

Título del Trabajo Final:

**FORTALECIMIENTO DEL PROCESO DE
GESTIÓN DE RIESGOS MEDIANTE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA
PREVENCIÓN DE ACCIDENTES LABORALES
Y VIALES**

Trabajo final presentado por:	EDNA JULIETH RODRIGUEZ RIAÑOS MONICA ALEJANDRA PEREZ BENAVIDES
Programa:	GERENCIA DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
Docente:	DANIEL ANDRES RODRIGUEZ
Fecha:	28/06/2026

Índice de contenidos

Resumen	4
Abstract	4
1. Introducción	6
1.1. Objetivo General	6
1.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Metodología	6
1.3.1. Identificación y Análisis del Problema	7
1.3.2. Planificación de la Solución	7
2. Identificación y descripción un problema al interior de la organización	9
2.1. Descripción de la empresa a intervenir	9
2.1.1. Misión	9
2.1.2. Visión	10
2.1.3. Mapa de procesos	10
2.1.4. Descripción del proceso a intervenir	11
2.1.5. Descripción del problema que presenta el proceso	12
3. Establecimiento de planes de acción para la solución del problema	13
3.1. Establecimiento de objetivos	13
3.2. Descripción de la solución	14
3.3. Secuencia de actividades para ejecución de la solución	14
3.4. Descripción de recursos necesarios para la ejecución de la solución	15
4. Definición del alcance de la solución, partes interesadas, cronograma y presupuestos.	16
4.1. Alcance final de la solución	16
4.2. Identificación de responsables de las actividades para ejecución	17
4.3. Cronograma de ejecución	17

4.4. Presupuesto	18
5. Propuesta PROPUESTA INNOVADORA: “Ecosistema de prevención predictiva (epp-ia)” ...	
5.1 Componente 1: Frente Vial - "Cabina Inteligente Co-piloto IA"	
5.2. Componente 2: Frente Industrial - "Guardianes de Línea y Geocercas Dinámicas"	
5.3. Componente 3: Centralización - "Plataforma de Analítica Predictiva HSEQ"	
6. Secuencia de actividades para ejecución de la solución.....	
7. Actividades específicas del área de HSEQ.....	
8. Resumen del valor innovador para Confipetrol SAS.....	
9. Conclusiones	
10. Referencias bibliográficas	20

RESUMEN

Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia curae; Mauris aliquet lacus eget dolor auctor, a sagittis turpis vehicula. Praesent laoreet enim eu est suscipit, id accumsan augue suscipit. Fusce a enim turpis. Donec vitae arcu at nulla elementum interdum ut id nisi. Phasellus posuere lacus a eros finibus, a convallis justo tincidunt. Aliquam erat volutpat. Ut ac erat vestibulum, fringilla sapien sit amet, hendrerit lorem. Nulla facilisi. Vivamus nec fermentum metus. Mauris ultricies quam et turpis interdum, eget feugiat lacus volutpat.

Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia curae; Mauris aliquet lacus eget dolor auctor, a sagittis turpis vehicula. Praesent laoreet enim eu est suscipit, id accumsan augue suscipit. Fusce a enim turpis. Donec vitae arcu at nulla elementum interdum ut id nisi. Phasellus posuere lacus a eros finibus, a convallis justo tincidunt. Aliquam erat volutpat. Ut ac erat vestibulum, fringilla sapien sit amet, hendrerit lorem. Nulla facilisi. Vivamus nec fermentum metus. Mauris ultricies quam et turpis interdum, eget feugiat lacus volutpat.

Palabras clave:

ABSTRACT

Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia curae; Mauris aliquet lacus eget dolor auctor, a sagittis turpis vehicula. Praesent laoreet enim eu est suscipit, id accumsan augue suscipit. Fusce a enim turpis. Donec vitae arcu at nulla elementum interdum ut id nisi. Phasellus posuere lacus a eros finibus, a convallis justo tincidunt. Aliquam erat volutpat. Ut ac erat vestibulum, fringilla sapien sit amet, hendrerit lorem. Nulla facilisi. Vivamus nec fermentum metus. Mauris ultricies quam et turpis interdum, eget feugiat lacus volutpat.

Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia curae; Mauris aliquet lacus eget dolor auctor, a sagittis turpis vehicula. Praesent laoreet enim eu est suscipit, id accumsan augue suscipit. Fusce a enim turpis. Donec vitae arcu at nulla elementum interdum ut id nisi. Phasellus posuere lacus a eros finibus, a convallis justo tincidunt. Aliquam erat volutpat. Ut ac erat vestibulum, fringilla sapien sit amet, hendrerit lorem. Nulla facilisi. Vivamus nec fermentum metus. Mauris ultricies quam et turpis interdum, eget feugiat lacus volutpat.

Keywords:

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de riesgos constituye uno de los elementos fundamentales para garantizar la seguridad de los trabajadores y la continuidad operacional en organizaciones del sector industrial. Empresas dedicadas a la prestación de servicios de operación y mantenimiento para los sectores de hidrocarburos, energía e industria, desarrollan actividades que exponen a sus trabajadores a riesgos laborales y viales asociados a factores humanos, condiciones operacionales y entornos de trabajo de alta complejidad.

A pesar de la implementación de sistemas de gestión como el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y el Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV), los accidentes continúan representando un desafío para las organizaciones, debido a que gran parte de los incidentes se encuentran relacionados con comportamientos inseguros, distracciones, fatiga, incumplimiento de procedimientos y fallas en la identificación temprana de condiciones peligrosas.

En la actualidad, la transformación digital y el desarrollo de tecnologías asociadas a la Industria ofrecen nuevas oportunidades para fortalecer los procesos de gestión preventiva. Entre estas tecnologías se destacan la Inteligencia Artificial (IA), la visión artificial y los sistemas de monitoreo inteligente, los cuales permiten detectar patrones de comportamiento de riesgo y generar alertas preventivas en tiempo real.

En este contexto, la presente propuesta busca diseñar una estrategia de innovación orientada al fortalecimiento del proceso de gestión de riesgos en Confipetrol S.A.S., mediante el uso de Inteligencia Artificial para la detección temprana de comportamientos y condiciones de riesgo, contribuyendo a la prevención de accidentes laborales y viales y al fortalecimiento de la cultura de seguridad.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de innovación basada en Inteligencia Artificial para fortalecer el proceso de gestión de riesgos y contribuir a la prevención de accidentes laborales y viales en Confipetrol S.A.S.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las principales causas y factores asociados a la ocurrencia de accidentes laborales y viales en la organización.
- Analizar las oportunidades de mejora existentes en el proceso de identificación y control de riesgos.
- Diseñar una propuesta tecnológica basada en Inteligencia Artificial y visión artificial para la detección temprana de comportamientos inseguros y condiciones peligrosas.
- Elaborar una propuesta de implementación que incluya responsables, cronograma, requerimientos técnicos y estimación presupuestal para evaluar su viabilidad dentro de la organización.

1.3. METODOLOGÍA

La investigación se desarrollará bajo un enfoque descriptivo y aplicado, debido a que busca analizar una problemática existente dentro de la organización y proponer una solución innovadora para su mitigación.

La metodología se desarrollará en dos fases principales:

1.3.1. Identificación y Análisis del Problema

En esta fase se realizará la revisión y análisis de la información relacionada con la accidentalidad laboral y vial de la organización, incluyendo:

- ✓ Estadísticas de accidentalidad.
- ✓ Reportes de incidentes y accidentes.
- ✓ Informes de investigación de eventos.
- ✓ Indicadores del SG-SST.
- ✓ Indicadores del PESV.
- ✓ Literatura científica relacionada con Inteligencia Artificial aplicada a la seguridad industrial y vial.

Posteriormente se identificarán los factores críticos asociados a la ocurrencia de accidentes, especialmente aquellos relacionados con comportamientos humanos y fallas en la detección temprana de riesgos

1.3.2. Planificación de la Solución

Con base en los resultados obtenidos durante la fase diagnóstica, se diseñará una propuesta de innovación tecnológica basada en Inteligencia Artificial que contemple:

- ✓ Cámaras inteligentes para monitoreo de áreas operativas.
- ✓ Sistemas de monitoreo de conductores para detección de fatiga y distracción.
- ✓ Herramientas de analítica predictiva para identificación de tendencias de riesgo.
- ✓ Generación automática de alertas preventivas para la toma de decisiones.

1.3.2.1. Definición de Alcance y Recursos

Alcance

La presente propuesta de innovación tiene como alcance el diseño de una solución tecnológica basada en Inteligencia Artificial para fortalecer el proceso de gestión de riesgos en Confipetrol S.A.S., mediante la detección temprana de comportamientos inseguros y condiciones de riesgo asociados a la accidentalidad laboral y vial.

La propuesta contempla la aplicación de tecnologías de visión artificial y monitoreo inteligente en dos frentes principales:

Actividades operativas e industriales, mediante cámaras capaces de identificar actos inseguros, incumplimiento en el uso de elementos de protección personal e ingreso a zonas restringidas.

Operaciones de transporte, mediante sistemas de monitoreo del conductor orientados a detectar fatiga, distracción, uso de dispositivos móviles y otros comportamientos de riesgo durante la conducción.

El alcance de este trabajo se limita al análisis de la problemática, la identificación de oportunidades de mejora y el diseño conceptual de la solución tecnológica, sin incluir su implementación física, adquisición de equipos o puesta en marcha dentro de la organización.

Recursos requeridos

- ✓ Recursos humanos
- ✓ Personal del área HSEQ.
- ✓ Responsables del Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV).
- ✓ Supervisores operativos.
- ✓ Conductores y personal operativo.
- ✓ Equipo encargado del análisis y desarrollo de la propuesta.

Recursos tecnológicos

- ✓ Información estadística de accidentalidad laboral y vial.
- ✓ Bases de datos de incidentes y accidentes.
- ✓ Equipos informáticos para el análisis de información.
- ✓ Software para procesamiento y análisis de datos.
- ✓ Información técnica relacionada con sistemas de Inteligencia Artificial y visión artificial.

Recursos documentales

- ✓ Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- ✓ Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV).
- ✓ Informes de investigación de accidentes e incidentes.

- ✓ Procedimientos operativos y estándares de seguridad.
- ✓ Literatura científica relacionada con Inteligencia Artificial aplicada a la seguridad industrial y vial.

Recursos financieros

Para efectos académicos, la propuesta contempla únicamente la fase de diseño. Sin embargo, para una futura implementación sería necesario considerar inversiones asociadas a la adquisición de cámaras inteligentes, infraestructura tecnológica, software de análisis, almacenamiento de datos, capacitación de usuarios y mantenimiento de la solución.

2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN UN PROBLEMA AL INTERIOR DE LA ORGANIZACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA A INTERVENIR

Confipetrol S.A.S. es una empresa colombiana especializada en la prestación de servicios de operación y mantenimiento para los sectores de hidrocarburos, energía e industria. Dentro de sus actividades se encuentran la operación de facilidades, mantenimiento industrial, integridad mecánica, gestión de activos y transporte de personal y equipos hacia diferentes centros operativos.

Debido a la naturaleza de sus operaciones, la organización enfrenta diversos riesgos laborales y viales derivados de actividades de alto riesgo, tales como trabajos en campo, interacción con equipos industriales, conducción de vehículos, desplazamientos a largas distancias y ejecución de actividades críticas bajo condiciones operativas exigentes.

La problemática identificada se encuentra asociada al proceso de Gestión de Riesgos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y del Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV), responsables de implementar mecanismos de prevención y control orientados a reducir la ocurrencia de incidentes y accidentes.

Aunque la organización cuenta con mecanismos de prevención y control, la supervisión de múltiples frentes de trabajo y operaciones de transporte representa un desafío que puede limitar la detección temprana de desviaciones, generando oportunidades de mejora mediante la incorporación de tecnologías innovadoras basadas en Inteligencia Artificial para fortalecer la gestión preventiva y contribuir al cumplimiento de los objetivos organizacionales en materia de seguridad.

2.1.1. Misión

Prestar servicios integrales de operación, mantenimiento industrial, gestión de activos e integridad mecánica para los sectores de hidrocarburos, energía e industria, generando valor sostenible para nuestros clientes mediante soluciones confiables, seguras e innovadoras, fundamentadas en la excelencia operativa, el desarrollo del talento humano, la protección del medio ambiente y el compromiso con la seguridad y salud de los trabajadores.

2.1.2. Visión

Ser una organización líder y referente en América Latina en la prestación de servicios de operación y mantenimiento industrial, reconocida por su excelencia operacional, transformación digital, innovación tecnológica, gestión sostenible y altos estándares de seguridad, contribuyendo al crecimiento de nuestros clientes y al desarrollo responsable de los sectores donde operamos.

2.1.3. Mapa de procesos

Procesos Estratégicos:

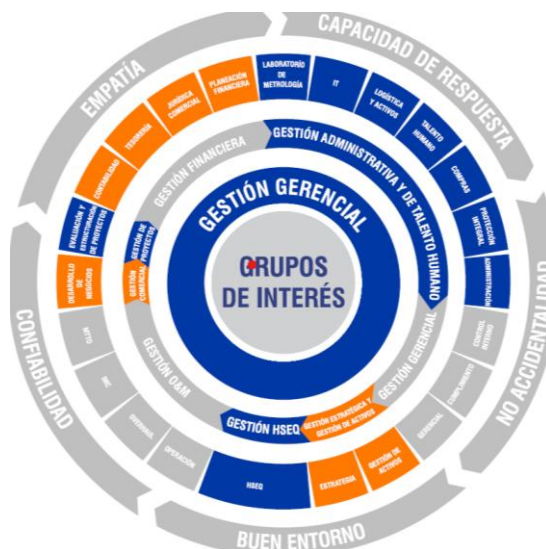
- ✓ Direccionamiento estratégico.
- ✓ Planeación corporativa.

Procesos Misionales:

- ✓ Operación de facilidades.
- ✓ Mantenimiento industrial.
- ✓ Integridad mecánica.
- ✓ Gestión de activos.

Procesos de Apoyo:

- ✓ Gestión HSEQ.
- ✓ Gestión humana.
- ✓ Compras y abastecimiento.
- ✓ Tecnología de la información.



2.1.4. Descripción del proceso a intervenir

El proceso por intervenir corresponde a la Gestión de Riesgos dentro del Sistema de Gestión de Seguridad, Salud en el Trabajo y Seguridad Vial, el cual tiene como finalidad identificar peligros, evaluar riesgos, implementar controles y promover comportamientos seguros para prevenir incidentes y accidentes.

Actualmente este proceso se apoya principalmente en observaciones de comportamiento, inspecciones de seguridad, auditorías y supervisión directa en campo.

2.1.5. Descripción del problema que presenta el proceso

Aunque la organización cuenta con mecanismos de control para la gestión de riesgos, la detección de comportamientos inseguros y condiciones peligrosas continúa dependiendo en gran medida de la observación humana, lo que limita la capacidad de monitoreo permanente en todos los frentes de trabajo y durante las operaciones de transporte.

Esta situación puede dificultar la identificación oportuna de factores asociados a la accidentalidad, tales como fatiga del conductor, distracción, incumplimiento del uso de elementos de protección personal, ingreso a áreas restringidas o exposición a condiciones de riesgo.

Por lo anterior, se identifica una oportunidad de innovación orientada al fortalecimiento del proceso de gestión de riesgos mediante tecnologías de Inteligencia Artificial y visión artificial que permitan una detección temprana y objetiva de comportamientos y condiciones de riesgo, apoyando la toma de decisiones preventivas y contribuyendo a la reducción de la accidentalidad laboral y vial.

3. ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE ACCIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Con base en el análisis de causas realizado, se identifica la necesidad de fortalecer los mecanismos de control y monitoreo de los riesgos asociados a actos y condiciones inseguras en las operaciones de Confipetrol S.A.S., especialmente aquellos relacionados con el incumplimiento en el uso de elementos de protección personal (EPP) y los riesgos derivados de la fatiga en la conducción.

Actualmente, los controles existentes dependen en gran medida de la supervisión humana y de inspecciones periódicas, lo que limita la capacidad de detección temprana y respuesta inmediata ante eventos que puedan comprometer la seguridad de los trabajadores, la continuidad operativa y el cumplimiento de los lineamientos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Por lo anterior, se propone la implementación de una solución tecnológica basada en visión e inteligencia artificiales, capaz de realizar monitoreo continuo, generar alertas en tiempo real y facilitar la toma de decisiones preventivas. Esta iniciativa permitirá fortalecer la gestión del riesgo, aumentar la efectividad de los controles operacionales y contribuir al cumplimiento de los objetivos estratégicos de seguridad de la organización.

3.1. ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar una propuesta tecnológica basada en visión e inteligencia artificial que permita identificar de manera autónoma y en tiempo real actos y condiciones inseguros en áreas operativas y rutas de transporte, fortaleciendo la gestión preventiva de riesgos y la efectividad del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)

Objetivos Específicos:

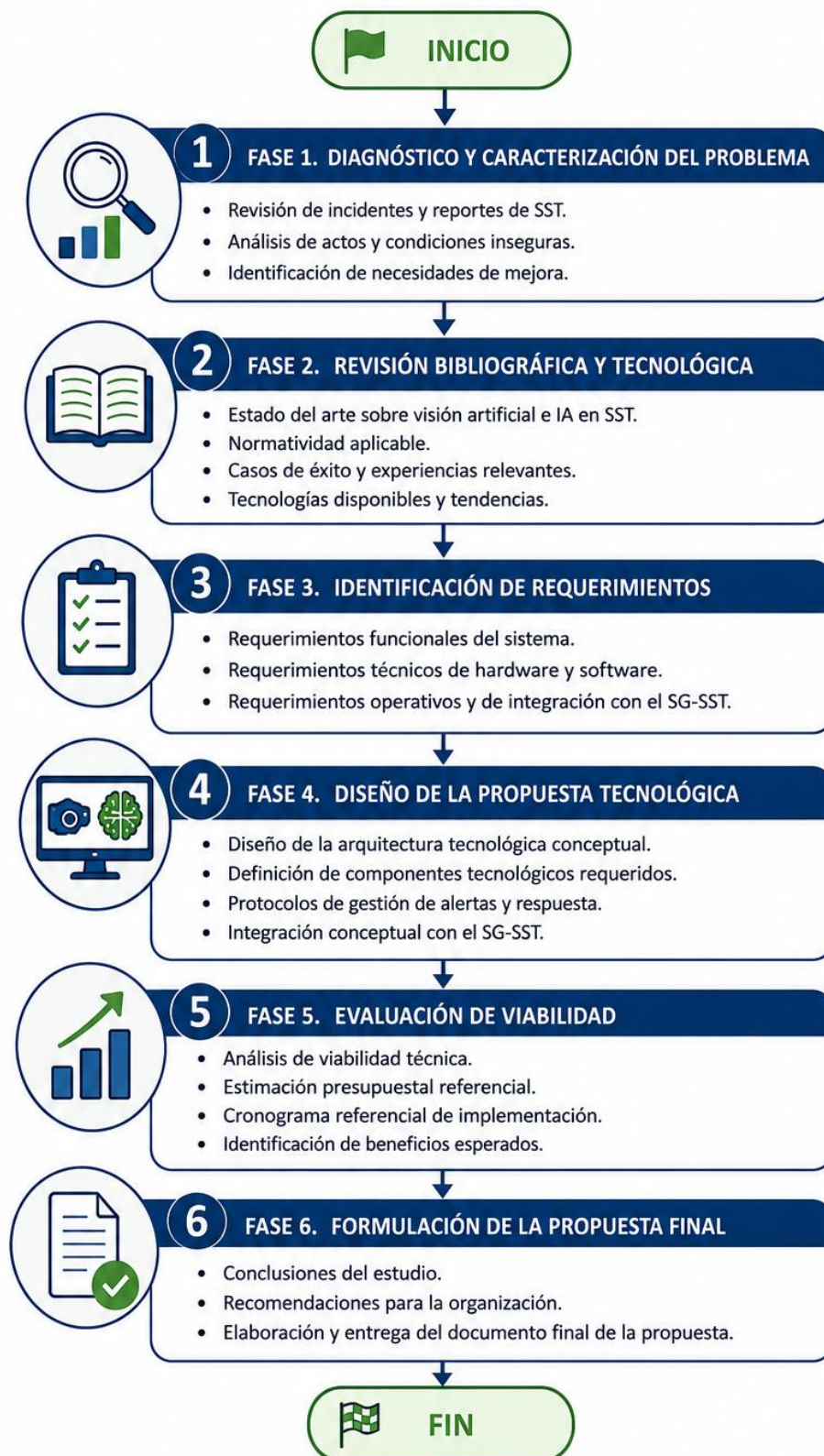
- Identificar y definir los requerimientos técnicos, operativos y logísticos necesarios para la implementación de un sistema de monitoreo estratégico inteligente en los frentes críticos de operación y transporte.

- Analizar las tecnologías de visión artificial aplicables a la detección de actos y condiciones inseguras en tiempo real, el uso inadecuado y la falta de elementos de protección personal (EPP), así como los eventos asociados a la fatiga y distracción en la conducción.
- Diseñar una arquitectura tecnológica conceptual que contemple los componentes necesarios para la captura, procesamiento y análisis de información en tiempo real.
- Definir los criterios de funcionamiento y los protocolos de gestión de alertas para la identificación del uso inadecuado de elementos de protección personal (EPP) y la detección de fatiga en conductores.
- Elaborar una propuesta de implementación que incluya responsables, cronograma, requerimientos técnicos y estimación presupuestal para evaluar su viabilidad en dentro de la organización.

3.2.DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La solución propuesta se fundamenta en el desarrollo de un sistema de monitoreo inteligente basado en sistemas de visión artificial, capaz de procesar datos en tiempo real dentro del entorno industrial y logístico de la compañía. En los frentes de operación y mantenimiento industrial, se propone la instalación de cámaras conectadas a nodos de procesamiento local (Edge Computing). Estos equipos utilizarán algoritmos avanzados de clasificación de imágenes para analizar los flujos de video, logrando identificar de manera automática si un colaborador no porta adecuadamente su EPP (como casco o gafas) o si se encuentra dentro del radio de acción peligroso de maquinaria pesada, bombas o sistemas presurizados. De manera complementaria, para mitigar el riesgo vial, la estrategia incorpora la instalación de Sistemas de Monitoreo de Conductor (DMS, por sus siglas en inglés) en las cabinas de la flota vehicular. A través de sensores y análisis de patrones faciales, el sistema será capaz de detectar comportamientos de riesgo como micro pestañeos indicativos de somnolencia, desvío constante de la mirada o uso del teléfono móvil, emitiendo de inmediato alarmas sonoras y hápticas. Todas las desviaciones detectadas, tanto en planta como en vía, se consolidarán en un tablero de control (dashboard) centralizado, proporcionando al área HSEQ información predictiva y cuantitativa para intervenir proactivamente y ajustar las estrategias de capacitación.

3.3.SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN



Fuente: Elaboración propia (2026).

3.4.DESCRIPCIÓN DE RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Considerando que el presente proyecto corresponde al diseño y formulación de una propuesta tecnológica, los recursos descritos a continuación se presentan de manera referencial para una eventual implementación futura de la solución dentro de Confipetrol S.A.S. Su ejecución estará sujeta a estudios posteriores de factibilidad técnica, financiera y a la aprobación por parte de la organización.

Recursos Humanos

Para el desarrollo e implementación de la solución se requeriría la participación de un equipo multidisciplinario conformado por:

- Coordinador del proyecto, encargado de liderar la planificación, seguimiento y control de las actividades.
- Profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), responsable de definir los criterios de seguridad, validar riesgos y establecer los protocolos de actuación.
- Especialista en inteligencia y visión artificial, encargado del diseño, configuración y ajuste de los modelos de análisis visual.
- Personal de Tecnología de la Información (TI), responsable de la conectividad, almacenamiento y seguridad de la información.
- Supervisores operativos y conductores, quienes aportarían información para la definición de requerimientos y validación funcional de la solución.
- Proveedores tecnológicos especializados para el suministro y soporte de equipos y plataformas tecnológicas.

Recursos Tecnológicos

La propuesta contempla la utilización de herramientas tecnológicas que permitan la captura, procesamiento y análisis de información en tiempo real, entre ellas:

- Cámaras inteligentes con capacidades de análisis de video.
- Sensores de monitoreo para detección de fatiga y distracción en conductores.
- Plataforma de inteligencia artificial para procesamiento y clasificación de imágenes.
- Infraestructura de almacenamiento local o en la nube.
- Sistemas de comunicación y transmisión de datos.
- Software para monitoreo, gestión de alertas y generación de reportes.

Recursos Materiales

Para una eventual implementación se requerirían los siguientes recursos físicos:

- Equipos de cómputo para administración y monitoreo.
- Dispositivos de captura de imagen y sensores especializados.
- Elementos de conectividad y cableado estructurado.
- Espacios físicos para instalación de equipos de monitoreo.
- Material de apoyo para capacitación y divulgación de protocolos.

Recursos Financieros

La ejecución de la propuesta demandaría recursos económicos destinados a:

- Adquisición de hardware y dispositivos tecnológicos.
- Licenciamiento de software y plataformas de inteligencia artificial.
- Servicios de instalación, configuración e integración tecnológica.
- Capacitación del personal involucrado.
- Mantenimiento preventivo y soporte técnico.
- Actividades de seguimiento, evaluación y mejora continua.

Recursos de Información

Para garantizar el diseño adecuado de la solución se requiere acceso a:

- Estadísticas de incidentes y accidentes laborales.
- Reportes de actos y condiciones inseguras.
- Procedimientos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- Matrices de identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- Información operativa de las áreas y procesos objeto de análisis.

La disponibilidad y adecuada gestión de estos recursos permitirá establecer las bases necesarias para evaluar la viabilidad de una futura implementación de la propuesta tecnológica, contribuyendo al fortalecimiento de la prevención de riesgos y a la mejora continua de los procesos de seguridad y salud en el trabajo.

4. DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA SOLUCIÓN, PARTES INTERESADAS, CRONOGRAMA Y PRESUPUESTOS.

La presente investigación tiene como propósito formular una propuesta tecnológica orientada al fortalecimiento de la gestión de riesgos mediante la aplicación de herramientas de visión e inteligencia artificiales. Este capítulo establece los elementos necesarios para estructurar la propuesta, incluyendo el alcance, las partes interesadas, la planeación temporal y la estimación de recursos requeridos para una eventual implementación futura.

La adecuada definición de estos elementos permitirá garantizar una ejecución organizada, eficiente y alineada con los objetivos estratégicos de la organización, facilitando el seguimiento, control y evaluación de los resultados esperados dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

4.1. ALCANCE FINAL DE LA SOLUCIÓN

El alcance de este proyecto se limita al análisis, diseño y formulación de una propuesta tecnológica para la detección automática de actos y condiciones inseguras en las operaciones de Confipetrol.

La investigación comprende la identificación de necesidades operativas, el estudio de tecnologías disponibles, la definición de requerimientos funcionales y técnicos, el diseño conceptual de la arquitectura tecnológica, la estructuración de protocolos de actuación frente a alertas generadas por inteligencia artificial y la elaboración de una estimación preliminar de costos y tiempos de ejecución.

No forma parte del alcance del presente trabajo la adquisición de equipos, instalación de infraestructura, contratación de proveedores, desarrollo de software, implementación operativa ni la puesta en marcha de la solución propuesta. Estas actividades estarán sujetas a análisis posteriores de factibilidad técnica, económica y aprobación por parte de la organización.

Como resultado final se entregará una propuesta integral que sirva como herramienta de apoyo para la toma de decisiones relacionadas con la transformación digital de los procesos de seguridad y salud en el trabajo.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE RESPONSABLES DE LAS ACTIVIDADES PARA EJECUCIÓN

Dado que el alcance del proyecto corresponde al diseño de una propuesta de mejora, las responsabilidades se orientan al desarrollo de las actividades de investigación, análisis y formulación de la solución.

Actividad	Responsable
Recolección y análisis de información	Investigador
Identificación de necesidades operativas	Área de SST y Operaciones
Revisión bibliográfica y tecnológica	Investigador
Diseño de la arquitectura conceptual	Investigador
Definición de requerimientos funcionales y técnicos	Investigador
Elaboración del cronograma y presupuesto estimado	Investigador
Validación conceptual de la propuesta	Tutor académico y líderes de proceso
Presentación de resultados y conclusiones	Investigador

Partes interesadas

- Gerencia General de Confipetrol S.A.S.
- Responsable de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Supervisores operativos.
- Conductores y personal operativo.
- Área de Tecnología de la Información (TI).
- Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo (COPASST).
- Proveedores tecnológicos especializados en visión artificial e inteligencia artificial.

4.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

El cronograma de ejecución establece la planificación temporal de las actividades necesarias para el desarrollo de la investigación y la formulación de la propuesta tecnológica. Su propósito es organizar de manera secuencial las fases del proyecto, facilitar el seguimiento del avance y garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados dentro del tiempo estimado.

La duración total estimada para el desarrollo del proyecto es de dieciséis (16) semanas, distribuidas en seis fases principales.

Tabla 1. Cronograma de actividades.

Actividades	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
Diagnóstico y caracterización del problema	■	■											
Revisión bibliográfica y tecnológica.			■	■									
Identificación de requerimientos.					■	■							
Diseño de la propuesta tecnológica.							■	■	■	■			
Evaluación de viabilidad técnica y económica.											■	■	■
Formulación del documento final.													

4.4.PRESUPUESTO

El presente proyecto corresponde a una investigación aplicada cuyo alcance se limita al diseño y formulación de una propuesta tecnológica. Por tal motivo, el presupuesto presentado corresponde a una estimación referencial para una posible implementación futura de la solución dentro de Confipetrol S.A.S.

Tabla 2. Presupuesto estimado para una implementación futura.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	Cant Estimada (Unit)	VALOR ESTIMADO
Cámaras Inteligentes	Equipos de monitoreo con capacidad analítica	10	\$ 35.000.000
Sensores de fatiga y distracción	Dispositivos para monitoreo de conductores	10	\$ 30.000.000
Licenciamiento de software e IA	Plataforma de análisis y procesamiento de datos	1 licencia Anual	\$ 20.000.000
Infraestructura tecnológica	Servidores, almacenamiento y conectividad.	1 sistema	\$ 25.000.000
Instalación y configuración	Servicios técnicos especializados	1 servicio	\$12.000.000
Capacitación y gestión del cambio	Formación de usuarios y administradores	20 personas	\$8.000.000
Soporte y mantenimiento inicial	Acompañamiento técnico y ajustes	1 servicio Anual	\$10.000.000
TOTAL, ESTIMADO			\$125.000.000

Fuentes potenciales de financiación

- Recursos propios de la organización.
- Presupuesto asignado al Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- Proyectos de innovación y transformación digital.
- Alianzas estratégicas con proveedores tecnológicos.

Consideraciones

Los valores presentados son de carácter referencial y tienen como finalidad proporcionar una aproximación de la inversión requerida para una eventual implementación de la propuesta. La ejecución de la solución estará condicionada a estudios posteriores de factibilidad técnica, económica y organizacional, así como a la aprobación de la alta dirección de Confipetrol S.A.S.

5. PROPUESTA INNOVADORA: “ECOSISTEMA DE PREVENCIÓN PREDICTIVA (EPP-IA)”

Para responder de manera directa a la problemática de **Confipetrol S.A.S.** —donde la gestión de riesgos depende actualmente de la observación humana limitada para cubrir múltiples frentes de trabajo y rutas de transporte— se estructura la siguiente Propuesta Innovadora.

Esta propuesta va más allá de la simple instalación de cámaras; plantea un Ecosistema de Prevención Predictiva e Intervención Háptica Automatizada.

La innovación de esta propuesta radica en la transición de un modelo de seguridad *reactivo y enfocado en la auditoría* a un modelo *proactivo, automatizado y enfocado en el borde (Edge Computing)*. El sistema no solo registra el incidente para generar una estadística, sino que interviene de forma autónoma en el segundo exacto en que ocurre el riesgo.

La solución propuesta consiste en la implementación de un Ecosistema Inteligente de Prevención Predictiva basado en tecnologías de Inteligencia Artificial (IA), Visión Artificial, Edge Computing y Analítica Predictiva, orientado a fortalecer el proceso de gestión de riesgos laborales y viales de Confipetrol S.A.S.

La arquitectura tecnológica estará compuesta por tres niveles principales:

Nivel de Captura de Información

Corresponde a los dispositivos encargados de recolectar información en tiempo real dentro de los entornos operativos y de transporte. Este nivel estará conformado por:

- Cámaras inteligentes instaladas en áreas críticas de operación y mantenimiento.
- Cámaras DMS (Driver Monitoring System) ubicadas en las cabinas de los vehículos.
- Sensores de monitoreo complementarios para condiciones operativas específicas.
- Sistemas GPS y telemetría vehicular.

Estos dispositivos capturarán continuamente imágenes, video y variables operacionales relacionadas con el comportamiento humano y las condiciones de trabajo.

Nivel de Procesamiento Inteligente

La información capturada será procesada mediante algoritmos de Inteligencia Artificial instalados en dispositivos Edge Computing ubicados cerca de la fuente de datos, reduciendo tiempos de respuesta y minimizando la dependencia de conectividad permanente.

Los modelos de IA permitirán:

- Identificar ausencia o uso inadecuado de elementos de protección personal.
- Detectar ingreso a zonas restringidas o áreas de exclusión.
- Reconocer comportamientos inseguros durante la ejecución de actividades.
- Detectar fatiga, somnolencia y distracción en conductores.
- Identificar uso de dispositivos móviles durante la conducción.
- Analizar tendencias históricas de incidentes y actos inseguros.

Nivel de Gestión y Analítica Predictiva

Toda la información procesada será consolidada en una plataforma centralizada accesible para el área HSEQ.

La plataforma permitirá:

- Visualización de eventos en tiempo real.
- Generación automática de alertas preventivas.
- Seguimiento de indicadores de seguridad.
- Elaboración de reportes automáticos.

- Identificación de patrones recurrentes de riesgo.
- Priorización de acciones preventivas basadas en datos.

De esta manera, la organización pasará de un modelo de gestión reactivo basado en inspecciones periódicas a un modelo predictivo soportado por información objetiva y análisis automatizado.

5.1 COMPONENTE 1: FRENTE VIAL – “CABINA INTELIGENTE CO-PILOTO IA”

En lugar de un rastreo por GPS convencional, cada una de las 10 unidades vehiculares prioritarias contará con un sistema DMS (Driver Monitoring System) interconectado con la telemetría del vehículo.

- **Intervención Háptica y Sonora Gradual:** Cuando el sensor infrarrojo detecta fatiga (basado en el algoritmo PERCLOS que mide el cierre palpebral prolongado), el sistema activa una alerta sonora chillona y una vibración en el cojín del asiento del conductor.
- **Bloqueo de Distracción Activa:** Mediante visión artificial, si el conductor retira la mirada de la vía por más de 2 segundos o sostiene un teléfono móvil, el sistema emite una instrucción por voz recordándole el procedimiento seguro.
- **Geocercas de Fatiga Histórica:** El software cruzará los datos de las alertas con las coordenadas geográficas. Si el sistema detecta que en un tramo específico de la ruta (por ejemplo, el kilómetro 45 de una vía desértica o nocturna) los conductores acumulan un 40% más de micro-sueños, el centro HSEQ recibirá una alerta predictiva para reestructurar los turnos y definir ese punto como una "Zona de Parada Activa Obligatoria".

5.2 COMPONENTE 2: FRENTE INDUSTRIAL – “GUARDIANES DE LINEA Y GEOCERCAS DINAMICAS”

En las áreas operativas de mantenimiento industrial y operación de facilidades, las 10 cámaras inteligentes no serán estáticas; se configurarán con modelos analíticos avanzados.

- **Validación de EPP en Tres Puntos (EPI-Check):** El algoritmo de IA ejecutará una segmentación en tiempo real del cuerpo de los operarios al ingresar a zonas de alta presión o maquinaria pesada. El sistema buscará activamente el contraste de tres elementos obligatorios: casco de seguridad, gafas de protección y chaleco reflectivo. Si falta uno de los tres, el sistema no solo registra la desviación, sino que puede conectarse a una talanquera electrónica o señal lumínica de stop para impedir físicamente el acceso al área de peligro.
- **Cercas Virtuales de Exclusión de Maquinaria:** Se delimitará digitalmente el radio de acción de los brazos mecánicos, bombas y sistemas presurizados. Si un trabajador invade el perímetro prohibido mientras la maquinaria está encendida, la IA enviará una señal de Nivel 1 (crítica inmediata) activando una baliza estroboscópica roja en el sitio para que el operario retroceda de inmediato.

5.3 COMPONENTE 3: CENTRALIZACION – “PLATAFORMA DE ANALITICA PREDICTIVA HSEQ”

El verdadero cerebro de la propuesta innovadora es el Dashboard de Control Predictivo. En lugar de un tablero estático que muestra cuántos accidentes ocurrieron el mes pasado, esta plataforma de IA generará un Índice de Riesgo por Turno y por Operario:

- **Modelado de Comportamiento:** Si un operario acumula pequeñas desviaciones (por ejemplo, quitarse las gafas por unos minutos o presentar desvíos constantes de la mirada en la ruta), la IA no genera una sanción, sino que calcula un incremento en su probabilidad de sufrir un accidente.

- **Capacitación Dirigida por Datos:** Con base en los datos de la IA, el departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo recibirá un reporte semanal automatizado indicando los temas exactos a reforzar. *Ejemplo: "El equipo del turno nocturno en la Facilidad A presenta un aumento del 15% en el no uso de gafas protectoras entre las 2:00 AM y las 4:00 AM. Se recomienda programar pausas activas visuales y revisar la iluminación del sector".*

6. SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA EJECUCION DE LA SOLUCION

Para una eventual implementación de la propuesta tecnológica se plantea la siguiente secuencia de actividades:

Fase Actividad		Descripción
1	Diagnóstico inicial	Identificación de áreas críticas, rutas de transporte y actividades con mayor exposición al riesgo.
2	Levantamiento de requerimientos	Definición de necesidades técnicas, operativas y funcionales del sistema.
3	Diseño de arquitectura tecnológica	Selección de cámaras, sensores, infraestructura de red, servidores y plataforma de IA.
4	Definición de reglas de detección	Configuración de parámetros para detección de EPP, zonas restringidas, fatiga y distracción.

Fase	Actividad	Descripción
5	Selección de proveedores tecnológicos	Evaluación de soluciones disponibles en el mercado y análisis comparativo.
6	Instalación piloto	Implementación inicial en áreas operativas y vehículos seleccionados para validación.
7	Configuración y entrenamiento de modelos IA	Ajuste de algoritmos según condiciones reales de operación.
8	Integración con SG-SST y PESV	Incorporación de alertas e indicadores al sistema de gestión existente.
9	Capacitación del personal	Formación a supervisores, líderes HSEQ y usuarios del sistema.
10	Puesta en marcha	Inicio de operación del sistema de monitoreo inteligente.
11	Seguimiento y evaluación	Medición de indicadores de desempeño y efectividad de la solución.
12	Mejora continua	Actualización de modelos de IA y optimización de protocolos de actuación.

7. ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DEL AREA HSEQ

Para garantizar la efectividad de la solución, el área HSEQ desarrollará las siguientes actividades:

- Definir comportamientos críticos a monitorear.
- Establecer protocolos de respuesta ante alertas.
- Analizar reportes generados por la plataforma.
- Realizar investigaciones preventivas basadas en tendencias identificadas.
- Diseñar campañas de capacitación focalizadas.
- Monitorear indicadores de accidentalidad y actos inseguros.
- Coordinar acciones correctivas y preventivas derivadas del sistema.

8. RESUMEN DEL VALOR INNOVADOR PARA CONFIPETROL S.A.S

Con la implementación de la propuesta se espera:

- Reducir la ocurrencia de accidentes laborales y viales.
- Incrementar la detección temprana de condiciones de riesgo.
- Mejorar la trazabilidad de los eventos de seguridad.
- Optimizar la gestión preventiva del SG-SST y PESV.
- Fortalecer la cultura organizacional de seguridad basada en datos.

- Facilitar la toma de decisiones mediante indicadores predictivos y análisis en tiempo real.

Este nivel de detalle suele ser mejor valorado en trabajos de especialización o gerencia, porque demuestra claramente **cómo funcionará la tecnología, qué actividades se ejecutarán y cuál será su aporte al SG-SST y al PESV**, no solo la descripción general de la herramienta.

9. CONCLUSIONES

- ❖ **Necesidad de evolución tecnológica en la supervisión:** La gestión de riesgos actual en Confipetrol S.A.S. depende excesivamente de la observación humana y de las inspecciones periódicas. Esta dependencia limita la capacidad de monitoreo continuo en todos los frentes de trabajo e impide la detección oportuna de condiciones peligrosas y actos inseguros, tales como la fatiga del conductor, la distracción o el no uso de elementos de protección personal (EPP).
- ❖ **Transición de un modelo reactivo a uno predictivo:** La propuesta del "Ecosistema de prevención predictiva (epp-ia)" plantea un cambio de paradigma organizacional. Permite transitar de un modelo de seguridad reactivo, enfocado en la auditoría y en el registro estadístico posterior al evento, a un modelo proactivo y automatizado que interviene de forma autónoma en el momento exacto en que ocurre el riesgo.
- ❖ **Mitigación en tiempo real de riesgos viales e industriales:** La arquitectura tecnológica diseñada ataca de manera directa los focos de accidentalidad mediante intervenciones inmediatas. En el frente vial, el sistema DMS genera alertas hápticas y sonoras al detectar micro pestañeos o uso del celular. En el frente industrial, el procesamiento local (Edge Computing) y las geocercas dinámicas permiten desde validar el uso del EPP (EPI-Check) hasta bloquear el acceso a zonas de maquinaria peligrosa.
- ❖ **Gestión HSEQ guiada por datos (Data-Driven):** La centralización de las lecturas en una "Plataforma de Analítica Predictiva HSEQ" transforma los datos capturados en información estratégica. Al calcular un Índice de Riesgo por Turno y por Operario mediante el modelado de comportamientos, el área de Seguridad y Salud en el Trabajo puede abandonar las

medidas puramente sancionatorias y diseñar capacitaciones altamente focalizadas en las desviaciones reales.

- ❖ **Aporte estratégico a los sistemas de gestión:** En definitiva, el diseño de esta solución tecnológica demuestra que la implementación de la inteligencia artificial es una herramienta altamente viable para fortalecer los objetivos estratégicos de la empresa. Su adopción optimizará los controles operacionales del SG-SST y del PESV, reducirá la ocurrencia de incidentes y afianzará una sólida cultura de seguridad basada en evidencias y análisis predictivo.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Segovia-García, N. y Said-Hung, E.M. (2021). Factores de satisfacción de los alumnos en e-learning en Colombia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 26(89), 595-621. <https://cutt.ly/LbUPghi>