

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA
REGIONAL BOYACÁ – CENTRO MINERO

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIGITAL PARA
LA INSPECCIÓN PREOPERACIONAL DE MÁQUINAS Y EQUIPOS, CON
TRAZABILIDAD EN TIEMPO REAL, EN EL CENTRO MINERO, SENA
REGIONAL BOYACÁ**

Autora

Alba Liseth Rojas Serrano

Instructora Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Centro Minero
SENA Regional Boyacá
Sogamoso, Boyacá
2026

Tabla de contenido

Nota: los números de página se actualizan automáticamente al abrir el documento en Word (clic derecho sobre la tabla → Actualizar campos).

Tabla de contenido	2
1. Información general del proyecto	3
2. Resumen	3
3. Planteamiento del problema	4
3.1 Pregunta de investigación	4
4. Justificación	4
5. Objetivos	5
5.1 Objetivo general	5
5.2 Objetivos específicos	5
6. Marco referencial	6
6.1 Marco teórico	6
6.2 Marco legal	6
6.3 Marco institucional	7
7. Metodología	7
7.1 Tipo y enfoque de investigación	7
7.2 Fases del proyecto	7
7.3 Población y muestra	7
7.4 Técnicas e instrumentos	8
8. Resultados y avances a la fecha	8
9. Resultados esperados e impacto	9
10. Cronograma de actividades	9
11. Presupuesto	10
12. Referencias	10

1. Información general del proyecto

Título del proyecto: Diseño e implementación de una herramienta digital para la inspección preoperacional de máquinas y equipos, con trazabilidad en tiempo real, en el Centro Minero, SENA Regional Boyacá

Línea de investigación: Seguridad y salud en el trabajo aplicada a procesos productivos — tecnologías digitales para la prevención de riesgos laborales

Centro de Formación: Centro Minero, SENA Regional Boyacá

Programa de formación asociado: Tecnólogo en Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Investigadora principal: Alba Liseth Rojas Serrano, instructora de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Población beneficiaria: Aprendices e instructores vinculados a las especialidades de minería subterránea, maquinaria pesada, laboratorio de química, trabajo en alturas, topografía y actividades de taller del Centro Minero

Duración estimada: Seis (6) meses

Estado actual: En ejecución — prototipo funcional en fase de prueba

2. Resumen

El Centro Minero de la Regional Boyacá del Servicio Nacional de Aprendizaje forma aprendices en actividades de alto riesgo —minería subterránea, operación de maquinaria pesada, trabajo en laboratorio químico, trabajo en alturas y topografía—, en las cuales la inspección preoperacional de máquinas y equipos constituye un requisito ineludible antes de iniciar cualquier práctica formativa. Hasta el momento, este control se realizaba mediante formatos físicos que dificultaban el seguimiento oportuno de las condiciones inseguras detectadas y no permitían a los instructores conocer, en tiempo real, el estado de las inspecciones realizadas por los aprendices en las distintas especialidades. El presente proyecto tiene como propósito diseñar e implementar una herramienta digital que permita al aprendiz realizar la inspección preoperacional desde su teléfono móvil mediante códigos QR ubicados en cada zona de práctica, generar alertas automáticas por correo electrónico ante condiciones inseguras, y ofrecer al instructor un tablero de control con indicadores y trazabilidad completa de cada inspección, desde su registro hasta el cierre de las acciones correctivas. El desarrollo se aborda desde una investigación aplicada, con un enfoque de desarrollo tecnológico incremental organizado en fases de diagnóstico, diseño, construcción y validación. A la fecha se cuenta con un prototipo funcional en fase de pilotaje, con seis especialidades configuradas y un sistema propio de almacenamiento de datos. Se espera que la herramienta reduzca los tiempos de respuesta ante condiciones inseguras y fortalezca la trazabilidad documental exigida por el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo del Centro.

Palabras clave: inspección preoperacional, trazabilidad, seguridad y salud en el trabajo, transformación digital, prevención de riesgos laborales

3. Planteamiento del problema

En el Centro Minero, la inspección preoperacional de máquinas y equipos es una actividad previa y obligatoria dentro del proceso formativo, orientada a verificar que los equipos utilizados por los aprendices —locomotoras y winches en minería subterránea, cargadores y retroexcavadoras en el área de maquinaria pesada, equipos de laboratorio en química, elementos de protección contra caídas en alturas, y estaciones totales en topografía, entre otros— se encuentren en condiciones seguras de operación antes de cada práctica.

Este control se ha realizado tradicionalmente mediante listas de chequeo impresas, diligenciadas de forma manual por el aprendiz y archivadas físicamente. Dicho procedimiento presenta varias limitaciones que afectan directamente la gestión del riesgo: la información queda dispersa en carpetas de difícil consulta; el instructor no tiene manera de conocer, en el momento en que ocurre, si un aprendiz identificó una condición insegura en un equipo; el seguimiento a las acciones correctivas depende de la disponibilidad del personal administrativo; y no existe un mecanismo que centralice, para efectos de auditoría del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, la totalidad de las inspecciones realizadas en las distintas especialidades del Centro.

Esta situación resulta especialmente crítica en actividades como la minería subterránea y el trabajo en alturas, donde el tiempo transcurrido entre la detección de una falla y la notificación al responsable puede significar la diferencia entre un incidente controlado y un accidente de trabajo. La ausencia de un canal de alerta inmediata expone al Centro a que condiciones inseguras identificadas por un aprendiz permanezcan sin atención durante horas o incluso días, con el consecuente riesgo para la integridad de quienes operan el equipo posteriormente.

3.1 Pregunta de investigación

¿En qué medida el diseño e implementación de una herramienta digital de inspección preoperacional, con generación automática de alertas y trazabilidad en tiempo real, contribuye a reducir el tiempo de respuesta ante condiciones inseguras y a fortalecer el control documental del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Centro Minero?

4. Justificación

El proyecto responde a una necesidad identificada directamente en el ejercicio de acompañamiento a los aprendices del Centro Minero, donde la dispersión de la información y la ausencia de alertas oportunas dificultan una gestión preventiva efectiva del riesgo. En este sentido, se inscribe dentro

del propósito misional del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación –SENNOVA– de propiciar soluciones tecnológicas aplicadas que surjan de las necesidades reales de los Centros de Formación.

Desde el punto de vista técnico, el desarrollo de la herramienta contribuye a fortalecer la cultura de autocuidado de los aprendices, en la medida en que ellos mismos son quienes ejecutan la inspección y reportan las condiciones inseguras, sin depender de un intermediario. Desde el punto de vista administrativo, ofrece al Centro un mecanismo de trazabilidad que facilita el cumplimiento de los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, particularmente en lo relacionado con la gestión documental y el seguimiento a las acciones correctivas.

Finalmente, el modelo desarrollado —una herramienta de bajo costo, sin necesidad de infraestructura especializada ni de cuentas de usuario para los aprendices— resulta potencialmente replicable en otros Centros de Formación del SENA que desarrollen actividades formativas de alto riesgo, lo que amplía el impacto del proyecto más allá del Centro Minero.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una herramienta digital de inspección preoperacional para las máquinas y equipos utilizados en las prácticas formativas del Centro Minero, que permita generar alertas automáticas ante condiciones inseguras y realizar trazabilidad en tiempo real desde el registro de la inspección hasta el cierre de las acciones correctivas.

5.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar las máquinas y equipos de mayor uso en cada una de las especialidades del Centro Minero (minería subterránea, maquinaria pesada, laboratorio de química, trabajo en alturas, topografía y actividades de taller), junto con sus respectivas listas de chequeo e instructivos de uso seguro.
2. Diseñar una interfaz digital de fácil acceso desde dispositivos móviles, mediante códigos QR ubicados en cada zona de práctica, que permita al aprendiz realizar la inspección preoperacional sin necesidad de crear una cuenta de usuario.
3. Desarrollar un mecanismo de alerta automática por correo electrónico que notifique al instructor responsable la detección de una condición insegura en el momento en que esta se registra.
4. Implementar un panel de seguimiento para el instructor, con indicadores gráficos y trazabilidad de cada inspección, que permita registrar acciones correctivas y documentar su cierre.

5. Validar el funcionamiento de la herramienta mediante una fase de pilotaje con aprendices de las distintas especialidades del Centro Minero, e incorporar los ajustes derivados de dicha validación.

6. Marco referencial

6.1 Marco teórico

La inspección preoperacional se entiende como un control administrativo previo a la operación de una máquina o equipo, cuyo propósito es verificar que este se encuentre en condiciones seguras antes de su uso. Dentro de la jerarquía de controles para la gestión del riesgo laboral, este tipo de verificación se ubica como un control administrativo que antecede y complementa los controles de ingeniería y el uso de elementos de protección personal, y su efectividad depende en gran medida de la oportunidad con la que la información recolectada llega a quien debe tomar una decisión sobre el equipo inspeccionado.

La trazabilidad, entendida como la capacidad de reconstruir el histórico, la ubicación y la trayectoria de un proceso o un producto, se aplica en este proyecto al seguimiento de cada inspección: desde el momento en que el aprendiz la registra, pasando por la eventual identificación de una condición insegura, hasta el cierre de la acción correctiva por parte del instructor. Esta lógica es consistente con el ciclo de mejora continua Planificar–Hacer–Verificar–Actuar (PHVA), sobre el cual se estructuran los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en Colombia.

La incorporación de tecnologías digitales a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo —código QR, formularios móviles y notificaciones automáticas— responde a lo que distintos organismos internacionales han identificado como una tendencia creciente en la prevención de riesgos laborales: el uso de herramientas de bajo costo que acercan el reporte de condiciones inseguras al momento y al lugar donde estas se identifican, reduciendo la dependencia de procesos manuales y centralizados.

6.2 Marco legal

El proyecto se enmarca en las siguientes disposiciones normativas vigentes en Colombia en materia de seguridad y salud en el trabajo y protección de datos personales:

- Ley 1562 de 2012, por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales.
- Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, que en su Libro 2, Parte 2, Título 4, Capítulo 6, define los parámetros del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- Resolución 0312 de 2019, por la cual se definen los estándares mínimos del SG-SST.
- Resolución 2400 de 1979, sobre disposiciones de seguridad e higiene en los establecimientos de trabajo.

- Guía Técnica Colombiana GTC 45 (ICONTEC), para la identificación de peligros y la valoración de riesgos.
- Norma ISO 45001:2018, sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.
- Ley 1581 de 2012, sobre protección de datos personales, aplicable en la medida en que la herramienta recolecta datos personales de los aprendices (nombre y número de ficha).

6.3 Marco institucional

El proyecto se desarrolla en el marco del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación –SENNOVA– del SENA, cuyo propósito es fortalecer las capacidades de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación en los Centros de Formación, a partir de necesidades identificadas en el entorno productivo y formativo de cada Centro.

7. Metodología

7.1 Tipo y enfoque de investigación

El proyecto se enmarca en la investigación aplicada, con un enfoque de desarrollo tecnológico e innovación, en la medida en que busca dar solución a una necesidad concreta del proceso formativo del Centro mediante la construcción de un artefacto tecnológico funcional, evaluado y ajustado a partir de su uso en un contexto real.

7.2 Fases del proyecto

1. Diagnóstico: revisión del procedimiento actual de inspección preoperacional, identificación de las máquinas y equipos por especialidad, y recopilación de los instructivos de uso seguro existentes.
2. Diseño: definición del flujo de uso para aprendices y para el instructor administrador, y elaboración de las listas de chequeo, evaluaciones e instructivos específicos por máquina.
3. Desarrollo: construcción de la interfaz digital, del sistema de almacenamiento de datos y del mecanismo de alertas automáticas por correo electrónico.
4. Validación: pilotaje con aprendices de las distintas especialidades, ajuste de la herramienta a partir de los hallazgos, y generación de los códigos QR definitivos para cada zona de práctica.
5. Implementación y seguimiento: puesta en marcha en las zonas de práctica del Centro y monitoreo de los indicadores de uso a través del tablero de control.

7.3 Población y muestra

La población objeto del proyecto corresponde a los aprendices activos en los programas de formación relacionados con minería subterránea, maquinaria pesada, química aplicada, trabajo seguro en

alturas, topografía y actividades de taller del Centro Minero, así como a los instructores responsables de la supervisión de dichas prácticas. La fase de pilotaje se adelanta con una muestra intencional de aprendices por especialidad, seleccionados con el acompañamiento de los respectivos instructores técnicos.

7.4 Técnicas e instrumentos

Para el desarrollo del proyecto se emplean la observación directa del procedimiento actual de inspección, entrevistas no estructuradas con los instructores de cada especialidad para la caracterización de máquinas y riesgos asociados, y pruebas funcionales de la herramienta durante la fase de pilotaje, cuyos resultados se documentan como insumo para los ajustes correspondientes.

8. Resultados y avances a la fecha

A la fecha de presentación de este documento, el proyecto cuenta con un prototipo funcional desplegado y en fase de pilotaje, con los siguientes desarrollos concretados:

- Interfaz digital de inspección preoperacional, adaptada a dispositivos móviles, con seis especialidades configuradas: minería subterránea, maquinaria pesada (Centro ABC), laboratorio de química, trabajo en alturas, topografía y actividades de taller.
- Listas de chequeo, instructivos de uso seguro por máquina y evaluaciones de inducción diferenciadas para cada especialidad, con generación de certificado al aprendiz que las aprueba.
- Sistema propio de almacenamiento de datos, independiente de cuentas de usuario, que permite al aprendiz registrar la inspección sin necesidad de autenticarse.
- Mecanismo de alerta automática por correo electrónico ante la detección de una condición insegura, con opción de adjuntar evidencia fotográfica tomada desde el mismo dispositivo móvil.
- Panel de seguimiento para el instructor administrador, con indicadores gráficos, trazabilidad completa de cada inspección y registro de acciones correctivas hasta su cierre.
- Códigos QR generados para cada especialidad, dispuestos para su impresión y ubicación en las zonas de práctica correspondientes.

Durante esta fase inicial de pilotaje se han identificado y corregido ajustes propios de la puesta en marcha de la herramienta —entre ellos, la calibración de los indicadores gráficos del panel de seguimiento y el formato de los reportes exportables—, lo cual es consistente con la naturaleza incremental de la metodología adoptada. Los próximos pasos corresponden a la validación formal con una muestra representativa de aprendices por especialidad, la medición del tiempo promedio de

respuesta ante condiciones inseguras reportadas, y la aplicación de un instrumento de percepción de uso dirigido a aprendices e instructores.

9. Resultados esperados e impacto

- Reducción medible en el tiempo transcurrido entre la detección de una condición insegura y su notificación al instructor responsable.
- Trazabilidad documental completa y auditable del proceso de inspección preoperacional, disponible para el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo del Centro.
- Fortalecimiento de la cultura de autocuidado en los aprendices, mediante el uso de una herramienta que ellos mismos operan directamente.
- Disponibilidad de un tablero de indicadores que facilite la toma de decisiones del instructor y de la coordinación del Centro.
- Un modelo replicable, de bajo costo, que pueda transferirse a otros Centros de Formación del SENA con actividades formativas de alto riesgo.

10. Cronograma de actividades

El cronograma se presenta a continuación con una duración total de seis (6) meses. Las casillas sombreadas corresponden a las actividades ya ejecutadas a la fecha de este informe.

Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Estado
Diagnóstico y caracterización de máquinas y equipos por especialidad	X						Completada
Diseño de listas de chequeo, instructivos y evaluaciones	X	X					Completada
Desarrollo de la interfaz digital y del flujo de usuario		X	X				Completada
Desarrollo del sistema de almacenamiento y alertas automáticas			X				Completada
Generación de códigos QR y material de señalización			X	X			Completada
Pruebas con aprendices de las especialidades del Centro				X	X		En curso
Ajustes derivados de las pruebas				X	X		En curso
Validación final e implementación en zonas de práctica					X	X	Programada

Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Estado
Medición de indicadores y elaboración de informe final						X	Programada

M1 a M6 corresponden a los meses 1 a 6 de ejecución del proyecto.

11. Presupuesto

El desarrollo de la herramienta se realizó con recursos tecnológicos de acceso gratuito —hospedaje web, generación de códigos QR y automatización de correo electrónico mediante servicios en línea sin costo—, por lo cual el proyecto no ha demandado inversión económica adicional distinta a la dedicación del talento humano del Centro. En caso de requerirse la vinculación de personal técnico para escalar la herramienta a otros Centros de Formación, se recomienda contemplar dicho rubro en una fase posterior del proyecto.

12. Referencias

Congreso de Colombia. (2012a). Ley 1562 de 2012. Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional. Diario Oficial.

Congreso de Colombia. (2012b). Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2012). Guía Técnica Colombiana GTC 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.

International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1979). Resolución 2400 de 1979. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo.

Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 0312 de 2019. Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST.

Organización Internacional del Trabajo. (2019). Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo: aprovechar 100 años de experiencia. OIT.

Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA]. (s.f.). Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA. <https://www.sena.edu.co>