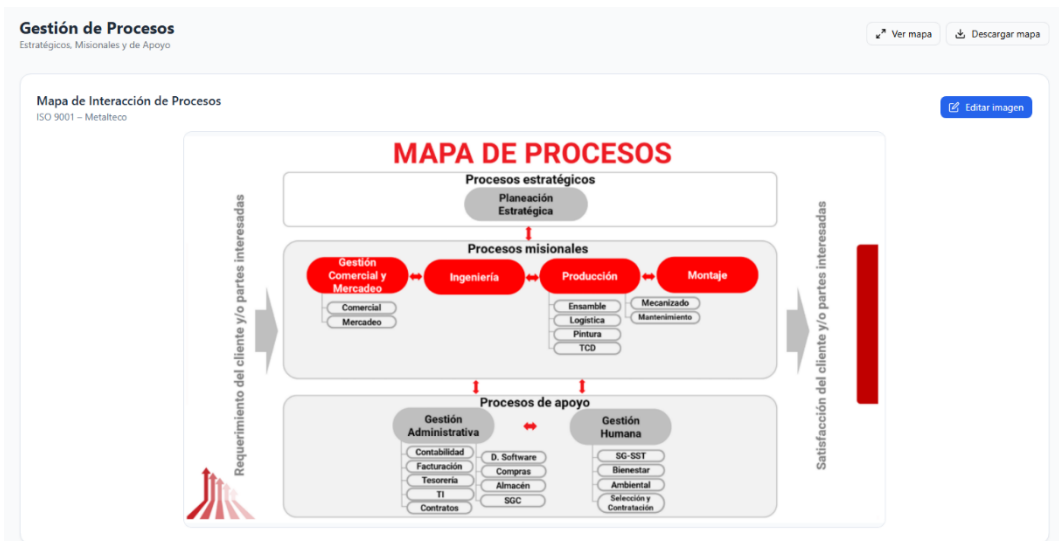
5.4.3 Fase 3: Módulo de gestión de procesos

Este módulo implementa los requisitos de la cláusula 4.4 de la norma ISO 9001:2015 (Sistema de gestión de la calidad y sus procesos), proporcionando la estructura organizacional sobre la cual opera todo el SGC.

Mapa de procesos. El sistema permite cargar y visualizar la representación gráfica del mapa de procesos de la organización (archivo de imagen). La imagen se puede visualizar en un modal ampliado y descargar. El mapa de procesos se actualiza mediante carga directa de una nueva imagen que reemplaza a la anterior.

Figura 12.

Mapa de procesos de la organización



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

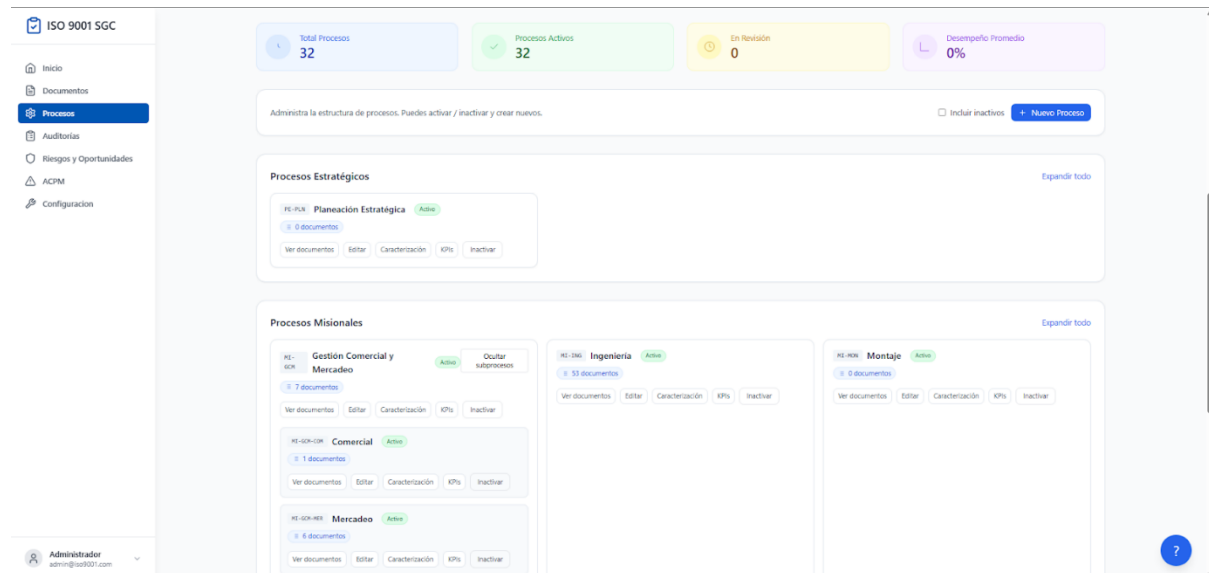
Gestión jerárquica de procesos. Los procesos se organizan en una estructura de árbol auto referenciada (campo parent_id en la tabla proceso), clasificados en tres categorías: estratégicos, misionales y de apoyo. La vista principal presenta los procesos agrupados por

categoría, y cada proceso puede expandirse para mostrar sus subprocesos. Se implementaron operaciones de creación, edición, activación e inactivación, con validación de la integridad del árbol (no se permite inactivar un proceso con subprocesos activos).

El helper `ProcesoTree` en el backend implementa el cálculo eficiente de descendientes y ancestros del árbol de procesos con caché de Laravel (`Cache::remember`), optimizando las consultas de filtrado jerárquico que son frecuentes en los módulos de documentos y auditorías.

Figura 13 .

Vista general del módulo de gestión de procesos.



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Documentos por proceso. La vista individual de cada proceso muestra los documentos asociados, permitiendo navegar directamente al detalle de cada documento. La relación muchos-a-muchos entre procesos y documentos permite que un mismo documento esté vinculado a varios procesos.

Figura 14.
Documentos asociados a un proceso

Documentos – MI-GCM-MER · Mercadeo Cerrar

Listado de documentos del proceso

Total: 6 Incluir subprocesos

| CÓDIGO | DOCUMENTO | VERSIÓN | ESTADO | FECHA |
|------------------|--|---------|--------|--------------|
| FO-MI-GCM-MER-04 | Acta de cierre de PQR | 2 | Activo | 30 ene 2025 |
| FO-MI-GCM-MER-03 | Informe técnico de atención y cierre de PQR'S | 1 | Activo | 16 sept 2024 |
| FO-MI-GCM-MER-02 | Formato de dossier de PQR | 1 | Activo | 12 sept 2024 |
| PR-MI-GCM-MER-01 | Procedimiento para la atención de solicitudes de PQR'S | 2 | Activo | 18 jun 2024 |
| FO-MI-GCM-MER-01 | Solicitud préstamo equipos y accesorios | 1 | Activo | 09 feb 2024 |
| PR-MI-GCM-MER-02 | Procedimiento para la atención a solicitudes de cotización | 1 | Activo | 18 ago 2023 |

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Caracterización de procesos. La caracterización de cada proceso se gestiona asociando un documento de tipo "Caracterización" al proceso correspondiente, el cual puede visualizarse y descargarse desde la vista del proceso.


Figura 15.
Caracterización de un proceso

Caracterización del Proceso ×

PE-PLN Planeación Estratégica
Documento de caracterización del proceso

✓ Documento disponible Ver documento

Reemplazar documento



Selecciona un documento
o arrastra aquí
PDF, DOC, DOCX, XLSX (máx. 2MB)

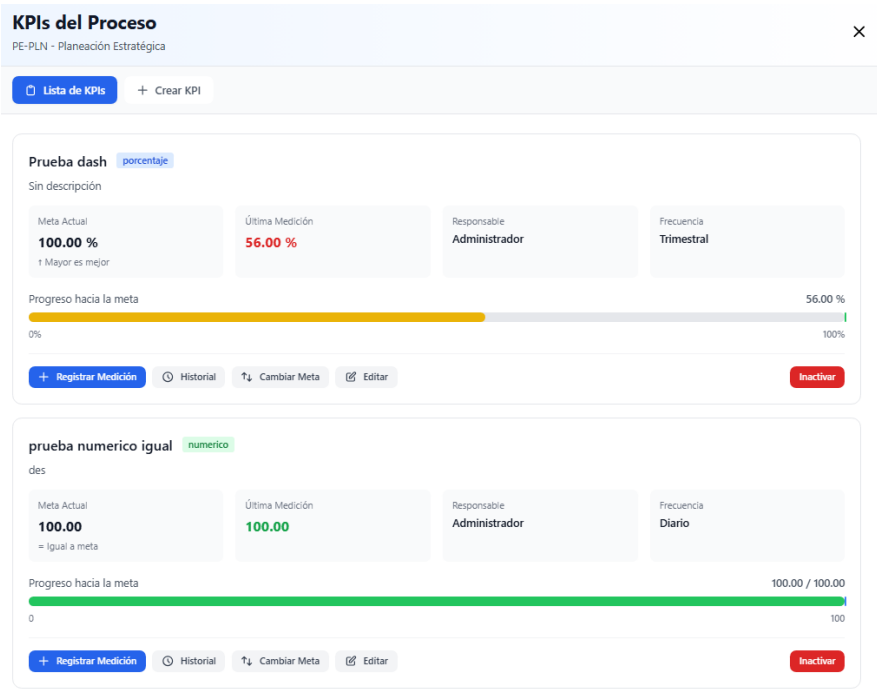
Cancelar
Reemplazar

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Indicadores de desempeño (KPIs). Si bien los indicadores fueron planificados inicialmente como parte de la Fase 7 (Informes y dashboard), durante el desarrollo se determinó que su vinculación directa con los procesos hacía más natural integrarlos en este módulo, ya que cada KPI se define, versiona y mide en el contexto de un proceso específico. Cada proceso puede tener múltiples KPIs asociados, cada uno con:

- **Definición:** nombre, fórmula de cálculo, meta, frecuencia de medición, responsable.
- **Versionamiento:** las metas pueden actualizarse creando nuevas versiones del KPI, conservando el historial de metas anteriores.
- **Mediciones:** registro periódico de valores medidos, con comparación automática contra la meta vigente.
- **Programación:** configuración de la periodicidad de medición (mensual, trimestral, semestral, anual).

Figura 16.
Indicadores de desempeño (KPIs) vinculados a un proceso



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Validación del incremento. El módulo fue revisado técnicamente validando la correcta representación del árbol jerárquico de procesos y la asociación con documentos. La revisión funcional con la profesional del SGC confirmó que la estructura de procesos reflejaba adecuadamente la organización de Metalteco y permitió refinar la clasificación por categorías.

5.4.4 Fase 4: Módulo de auditorías

El módulo de auditorías implementa los requisitos de la cláusula 9.2 de la norma ISO 9001:2015 (Auditoría interna), abarcando desde la planificación del programa anual hasta la generación del informe final.

Programa anual de auditorías. Para abordar este requisito, el sistema ofrece la creación y gestión de programas de auditoría anuales, que agrupan las auditorías planificadas para un año determinado automáticamente. Cada programa registra el año, los objetivos generales y el responsable.

Figura 17.

Vista del programa anual de auditorías.

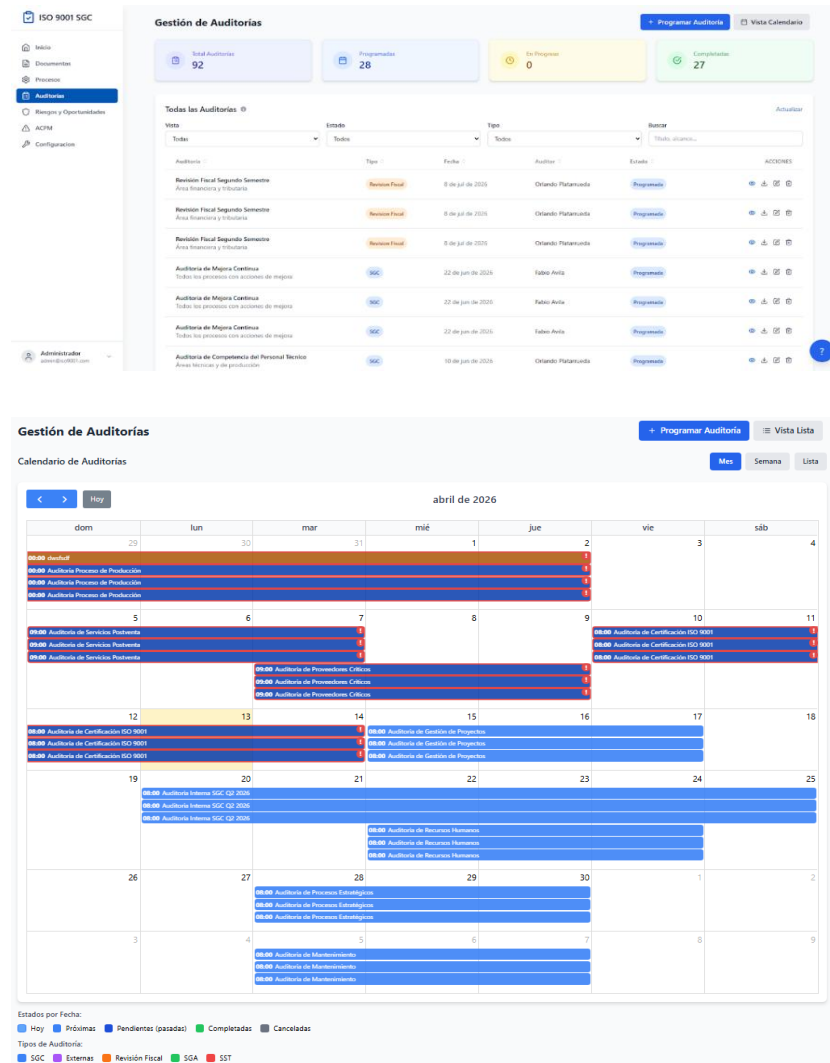
The screenshot displays the 'Programas de Auditoría' interface. At the top right, there is a '+ Crear Programa' button, a dropdown menu for 'Año' set to 'Todos los años', and an 'Actualizar' button. The main content area shows details for 'Programa 2026' with the following information:

- Acciones:** Ver Auditorías, Editar Programa, Descargar Programa.
- Responsable:** Administrador
- Objetivos:** Verificar y evaluar el cumplimiento del Sistema de Gestión de Calidad e identificar oportunidades de mejora continua en los procesos productivos y administrativos de Metalteco SA, conforme a la norma ISO 9001:2015.
- Alcance:** Aplica a todos los procesos del área de producción, control de calidad, gestión de inventarios, mantenimiento industrial y administración general de Metalteco SA durante el periodo enero-diciembre 2026.
- Recursos:** 2 auditores internos certificados, 1 auditor líder externo, acceso a software de gestión documental, presupuesto asignado de \$8.500.000 COP, sala de reuniones y equipos de cómputo.
- Auditorías:**
 - Total: 92
 - Completadas: 27
 - En Progreso: 0
 - Programadas: 28

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Vista general y calendario. La vista principal del módulo presenta dos modos de visualización: (1) una tabla con las auditorías registradas, sus estados y datos resumidos; y (2) un calendario interactivo implementado con FullCalendar que muestra las auditorías como eventos con código de colores por estado (programada, en progreso, completada, cancelada). El calendario soporta vistas de mes, semana y lista, y permite navegar directamente al detalle de cada auditoría haciendo clic sobre el evento. Se incluyeron tarjetas de estadísticas con el conteo de auditorías por estado.

Figura 18.
Vista general y calendario de auditorías



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Creación y edición de auditorías. El formulario de creación permite registrar una auditoría especificando: nombre, tipo, procesos a auditar, auditor responsable, equipo auditor, fecha de ejecución, objetivos y criterios.

Figura 19.
Formulario de creación de auditoría

Programar Nueva Auditoría [X]

Información Básica

Título de la Auditoría*
Ej: Auditoría de Proceso de Producción

Tipo de Auditoría* Alcance*
SGC [▼] Ej: Proceso de Producción, SGC Completo

Objetivos de Auditoría
Ej: Revisión de los estados financieros, evaluación de controles internos, cumplimiento normativo ISO 9001:2015, etc.
Describa los criterios, estándares o metodologías que se utilizarán para realizar la auditoría.

Procesos

Procesos a Auditar*
Seleccione los procesos
Se revisará los IDs de los procesos seleccionados.

Fechas y Horarios

Fecha de Inicio* Hora de Inicio Fecha de Fin Hora de Fin
dd/mm/yyyy [📅] 00:00 a. m. [🕒] dd/mm/yyyy [📅] 00:00 p. m. [🕒]

Duración Estimada
Ej: 8 horas, 2 días

Auditor y Equipo

Auditor Principal*
Seleccione un auditor [▼]

Equipo Auditor
Buscar por nombre, email o rol. [Seleccionar ▼]

Descripción y Objetivos

Descripción
Descripción detallada del alcance y propósito de la auditoría

Objetivos de la Auditoría
Objetivo 1
[+ Añadir Objetivo](#)

Configuración Adicional

Utilizar lista de verificación para esta auditoría
Si se activa, se podrá crear y gestionar una lista de verificación específica para esta auditoría.

Conclusiones

Conclusiones de la Auditoría
Describa las conclusiones, fortalezas, debilidades y aspectos a mejorar resultantes de la auditoría
Este campo puede completarse después de finalizar la auditoría.

[Cancelar] [Programar Auditoría]

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Flujo de aprobación de auditorías. Las auditorías de tipo SGC requieren un flujo de aprobación antes de su ejecución. Se implementó un sistema de aprobaciones con los siguientes pasos: (1) el responsable de calidad envía la auditoría a aprobación; (2) los aprobadores designados (gerente u otros roles definidos) revisan y emiten su decisión; (3) si todos aprueban, la auditoría pasa a estado "Aprobada" y puede ser ejecutada. El historial completo de aprobaciones y rechazos queda registrado y es consultable desde un modal dedicado.

Ejecución y hallazgos. Durante la ejecución de una auditoría, el auditor puede registrar hallazgos asociados a los procesos auditados. Cada hallazgo incluye el proceso, el requisito ISO evaluado, la descripción, el tipo de hallazgo (conformidad, no conformidad, observación, oportunidad de mejora) y observaciones adicionales. La lista de verificación (checklist) permite evaluar ítems específicos durante la auditoría. Cuando un hallazgo se clasifica como no conformidad, el sistema permite iniciar directamente un registro en el módulo de no conformidades y acciones (véase la sección 5.4.6), garantizando la trazabilidad entre el hallazgo de auditoría y la acción correctiva resultante, en cumplimiento de la cláusula 9.2.2 e) de la norma ISO 9001:2015.

Figura 20.*Vista individual de auditoria con hallazgos registrados*

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Generación de informes. Se implementaron dos mecanismos de generación de informes:

(1) un informe dinámico generado desde una plantilla Blade con DomPDF, que incluye los datos de la auditoría, los hallazgos, las conclusiones y las firmas de los participantes; y (2) la exportación del informe en formato Excel mediante PhpSpreadsheet.

Validación del incremento. La revisión técnica verificó el ciclo completo de una auditoría desde la programación hasta la generación del informe. La revisión funcional identificó la necesidad de incorporar el flujo de aprobaciones para las auditorías de tipo SGC, lo cual se implementó en una iteración adicional dentro de esta misma fase.

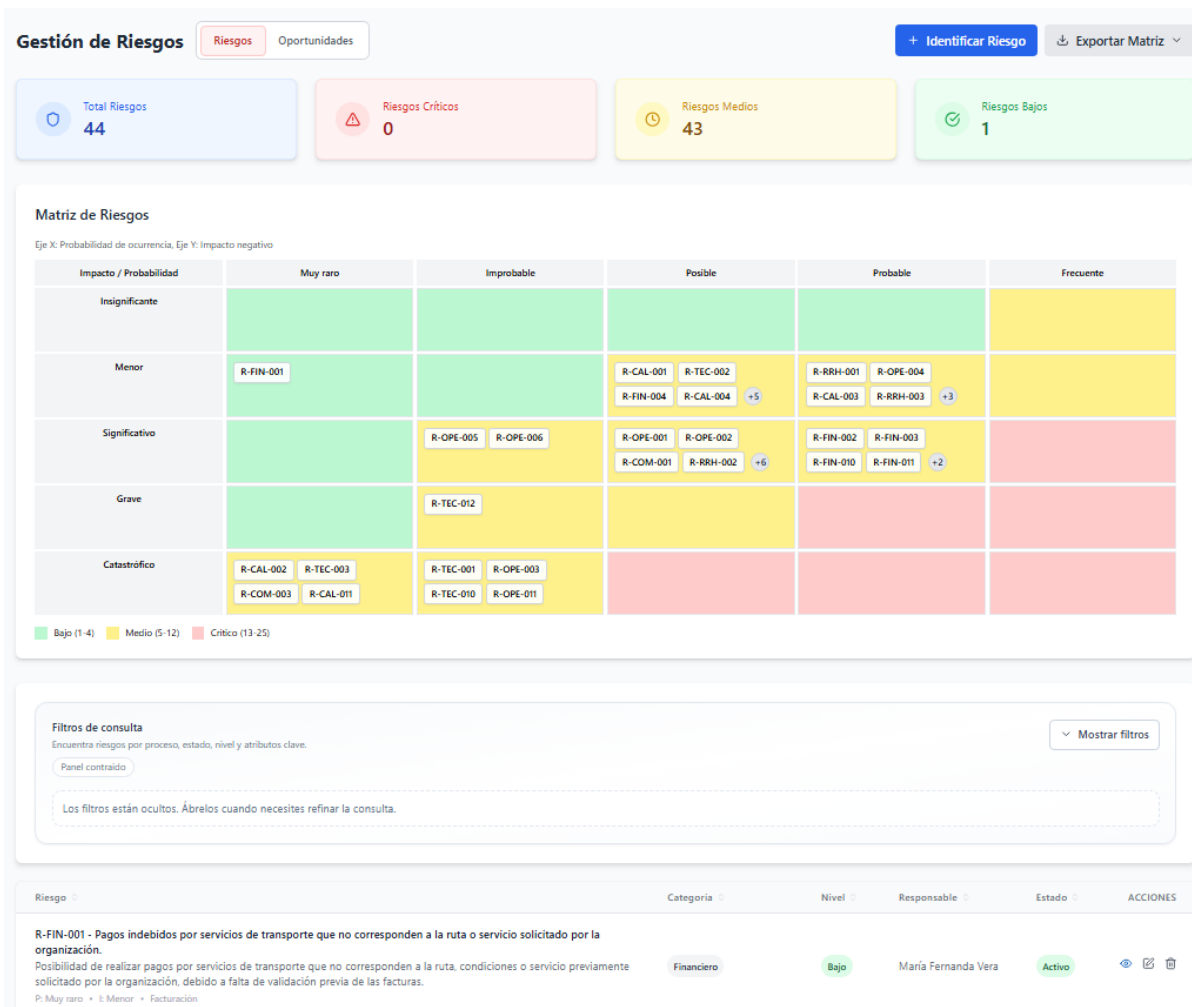
5.4.5 Fase 5: Módulo de gestión de riesgos y oportunidades

Este módulo implementa los requisitos de la cláusula 6.1 de la norma ISO 9001:2015 (Acciones para abordar riesgos y oportunidades), proporcionando herramientas para la

identificación, evaluación y tratamiento de riesgos y oportunidades asociados a los procesos del SGC.

Vista general con toggle. La interfaz presenta una vista unificada con un selector (toggle) que permite alternar entre riesgos y oportunidades. Ambas vistas comparten la misma estructura de tabla con filtros, búsqueda y tarjetas de estadísticas. Esta decisión de diseño permite gestionar ambos conceptos desde una misma pantalla, reflejando la relación que establece la norma ISO 9001 entre riesgos y oportunidades.

Figura 21.
Vista general del módulo de riesgos y oportunidades



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Creación y edición de riesgos. El formulario de registro permite definir: descripción del riesgo, proceso asociado, categoría, fuente, responsable de monitoreo, y la evaluación de probabilidad e impacto mediante escalas numéricas. Los valores de probabilidad e impacto determinan automáticamente el nivel de criticidad del riesgo y su posición en la matriz de calor.

Figura 22.
Formulario de registro de riesgo.

Identificar Nuevo Riesgo ×

Código del Riesgo
 Generar código automáticamente

Título del Riesgo*

Descripción Detallada*

Categoría* ▼ Fuente del Riesgo* ▼

Proceso Relacionado
 ▼
Se enviará el ID del proceso seleccionado.

Valoración de probabilidad e impacto

Probabilidad* ▼ Impacto* ▼

Responsable del Riesgo* Fecha de Identificación 📅

Evaluación del Riesgo
 Nivel calculado dinámicamente Medio (Score: 9)

Plan de Salvaguardas
 Opcional - puede agregar esto después + Agregar Salvaguarda

Cancelar Guardar Riesgo

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Matriz de calor. El módulo incluye una visualización de la matriz de calor que posiciona automáticamente cada riesgo según sus valores de probabilidad e impacto, con código de colores que distingue los niveles de criticidad (bajo, medio, alto, crítico). La matriz es exportable a imagen

PNG y a documento PDF, utilizando las librerías html2canvas y jsPDF en el frontend. Esta funcionalidad permite generar las evidencias visuales requeridas en las revisiones por la dirección.

Vista individual y tratamientos. La vista detallada de cada riesgo presenta su información completa y permite gestionar los tratamientos asociados. Cada tratamiento puede incluir múltiples controles (clasificados como preventivos, detectivos o correctivos), y cada control registra sus ejecuciones periódicas con evidencias adjuntas. Se implementaron transiciones de estado para los tratamientos (implementar, completar, validar, ajustar) y para los controles (implementar, validar), asegurando un flujo de trabajo ordenado.

Figura 23.

Vista individual de riesgo con tratamientos y controles. Parte 1

R-FIN-001 - Pagos indebidos por servicios de transporte que no corresponden a la ruta o servicio solicitado por la organización. ×

🕒 Flujo de Gestión de Riesgos

1. Registre el riesgo identificado con la información básica del caso.
2. Analice el riesgo y complete su evaluación para dejarlo activo.
3. Defina las salvaguardas y controles que se aplicarán para tratarlo.
4. Ejecute las acciones definidas e implemente los controles correspondientes.
5. Verifique si los controles funcionan y reducen el riesgo.
6. El sistema completará automáticamente la salvaguarda cuando corresponda.
7. Si el resultado no es el esperado, ajuste el plan de tratamiento.
8. Realice seguimiento periódico para confirmar el comportamiento del riesgo.
9. Cierre el riesgo cuando ya esté controlado o gestionado.

Información del Riesgo

| | |
|--|---|
| <p>Descripción Posibilidad de realizar pagos por servicios de transporte que no corresponden a la ruta, condiciones o servicio previamente solicitado por la organización, debido a falta de validación previa de las facturas.</p> <p>Fuente Liquidez</p> <p>Responsable María Fernanda Vera</p> <p>Impacto Menor</p> <p>Riesgo Residual 🕒 Bajo (P: 1, I: 2)</p> <p><input type="checkbox"/> ¿El riesgo se ha materializado? 🕒</p> | <p>Categoría Financiero</p> <p>Proceso Facturación</p> <p>Probabilidad Muy raro</p> <p>Riesgo Inherente 🕒 Bajo (P: 1, I: 2)</p> <p>Estado Activo</p> |
|--|---|

⏏ Desactivar Riesgo
✎ Editar

Salvaguardas + Establecer Salvaguarda (Lider)

Evitar

Planificado 📄 🗑

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Figura 24.*Vista individual de riesgo con tratamientos y controles. Parte 2*

The screenshot displays a web interface for risk management. At the top, there is a header 'Salvaguardas' and a button '+ Establecer Salvaguarda (Lider)'. Below this, two risk items are listed, each with a description, responsible person, deadline, effectiveness, and control status. The first item is 'Evitar' (Avoid) with a description about validating transport invoices. The second item is 'Reducir' (Reduce) with a description about hiring specialized technicians. Below each risk item, there is a section for 'Controles de la Salvaguarda' (Controls of the Safeguard). The first control is 'Preventivo' (Preventive) with a description 'Revisar y actualizar anualmente la matriz legal de la compañía' (Review and update the company's legal matrix annually), responsible 'Jenny Ordoñez', and frequency 'Diario' (Daily). The second control is 'Detectivo' (Detective) with a description 'Continuar la comunicación constante con el corporativo para mantener actualizadas las tasas' (Continue constant communication with the corporate body to keep rates updated), responsible 'Jenny Ordoñez', and frequency 'Semanal' (Weekly).

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Exportación. El módulo permite exportar la información de riesgos en formato PDF (DomPDF) y Excel (PhpSpreadsheet), generando reportes consolidados para la revisión gerencial y las auditorías.

Validación del incremento. La revisión técnica confirmó el correcto cálculo de los niveles de riesgo y la generación de la matriz de calor. La profesional del SGC validó que las escalas de probabilidad e impacto fueran consistentes con la metodología de gestión de riesgos adoptada por la empresa.

5.4.6 Fase 6: Módulo de no conformidades y acciones (ACPM/GC)

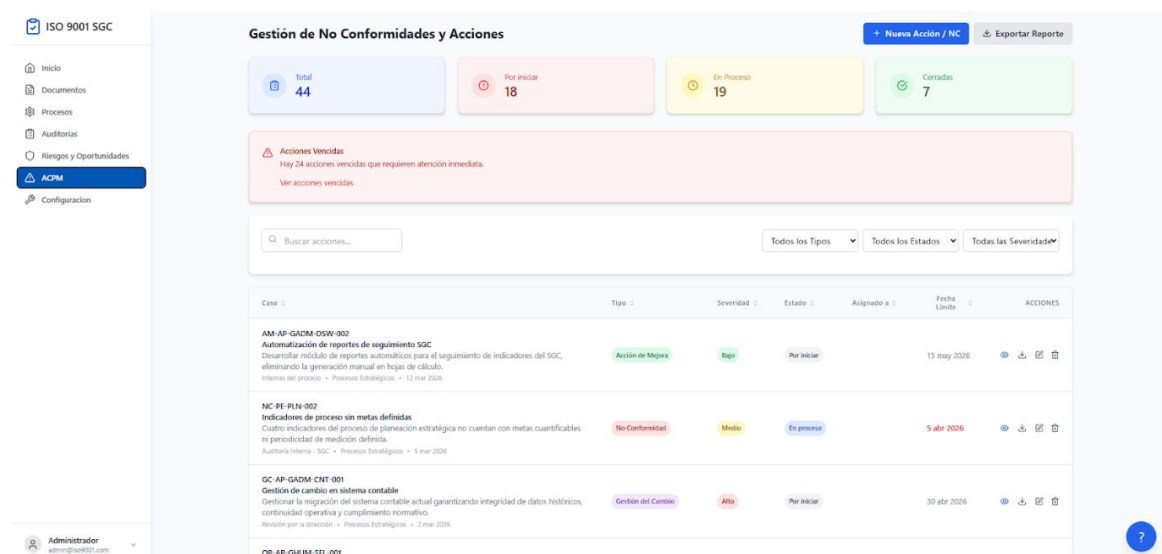
Este módulo implementa los requisitos de la cláusula 10.2 de la norma ISO 9001:2015 (No conformidad y acción correctiva), gestionando el ciclo completo desde la identificación del hallazgo hasta el cierre verificado del caso.

Tipos de registro. El módulo maneja cinco tipos de registro bajo una estructura unificada: No Conformidad (NC), Acción Correctiva (AC), Acción Preventiva (AP), Acción de Mejora (AM) y Gestión del Cambio (GC). Adicionalmente, se implementó el registro de Salidas No Conformes (SN) como un tipo especial con endpoints de integración para sistemas externos (/api/webservice/salidas-no-conformes). Cada tipo se distingue por un código alfanumérico generado automáticamente y un conjunto de campos específicos.

Vista general. La vista principal presenta tarjetas de estadísticas (total de casos, por iniciar, en proceso, cerrados) y una tabla con todos los registros, filtrable por tipo de acción, estado, proceso y fecha. Se incluye funcionalidad de búsqueda y exportación.

Figura 25.

Vista general del módulo de no conformidades y acciones (ACPM/GC)



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Creación y edición. El formulario permite registrar un nuevo caso indicando: tipo de acción, proceso asociado, descripción, origen, nivel de riesgo, responsable y medidas de control inmediatas. Según el caso se registran campos adicionales.

Figura 26.

Formulario de creación de caso ACPM/GC.

The screenshot shows a web form titled "Nueva Acción / No Conformidad". It contains the following fields and controls:

- Título*:** A text input field with the placeholder "Título descriptivo".
- Código (Automático):** A text input field with a toggle switch labeled "Automático" (checked) and "Manual". Below it, a small text says "Código que se generará automáticamente: [icon]".
- Descripción*:** A large text area with the placeholder "Descripción detallada".
- Tipo*:** A dropdown menu with the text "Seleccione un tipo".
- Origen*:** A text input field with the placeholder "Ingrese el origen".
- Proceso*:** A dropdown menu with the text "Seleccione un proceso".
- Fecha Límite:** A date input field with the placeholder "dd/mm/aaaa" and a calendar icon.
- Buttons:** "Cancelar" (grey) and "Guardar" (blue) buttons at the bottom right.

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Vista individual y plan de acción. La vista detallada de cada caso integra múltiples secciones:

- **Información del caso:** datos generales, estado actual, fechas, responsables.
- **Análisis de causa raíz:** registro del análisis que fundamenta las acciones correctivas.
- **Plan de acción:** lista de actividades planificadas con responsable, fecha límite y estado. Cada actividad puede adjuntar evidencias de cumplimiento.
- **Evaluación de eficacia:** registro de la evaluación posterior al cierre de las actividades para verificar que las acciones tomadas fueron efectivas.

- **Firmas digitales:** captura de las firmas del ejecutor, el responsable de seguimiento y el aprobador, utilizando el componente de firma digital con signature_pad. Las firmas se almacenan como imágenes y se incluyen en los informes PDF.

Figura 27.

Vista individual de caso con plan de accion y firmas

NC-PE-PLN-002 - Indicadores de proceso sin metas definidas

No Conformidad 🕒 En proceso

Progreso del Flujo - No Conformidad

1 Detección 2 Causa Raíz 3 Corrección 4 Plan 5 Verificación 6 Cierre

Información General

Descripción
Cuatro indicadores del proceso de planeación estratégica no cuentan con metas cuantificables ni periodicidad de medición definida.

Origen
Auditoría Interna - SGC

Severidad
Medio

Tipo
No Conformidad (Interna)

Proceso
Procesos Estratégicos

Acción correctiva
Se acordó con el líder del proceso la definición provisional de metas en reunión de seguimiento.

[Editar](#)

Estado y Fechas

Estado Actual
En proceso

Detectado
5 mar 2026

Reportado
5 mar 2026

Fecha Límite
5 abr 2026

Análisis de Causa Raíz Pendiente Realizar Analisis ▾

Plan de Acción ▾

Verificación de Eficacia

[Agregar Nueva Evaluación](#)

Cierre de caso

Firmas del caso
0 de 3 firmas registradas + Registrar firma

⚠ Esperando evaluación eficaz del caso para habilitar firmas

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Flujo de cierre. El cierre de un caso requiere que se hayan completado todas las actividades del plan de acción, se haya registrado la evaluación de eficacia y se cuente con las firmas requeridas. Si la evaluación resulta "No Eficaz", el caso no puede cerrarse y se requiere la creación de una nueva acción o la revalidación del plan.

Exportación. El servicio `ExportAccionService` genera reportes en PDF (con DomPDF/mPDF, incluyendo numeración de páginas y firmas digitales) y archivos ZIP que agrupan el PDF del caso con las evidencias adjuntas. Para los casos de Gestión del Cambio se genera un ZIP especializado con el documento de gestión del cambio.

Validación del incremento. Este módulo requirió dos iteraciones. La primera revisión técnica reveló la necesidad de incorporar el análisis de causa raíz como paso obligatorio antes del plan de acción. La segunda iteración incluyó la evaluación de eficacia y el flujo de cierre con firmas digitales, validados funcionalmente con la profesional del SGC.

5.4.7 Fase 7: Dashboard e indicadores

El dashboard constituye la vista inicial del sistema tras la autenticación y proporciona una visión general del estado del SGC.

Panel de indicadores. La vista del dashboard presenta tarjetas de resumen con estadísticas clave del SGC, organizadas en las siguientes áreas:

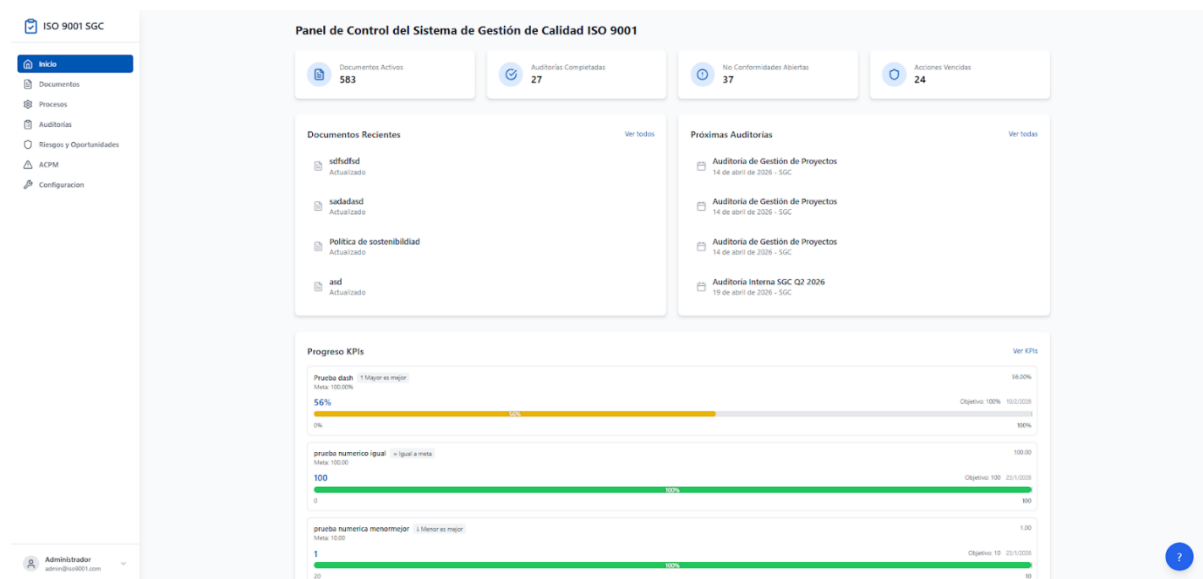
- **Documentos:** cantidad de documentos activos y documentos recientes.
- **Auditorías:** cantidad de auditorías completadas y próximas auditorías.
- **No conformidades (ACPM):** cantidad de no conformidades abiertas y de acciones vencidas.
- **KPIs:** progreso de los indicadores de desempeño asociados a los procesos del usuario autenticado, con comparación visual respecto a las metas definidas.

Visualmente, el dashboard se estructura como una cuadrícula de tarjetas informativas (cards) que el usuario puede recorrer de forma inmediata al ingresar al sistema. Cada tarjeta presenta un valor numérico destacado y una etiqueta descriptiva. Los datos se cargan desde múltiples endpoints de la API y se presentan de forma consolidada para apoyar la toma de

decisiones gerenciales, en cumplimiento del requisito de la cláusula 9.1 de la norma ISO 9001:2015 sobre seguimiento y medición. La información presentada se adapta al perfil del usuario autenticado: los usuarios con rol de dirección o calidad visualizan indicadores globales del SGC, mientras que los demás usuarios ven los indicadores correspondientes a sus procesos asignados.

Figura 28.

Dashboard con indicadores del SGC



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Validación del incremento. La revisión funcional del dashboard se realizó con la profesional del SGC y representantes de la dirección, verificando que los indicadores presentados fueran relevantes para la toma de decisiones gerenciales. Se ajustaron los datos mostrados según la retroalimentación recibida.

Las fases 8 (revisión final y pruebas de esfuerzo), 9 (implementación y capacitación) y 10 (mantenimiento) del plan de trabajo se abordan en el capítulo de Resultados y Validación, donde se describen las pruebas funcionales realizadas, las sesiones de capacitación al equipo del SGC y las actividades de mantenimiento posteriores a la puesta en producción.

5.5 Funcionalidades transversales

Además de los módulos funcionales, se implementaron funcionalidades transversales que operan a lo largo de todo el sistema:

Tour guiado (onboarding). Se integró la librería Driver.js para proporcionar tours guiados paso a paso en las vistas principales del sistema. El composable useGuidedTour implementa scroll suave personalizado con easing cúbico y detección inteligente del contenedor scrolleable (ventana principal o modal). Esta funcionalidad fue incluida para facilitar la capacitación de los usuarios del SGC en el uso del sistema, como parte de la Fase 9 (Implementación y capacitación) del plan de trabajo.

Notificaciones por correo. El sistema envía notificaciones automáticas por correo electrónico ante eventos relevantes del SGC, tales como: cambios en el estado de documentos, asignación de auditorías, vencimiento de plazos en planes de acción y alertas de auditoría. Se utilizan las clases Mailable de Laravel y el sistema de notificaciones nativo del framework.

Bitácora de cambios. La tabla bitacora_cambios y el middleware LogRequestMiddleware registran las operaciones significativas realizadas en el sistema, proporcionando trazabilidad de las acciones de los usuarios para cumplir con los requisitos de evidencia de la norma ISO 9001:2015.

Diseño responsivo. La interfaz se diseñó con Tailwind CSS siguiendo un enfoque mobile-first. El layout principal se adapta entre un sidebar fijo en escritorio y un drawer lateral en dispositivos móviles. Las tablas, formularios y modales se ajustan al ancho disponible para mantener la usabilidad en diferentes resoluciones.

5.6 Decisiones de diseño relevantes

A lo largo del desarrollo se tomaron decisiones técnicas que merecen ser documentadas por su impacto en la arquitectura y la mantenibilidad del sistema:

Archivo API centralizado. Se optó por centralizar todas las llamadas a la API del backend en un único archivo (api.ts, aproximadamente 1800 líneas) en lugar de distribuirlas en archivos separados por módulo. Si bien esta decisión sacrifica la modularidad del código, simplifica la importación de servicios y garantiza la consistencia en la configuración de Axios (headers, interceptores, manejo de errores) a través de una única instancia compartida.

Componente genérico de catálogos. El componente MasterListCrud.vue se diseñó como una abstracción parametrizable que recibe funciones API, campos de formulario y permisos como propiedades. Esta decisión permitió implementar los nueve catálogos editables del sistema sin duplicar código, reduciendo significativamente el esfuerzo de desarrollo y mantenimiento.

Árbol de procesos con caché. El cálculo de descendientes y ancestros en el árbol de procesos es una operación frecuente (filtrado de documentos por proceso, verificación de permisos por jerarquía). Se implementó un helper (ProcesoTree) que utiliza el sistema de caché de Laravel para almacenar los resultados precalculados, evitando consultas recursivas costosas en cada petición.

Flujo de aprobación parametrizable. Los flujos de aprobación de documentos, auditorías y riesgos se implementaron mediante transiciones de estado en el backend, permitiendo que los pasos del flujo sean configurables sin modificar el código fuente. Los estados y las transiciones posibles se definen en los controladores, y el frontend consume esta información para mostrar las acciones disponibles según el estado actual del registro.

Firma digital en canvas. Se eligió la librería signature_pad para la captura de firmas digitales en el navegador. Las firmas se capturan como imágenes PNG en un componente modal reutilizable y se envían al backend como archivos multipart. Esta solución permite que las firmas se incluyan en los cierres de acciones sin requerir hardware especializado.

En síntesis, este capítulo presentó el desarrollo completo de los siete módulos funcionales del sistema de gestión de calidad, desde el análisis de requerimientos hasta la validación de cada incremento. La arquitectura cliente–servidor adoptada, el modelo de datos normalizado y las decisiones de diseño documentadas conforman una solución que aborda de manera integral los requisitos de la norma ISO 9001:2015 identificados en el plan de trabajo. En el siguiente capítulo se presentan los resultados de la validación funcional del sistema y las actividades de implementación y capacitación realizadas en Metalteco S.A.S.

6. Resultados y Validación

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante las fases finales del proyecto: la revisión integral del sistema (Fase 8), las pruebas funcionales de validación (objetivo específico 4), las actividades de implementación y capacitación (Fase 9, objetivo específico 5) y el mantenimiento posterior (Fase 10). La exposición se organiza en cuatro secciones que documentan cómo se verificó el cumplimiento de los objetivos planteados y cómo se puso en operación el sistema en Metalteco S.A.S.

6.1 Revisión integral del sistema (Fase 8)

Previo a la validación formal, se realizó un recorrido completo de la plataforma con el objetivo de identificar y corregir errores residuales, inconsistencias en la interfaz y problemas de rendimiento. Esta revisión se llevó a cabo de forma conjunta con el ingeniero líder de desarrollo y abarcó los siete módulos funcionales del sistema:

- Configuración y autenticación
- Gestión documental

- Gestión de procesos e indicadores (KPIs)
- Auditorías internas
- Gestión de riesgos y oportunidades
- No conformidades y acciones (ACPM/GC)
- Dashboard e indicadores

La revisión verificó los flujos principales de cada módulo, la correcta aplicación de permisos RBAC, la generación de documentos exportables (PDF y Excel), el comportamiento responsivo de la interfaz y la integridad de las relaciones en la base de datos. Los hallazgos menores identificados durante esta fase se corrigieron antes de proceder a la validación funcional.

6.2 Validación funcional mediante pruebas (Fase 8 / Objetivo específico 4)

En cumplimiento del objetivo específico 4, *Validar el funcionamiento del sistema desarrollado a través de pruebas funcionales*, se diseñó y ejecutó un conjunto de 36 casos de prueba funcionales que cubren los 27 requerimientos funcionales del sistema (RF-001 a RF-027).

6.2.1 Diseño de los casos de prueba

El formato de los casos de prueba se inspiró en los lineamientos del estándar IEEE 829-2008 (IEEE, 2008) y en la norma ISO/IEC/IEEE 29119-3:2021 (ISO/IEC/IEEE, 2021), ambos estándares internacionales para la documentación de pruebas de software y sistemas. Se trata de una adaptación simplificada orientada a un proyecto de grado académico, que toma los elementos más relevantes para documentar de forma sistemática y reproducible la verificación funcional.

Cada caso de prueba está trazado directamente a un Requerimiento Funcional (RF) del documento oficial de requerimientos del proyecto. Esto responde al principio de evidencia

documentada de la norma ISO 9001:2015 (cláusula 9.1), que exige demostrar que los resultados planificados se han alcanzado.

6.2.2 Distribución de casos de prueba

La siguiente tabla resume la distribución de casos de prueba por módulo:

Tabla 5.
Distribución de casos de prueba por módulo

| Módulo | RFs cubiertos | Casos positivos | Casos negativos | Casos atípicos | Total |
|-------------------------------|--|-----------------|-----------------|----------------|-----------|
| Configuración y Autenticación | RF-001, RF-002 | 3 | 1 | 2 | 6 |
| Gestión Documental | RF-003 a RF-008 | 6 | 2 | 1 | 9 |
| Gestión de Procesos | RF-009, RF-010, RF-011, RF-012, RF-027 | | 0 | 1 | 5 |
| Auditorías Internas | RF-013, RF-014, RF-015, RF-016, RF-017, RF-018 | | 0 | 1 | 6 |
| Gestión de Riesgos | RF-019, RF-020, RF-021, RF-022 | | 0 | 1 | 4 |
| No Conformidades y Acciones | RF-023, RF-024, RF-025, RF-026 | | 0 | 2 | 6 |
| Total | 27 RF | 25 | 3 | 8 | 36 |

Los casos de prueba se clasificaron en tres tipos:

- **Positivos (25):** verifican que el flujo exitoso esperado funciona correctamente.
- **Negativos (3):** verifican el comportamiento del sistema ante entradas inválidas o accesos denegados.
- **Atípicos (8):** verifican escenarios de borde derivados de las situaciones atípicas identificadas en los requerimientos funcionales.

6.2.3 Resultados de las pruebas

Los 36 casos de prueba fueron ejecutados sobre el sistema en su versión de producción. La siguiente tabla consolida los resultados por módulo:

Tabla 6.
Resultados de las pruebas funcionales por módulo

| Módulo | Total casos | PASÓ | FALLÓ | Resultado |
|-------------------------------|--------------------|-------------|--------------|-----------------------|
| Configuración y Autenticación | 6 | 6 | 0 | ✓ Aprobado |
| Gestión Documental | 9 | 9 | 0 | ✓ Aprobado |
| Gestión de Procesos | 5 | 5 | 0 | ✓ Aprobado |
| Auditorías Internas | 6 | 6 | 0 | ✓ Aprobado |
| Gestión de Riesgos | 4 | 4 | 0 | ✓ Aprobado |
| No Conformidades y Acciones | 6 | 6 | 0 | ✓ Aprobado |
| Total | 36 | 36 | 0 | 100 % aprobado |

El 100 % de los casos de prueba arrojaron el estado PASÓ, lo que indica que el sistema cumple con la totalidad de los requerimientos funcionales definidos para el SGC. No se registraron fallas durante la ejecución formal de las pruebas; los defectos menores identificados previamente durante la revisión integral (sección 6.1) fueron corregidos antes de iniciar esta fase.

La especificación completa de los 36 casos de prueba y sus resultados de ejecución se incluye como Apéndice B de este documento.

6.3 Implementación y capacitación (Fase 9 / Objetivo específico 5)

En cumplimiento del objetivo específico 5, Capacitar al equipo de gestión de calidad de Metalteco S.A.S. en el uso y administración del sistema implementado, se llevaron a cabo actividades de implementación del sistema en el entorno productivo de la empresa y sesiones de capacitación dirigidas al equipo del SGC.

6.3.1 Implementación en producción

El 26 de noviembre de 2025, el ingeniero líder de desarrollo Ludwig Ballesteros Cáceres notificó al equipo del SGC que el sistema había sido desplegado exitosamente en el servidor de producción de Metalteco S.A.S., alojado en la plataforma OVHcloud. La aplicación quedó disponible en la URL <https://sgc.metalteco.com/>. La notificación fue dirigida a Karen Tatiana Bautista (Profesional de Gestión de Calidad), Fabián Ordóñez (Gerente General) y al autor.

El entorno de producción fue configurado con PHP, el framework Laravel y MySQL como motor de base de datos. Como parte de la puesta en marcha, se realizó una migración inicial de datos que incluyó la creación de los usuarios del equipo del SGC con sus respectivos roles y permisos, la carga de los documentos existentes del sistema de gestión, el registro de los procesos organizacionales y sus subprocesos, y la configuración de los catálogos funcionales (tipos de documentos, categorías de riesgos, orígenes de no conformidades, entre otros). Los demás datos del SGC (riesgos, auditorías, no conformidades, indicadores y acciones) serían registrados directamente por los usuarios desde la plataforma web en producción.

6.3.2 Capacitación al equipo del SGC

La capacitación al equipo del SGC se realizó de forma iterativa e incremental, integrada al propio ciclo de desarrollo del sistema. Se llevaron a cabo cinco sesiones presenciales de revisión y capacitación entre octubre de 2025 y enero de 2026, con una duración aproximada de una hora cada una. Los participantes principales fueron Karen Tatiana Bautista (Profesional de Gestión de Calidad), Ludwig Ballesteros Cáceres (ingeniero líder de desarrollo) y el autor.

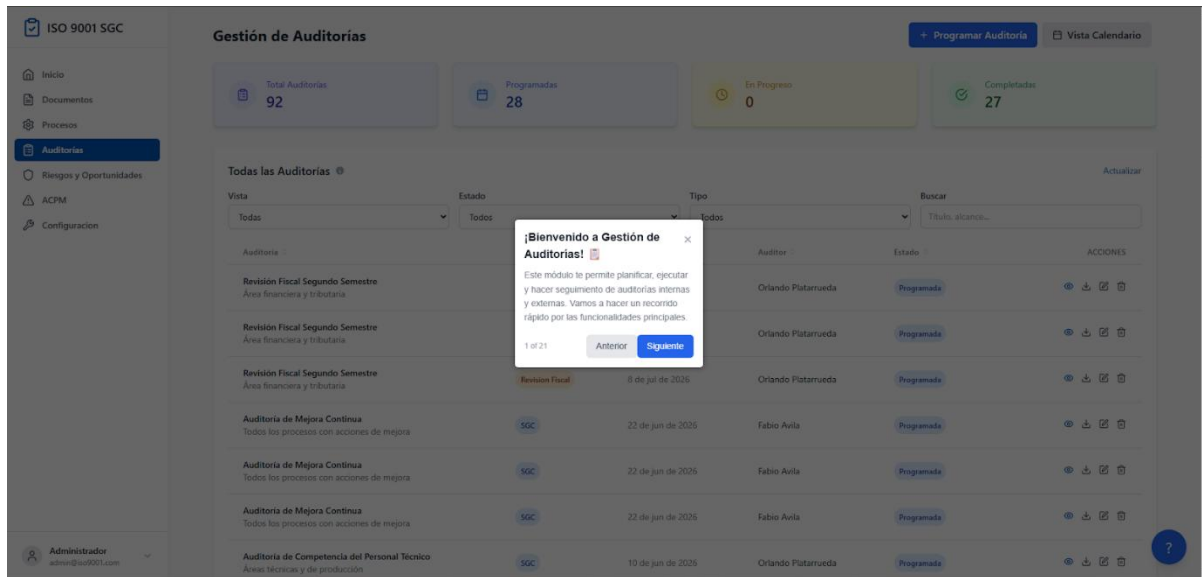
La siguiente tabla resume las sesiones realizadas:

Tabla 7.*Sesiones de capacitación realizadas con el equipo del SGC*

| Sesión | Fecha | Módulos cubiertos | Observaciones principales |
|---------------|--------------|---|--|
| 1 | 17 oct 2025 | Gestión Documental, Gestión de Procesos | 7 ajustes en Documentos (filtros por retención y unidad de negocio, búsqueda por descripción, fecha de creación, descarga de matriz, versiones, valores por defecto) y 3 en Procesos (carga de mapa, CRUD de procesos/áreas, enlace a caracterización) |
| 2 | 8 nov 2025 | Auditorías Internas correcciones de sesión 1 | +1 corrección en Documentos (campo "ruta" en Excel) y 5 en Auditorías (aprobación exclusiva por gerente, notificaciones con criterios, hallazgos automáticos, campo fecha en informe con cargos de firmantes, notificación al finalizar auditoría) |
| 3 | 26 nov 2025 | Revisión de módulos completos (sesión de lanzamiento) | Documentos (selección múltiple de procesos), Riesgos (registro de oportunidades, doble clic en matriz, criterios de probabilidad e impacto) |
| 4 | 6 ene 2026 | Revisión postproducción | Documentos (4 ajustes de UI y descarga), Riesgos (renombrado del módulo a "Riesgos y Oportunidades"), ACPM/No Conformidades (6 ajustes: reporte PDF, descarga de adjuntos, análisis de causa raíz, plan de acción, responsable por defecto) |
| 5 | 20 ene 2026 | Ajustes finales | Auditorías (lista de verificación configurable como no obligatoria), Riesgos (indicador "¿Se ha materializado el riesgo?", plan de acción al crear riesgo), Oportunidades (indicador "¿Se ejecutará?") |

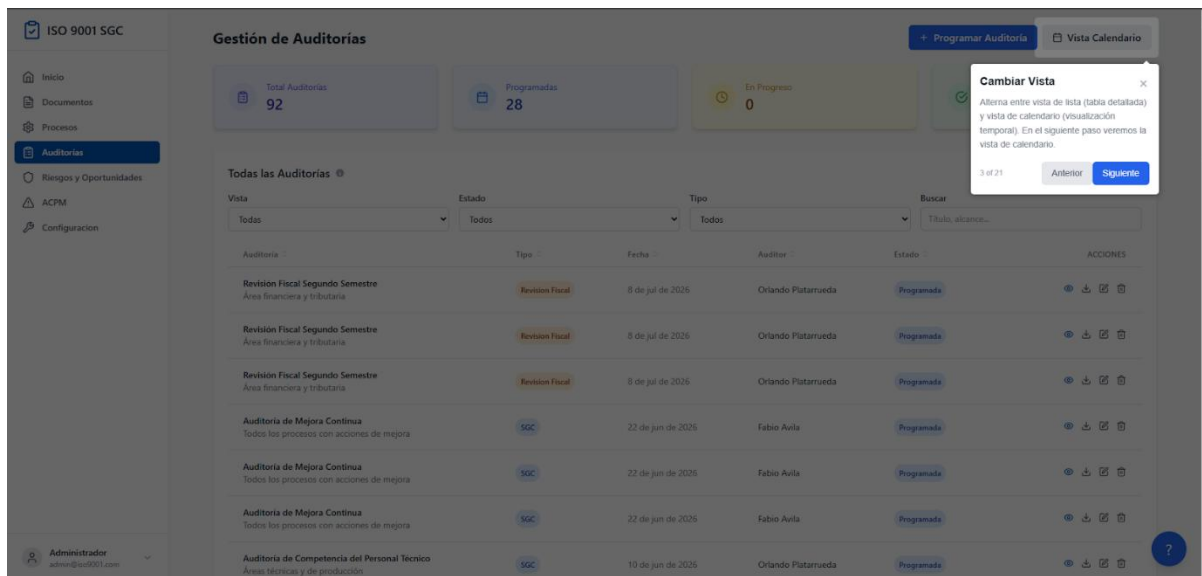
Como apoyo a la capacitación, el sistema incluye tours guiados interactivos (implementados con la librería Driver.js) en las vistas principales de cada módulo, que permiten a los usuarios aprender de forma autónoma las funcionalidades del sistema paso a paso.

Figura 29.
Tour guiado interactivo del módulo de auditorías. Parte 1

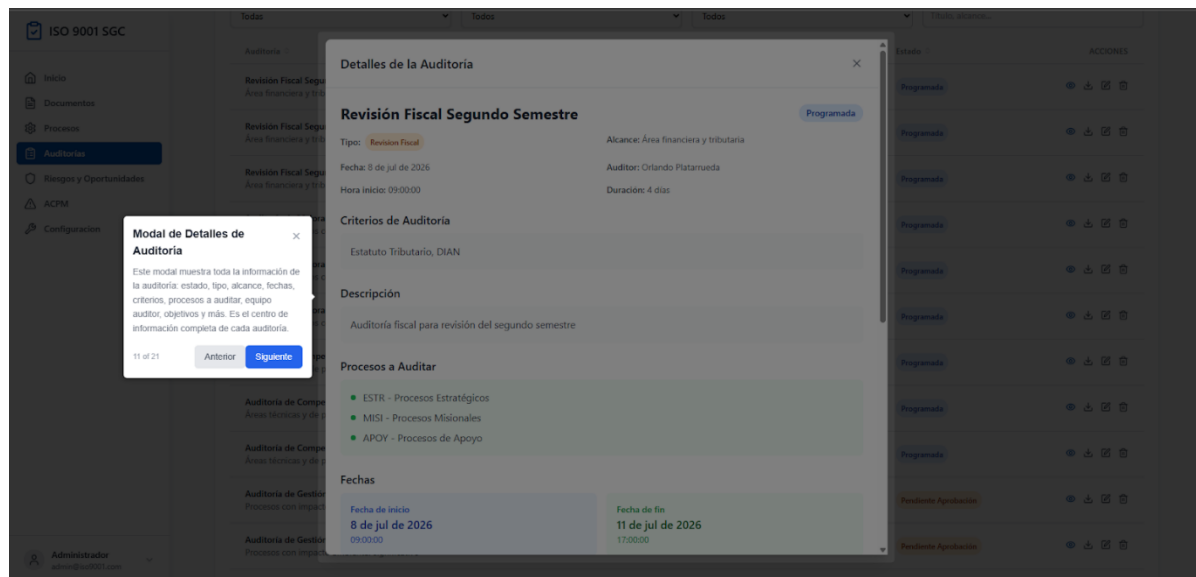


Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Figura 30.
Tour guiado interactivo del módulo de auditorías. Parte 2



Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

Figura 31.*Tour guiado interactivo del módulo de auditorías. Parte 3*

Nota. Tomada de SGC de Metalteco S.A.S. (2026)

6.3.3 Retroalimentación de los usuarios

La retroalimentación del equipo del SGC fue recibida principalmente de Karen Tatiana Bautista (Profesional de Gestión de Calidad), quien adoptó el sistema de forma activa desde su puesta en producción. La evidencia de esta adopción se refleja en el registro de información real en el sistema: documentos del SGC, riesgos organizacionales caracterizaciones de procesos e indicadores. Las observaciones se transmitieron en su mayoría por correo electrónico, tanto directamente al autor como a través del ingeniero líder Ludwig Ballesteros, quien las compiló y priorizó para cada iteración de mantenimiento.

Las funcionalidades que generaron mayor interacción y retroalimentación fueron el módulo de Riesgos y Oportunidades, que requirió múltiples refinamientos en filtros, descarga de reportes y visualización de la matriz, y el módulo ACPM/No Conformidades, con ajustes en la habilitación de planes de acción, permisos de edición y formato de reportes PDF. El sistema de notificaciones por correo electrónico fue destacado como un mecanismo útil para el seguimiento

de actividades del SGC, aunque inicialmente requirió ajustes para que las alertas de vencimiento llegaran exclusivamente al responsable designado.

Las dificultades iniciales más frecuentes estuvieron relacionadas con la visibilidad del mapa de procesos al reemplazar la imagen, errores HTTP 404 al acceder a caracterizaciones de subprocesos desde los correos de notificación, y restricciones de permisos de edición en documentos y caracterizaciones de procesos ajenos. Todos los problemas reportados durante la fase de mantenimiento fueron corregidos en el transcurso de la práctica empresarial.

6.4 Mantenimiento (Fase 10)

Tras la puesta en producción, se ejecutó una fase de mantenimiento que incluyó correcciones menores y mejoras puntuales identificadas durante el uso real del sistema por parte del equipo del SGC.

La siguiente tabla consolida las correcciones y mejoras realizadas durante esta fase a partir de los reportes del equipo del SGC:

Tabla 8.
Correcciones y mejoras durante la fase de mantenimiento.

| Nº | Módulo | Descripción del problema | Tipo | Fecha de reporte |
|----|------------|--|--------|------------------|
| 1 | Procesos | Imagen del mapa de procesos no se actualizaba al reemplazarla (imágenes previas no se eliminaban del servidor) | Bug | 02 mar 2026 |
| 2 | Documentos | Documentos públicos permitían edición a usuarios no propietarios del proceso | Bug | 02 mar 2026 |
| 3 | Procesos | Todos los usuarios podían modificar caracterizaciones y KPIs de procesos que no les pertenecían | Bug | 02 mar 2026 |
| 4 | Riesgos | Error al eliminar riesgos aun teniendo el permiso de eliminación asignado | Bug | 03 mar 2026 |
| 5 | Riesgos | Ausencia de filtro por campo "fuente del riesgo" | Mejora | 03 mar 2026 |

| | | | | |
|----|------------|--|--------|-------------|
| 6 | ACPM | Alertas de vencimiento de no conformidades visibles a todos los usuarios en lugar de solo al responsable | Bug | 03 mar 2026 |
| 7 | ACPM | No se podía eliminar una conformidad desde el aplicativo | no Bug | 03 mar 2026 |
| 8 | ACPM | Error de permisos al guardar el análisis de causa raíz | Bug | 03 mar 2026 |
| 9 | ACPM | Botón de plan de acción no habilitado en no conformidades, oportunidades de mejora, gestión del cambio y acciones de mejora | Bug | 03 mar 2026 |
| 10 | Auditorías | Ausencia del ítem "SIG - Auditoría del sistema integrado de gestión" en el campo origen de no conformidades | Mejora | 03 mar 2026 |
| 11 | ACPM | Reporte PDF del módulo no incluía numeración de páginas | Mejora | 03 mar 2026 |
| 12 | Procesos | Error HTTP 404 al visualizar la caracterización de subprocesos desde el aplicativo y desde los correos de notificación | Bug | 10 mar 2026 |
| 13 | Riesgos | Reporte descargable de riesgos no incluía evaluación completa, proceso asociado, salvaguardas ni código del riesgo | Mejora | 10 mar 2026 |
| 14 | Riesgos | Ausencia de filtro por proceso y subproceso en el módulo de Riesgos y Oportunidades | Mejora | 10 mar 2026 |
| 15 | ACPM | Error HTTP 404 al descargar evidencias y documentos de gestión del cambio | Bug | 10 mar 2026 |
| 16 | Riesgos | Riesgos registrados (R-FIN-001, R-FIN-002, R-FIN-003, R-CAD-001) no visibles en el listado del aplicativo pese a estar almacenados en la base de datos | Bug | 30 mar 2026 |
| 17 | Documentos | Usuario con rol de Profesional Ambiental no podía descargar documentos del aplicativo | Bug | 30 mar 2026 |

De los 17 ítems registrados, 12 corresponden a defectos (bugs) y 5 a mejoras funcionales solicitadas por el equipo del SGC. Todos fueron atendidos y corregidos durante la fase de mantenimiento de la práctica empresarial.

En conjunto, los resultados descritos en este capítulo dan cuenta del cumplimiento integral de los objetivos de validación y puesta en marcha del sistema: las pruebas funcionales verificaron la totalidad de los requerimientos con una tasa de aprobación del 100 %; la capacitación iterativa permitió que el equipo del SGC adoptara el sistema de forma autónoma antes y después del lanzamiento a producción; y la fase de mantenimiento demostró la capacidad de respuesta del equipo de desarrollo ante los hallazgos reportados en uso real, consolidando un sistema estable y alineado con las necesidades operativas de Metalteco S.A.S.

7. Conclusiones

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo general desarrollar un sistema web para apoyar la gestión de calidad en la empresa Metalteco S.A.S. basado en la norma ISO 9001:2015, con el fin de centralizar los datos y facilitar la toma de decisiones utilizando las tecnologías Laravel, MySQL y Vue. A continuación se presentan las conclusiones derivadas del cumplimiento de cada objetivo específico:

Respecto al objetivo específico 1, analizar los requerimientos de cada módulo del SGC:

Se llevó a cabo un análisis de requerimientos funcionales en conjunto con el equipo de gestión de calidad de Metalteco S.A.S. y el ingeniero líder de desarrollo. Este proceso, realizado de forma iterativa al inicio de cada fase, resultó en la definición de 27 requerimientos funcionales (RF-001 a RF-027) organizados por módulo y alineados con las cláusulas aplicables de la norma ISO 9001:2015. El enfoque iterativo para la captura de requerimientos permitió refinar el alcance

de cada módulo conforme avanzaba el desarrollo, evitando la definición prematura de funcionalidades que no se ajustaban a las necesidades reales del SGC.

Respecto al objetivo específico 2, diseñar la arquitectura y el modelo de base de datos:

Se diseñó una arquitectura cliente-servidor que separa la capa de presentación (Vue + TypeScript) de la capa de lógica de negocio y persistencia (Laravel + MySQL). El modelo de datos resultante contiene más de 30 tablas principales, cuya evolución quedó documentada en 98 archivos de migración de Laravel. Se implementó un sistema de control de acceso basado en roles (RBAC) con 88 permisos granulares distribuidos en 9 módulos. La separación en capas y el diseño modular del sistema facilitan su mantenimiento y extensión futura.

Respecto al objetivo específico 3, desarrollar los módulos funcionales del SGC:

Se implementaron siete módulos funcionales que abordan los principales requisitos de la norma ISO 9001:2015: configuración y autenticación, gestión documental (cláusula 7.5), gestión de procesos e indicadores (cláusulas 4.4 y 9.1), auditorías internas (cláusula 9.2), gestión de riesgos y oportunidades (cláusula 6.1), no conformidades y acciones correctivas (cláusula 10.2), y un dashboard con indicadores del SGC. Cada módulo fue desarrollado siguiendo el ciclo iterativo e incremental definido en la metodología, con validaciones técnicas y funcionales en cada incremento. El sistema permite centralizar la información del SGC, automatizar flujos de trabajo (aprobación de documentos, cierre de no conformidades, programación de auditorías) y generar evidencias exportables en formatos PDF y Excel, proporcionando a la alta dirección y a los responsables de proceso visibilidad en tiempo real sobre el desempeño del sistema de gestión, facilitando la revisión gerencial (cláusula 9.3) y la toma de decisiones basada en datos objetivos, en línea con el enfoque de mejora continua que establece la norma ISO 9001:2015.

Respecto al objetivo específico 4, validar el funcionamiento mediante pruebas funcionales:

Se diseñaron y ejecutaron 36 casos de prueba funcionales que cubren los 27 requerimientos funcionales del sistema, incluyendo escenarios positivos, negativos y atípicos. El formato de pruebas se basó en los lineamientos del estándar IEEE 829-2008 y la norma ISO/IEC/IEEE 29119-3:2021, adaptados al contexto de un proyecto de grado académico. La trazabilidad directa entre cada caso de prueba y su requerimiento funcional permite verificar el cumplimiento de los requisitos definidos.

Los 36 casos de prueba ejecutados sobre la versión de producción del sistema arrojaron un resultado de aprobación del 100 %, sin registrar fallas durante la ejecución formal. Los defectos identificados con anterioridad a esta fase fueron detectados y corregidos durante la revisión integral (Fase 8), garantizando que la validación funcional se realizara sobre una versión estable del sistema.

Respecto al objetivo específico 5, capacitar al equipo de gestión de calidad:

Se llevaron a cabo cinco sesiones presenciales de capacitación y revisión con el equipo del SGC de Metalteco S.A.S. entre octubre de 2025 y enero de 2026, con la participación de Karen Tatiana Bautista (Profesional de Gestión de Calidad) y Ludwig Ballesteros Cáceres (ingeniero líder de desarrollo). El sistema fue desplegado en producción el 26 de noviembre de 2025 en la plataforma OVHcloud, bajo la URL <https://sgc.metalteco.com/>. Desde su puesta en marcha, la profesional del SGC adoptó el sistema de forma activa, registrando información real (documentos, riesgos, caracterizaciones de procesos) y reportando observaciones que permitieron refinar el comportamiento del aplicativo. La retroalimentación iterativa recibida resultó en la corrección de 12 defectos y la incorporación de 5 mejoras funcionales durante la fase de mantenimiento.

Se integró un sistema de tours guiados interactivos en las vistas principales del sistema (mediante la librería Driver.js) como mecanismo complementario de capacitación, permitiendo a los usuarios aprender de forma autónoma las funcionalidades de cada módulo.

Conclusión general:

El sistema web desarrollado proporciona a Metalteco S.A.S. una herramienta que centraliza la información del SGC, mejora la trazabilidad de las actividades de calidad y genera evidencias que pueden ser utilizadas en auditorías internas y externas. La adopción de un modelo iterativo e incremental permitió entregar valor funcional desde las primeras fases del proyecto, incorporar retroalimentación temprana de los usuarios y reducir el retrabajo. El enfoque de producto mínimo viable (MVP) fue clave para priorizar las funcionalidades de mayor impacto dentro de las restricciones de tiempo de la práctica empresarial.

Como limitación principal, se reconoce que las pruebas realizadas fueron de carácter funcional, sin incluir, pruebas de seguridad formales ni evaluaciones de usabilidad con metodologías estructuradas (como pruebas con usuarios o análisis heurístico). Estas validaciones complementarias representan oportunidades de mejora para versiones futuras del sistema, tal como se describe en el capítulo de trabajo futuro.

8. Recomendaciones

A partir de la experiencia adquirida durante el desarrollo e implementación del sistema, se formulan las siguientes recomendaciones:

- **Continuidad en el uso del sistema:** Se recomienda que Metalteco S.A.S. mantenga el uso activo del sistema como herramienta de apoyo para la gestión de calidad, alimentando los módulos con datos reales de forma consistente para maximizar el valor de los indicadores y reportes generados.

- **Actualización de la documentación del SGC:** Se sugiere migrar progresivamente la documentación existente del SGC al módulo de gestión documental del sistema, aprovechando el control de versiones y los flujos de aprobación implementados.
- **Revisión periódica de indicadores:** Se recomienda realizar revisiones periódicas de los KPIs definidos en el sistema para verificar que las metas establecidas sean pertinentes y estén alineadas con los objetivos de calidad de la organización.
- **Capacitación continua:** Ante la rotación de personal o la incorporación de nuevos colaboradores al equipo del SGC, se recomienda aprovechar los tours guiados integrados en el sistema.
- **Respaldos de información:** Se recomienda implementar una política de respaldos periódicos de la base de datos del sistema para garantizar la disponibilidad y recuperabilidad de la información del SGC.

9. Trabajo Futuro

El sistema desarrollado cubre los módulos centrales del SGC de Metalteco S.A.S., pero su alcance puede ampliarse en diferentes direcciones a medida que la organización madure en el uso de la plataforma. A continuación se describen las líneas de trabajo futuro identificadas a partir del proceso de desarrollo y de los requisitos aún pendientes de la norma ISO 9001:2015.

Módulo de satisfacción del cliente. La cláusula 9.1.2 de la norma establece el seguimiento de la percepción del cliente como un requisito explícito. Para cubrirlo, se propone desarrollar un módulo que permita diseñar, aplicar y analizar encuestas de satisfacción, cuyos resultados alimenten los indicadores del dashboard del SGC y sirvan de insumo para la revisión por la dirección.

Módulo de revisión por la dirección. La cláusula 9.3 requiere que la alta dirección revise el SGC a intervalos planificados. Un módulo dedicado permitiría registrar las entradas de la revisión (resultados de auditorías, desempeño de procesos, no conformidades e indicadores), documentar las decisiones tomadas y dar seguimiento a las acciones derivadas de cada ciclo de revisión.

Notificaciones en tiempo real. Las alertas actuales del sistema se entregan por correo electrónico, lo que puede generar demoras en la atención a eventos urgentes del SGC. Incorporar notificaciones en tiempo real dentro de la aplicación, mediante WebSockets o Server-Sent Events, permitiría a los usuarios recibir alertas de forma inmediata sin depender del cliente de correo.

Integración con otras normas ISO. La estructura de alto nivel armonizada (conocida como Apéndice SL de las Directivas ISO/IEC), que establece un marco común de requisitos, términos y definiciones compartido por todas las normas ISO de sistemas de gestión, facilita la extensión del sistema hacia requisitos complementarios, como los de ISO 14001:2015 (gestión ambiental) o ISO 45001:2018 (seguridad y salud en el trabajo). Esta integración abriría la puerta a un sistema de gestión integrado construido sobre la misma base tecnológica.

Analítica avanzada y reportería. El dashboard actual presenta indicadores puntuales. Su evolución natural incluye gráficos de tendencia temporal de KPIs, análisis comparativo entre períodos y reportes consolidados para las revisiones de la dirección. La integración con herramientas de inteligencia de negocios potenciaría la capacidad analítica del sistema sin requerir cambios en la estructura de datos existente.

Aplicación móvil complementaria. Aunque la interfaz actual es responsiva, una aplicación móvil nativa o híbrida agilizaría el trabajo en campo: registro de hallazgos durante

auditorías, captura de evidencias fotográficas y consulta de documentos en ubicaciones sin acceso a computadoras de escritorio.

Pruebas automatizadas. El sistema carece de una suite de pruebas automatizadas. Implementar pruebas unitarias y de integración en el backend (PHPUnit) y en el frontend (Vitest o Cypress) reduciría el riesgo de regresiones en futuras iteraciones y facilitaría la incorporación de nuevos desarrolladores al proyecto.

Gestión de competencias del personal. La cláusula 7.2 de la norma exige que la organización determine las competencias necesarias del personal que incide en el desempeño del SGC. Un módulo específico permitiría registrar las habilidades requeridas por cada proceso, las competencias actuales de los colaboradores y las brechas de formación identificadas, completando así el ciclo de gestión del talento dentro del propio sistema.

Referencias Bibliográficas

- Amaral, C. C. S. D. (2017). *Desenvolvimento de Software: Análise comparativa para modelos sequencial, iterativo e incremental, espiral e prototipação*. Supremo Tribunal Federal. https://bibliotecadigital.stf.jus.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1185/artigo_final.pdf
- American Global Standards. (2025). *ISO 9001 and the rise of digital technologies*. <https://www.americanglobal.org/news/iso-9001-and-the-rise-of-digital-technologies/>
- ASQ. (s.f.). *ISO 9001:2015 — What is the 9001:2015 standard?* American Society for Quality. <https://asq.org/quality-resources/iso-9001>
- Atlassian. (s.f.). *Minimum viable product (MVP)*. <https://www.atlassian.com/agile/product-management/minimum-viable-product>
- Cañas Roa, J. D. (2018). *Análisis de la implementación de un sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001 versión 2015 en la empresa Totality Services SAS* [Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Manizales]. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/4683>
- Consultoría Anexia. (2025). *ISO 9001 y la digitalización: herramientas para una implementación efectiva*. <https://consultoria.anexia.es/blog/iso-9001-y-la-digitalizacion-herramientas-para-una-implementacion-efectiva>
- da Fonseca, L. M. C. M., Domingues, J. P., Machado, P. B., & Harder, D. (2019). ISO 9001:2015 adoption: A multi-country empirical research. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(1), 27–50. <https://doi.org/10.3926/jiem.2745>
- DCP Web Designers. (2025). *Beginners guide to PHP programming language*. <https://dcpweb.co.uk/blog/beginners-guide-to-php-programming-language>

- EasyVista. (2024). *¿Qué es la gestión del conocimiento?* <https://www.easyvista.com/es/blog/que-es-knowledge-management/>
- Enyinnaya, C. (2024). *Laravel Sanctum tutorial: Authenticating Nuxt.js SPAs*. LogRocket. <https://blog.logrocket.com/laravel-sanctum-tutorial-authenticating-nuxt-js-spas>
- GeeksforGeeks. (2025). *What is MySQL?* <https://www.geeksforgeeks.org/sql/what-is-mysql/>
- Homelab, A. (s.f.). *Gogs — Awesome Homelab*. <https://www.awesome-homelab.com/item/gogs>
- IEEE. (2008). *IEEE 829-2008: IEEE standard for software and system test documentation*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015: Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2023). *Sistemas de gestión de la calidad: Introducción*. <https://www.iso.org/es/gestion-calidad/que-es-sgc>
- International Organization for Standardization. (2024). *The ISO Survey 2023 — Results*. <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>
- ISO/IEC/IEEE. (2021). *ISO/IEC/IEEE 29119-3:2021: Software and systems engineering — Software testing — Part 3: Test documentation*. International Organization for Standardization.
- Jalli, A. (2025). *What is Laravel? Built In*. <https://builtin.com/software-engineering-perspectives/laravel>
- Martínez, A., & Faraldi, R. (2019). Norma ISO 9001: la utilización de las TIC para la implementación de sistemas de gestión de la calidad. *Repositorio CyT UNLAM*. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/419>

- Palma, R. J. C., Merizalde, C. K. B., & Flores, F. M. F. (2018). Sistema de gestión y control de la calidad: Norma ISO 9001:2015. *RECIMUNDO*, 2(1), 625–644. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6732908>
- Peña, J. S., & Vargas, C. A. (2022). *Transformación digital en sistemas de gestión de calidad en empresas tecnológicas, caso Link Wireless* [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. <http://hdl.handle.net/11349/29474>
- Quality.org. (s.f.). *Digital transformation and quality management — What are the relations?* <https://www.quality.org/article/digital-transformation-and-quality-management-what-are-relations>
- Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Crown Business.
- Sandhu, R. S., Coyne, E. J., Feinstein, H. L., & Youman, C. E. (1996). Role-based access control models. *IEEE Computer*, 29(2), 38–47. <https://doi.org/10.1109/2.485845>
- Thakkar, Y. (2024). *Top 5 state management libraries in Vue.js*. Nimblechapps. <https://www.nimblechapps.com/blog/top-5-state-management-libraries-in-vuejs>
- Vite.js. (s.f.). *Getting started*. <https://vite.dev/guide/>
- Vue Router. (s.f.). *Introduction*. Vue Router. <https://router.vuejs.org/introduction>
- Wikipedia contributors. (2025). Vue.js. *Wikipedia*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Vue.js>

Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.