

**Propuesta de plan de emergencias para técnicos de mantenimiento aeronáutico en espacios
confinados**

Freddy Mauricio Acero Ramírez

María Alejandra Narvárez Ulloa

Director.

Jorge Hernan Salgado Lara

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud ECISA

Tecnólogo de Seguridad y Salud en el Trabajo

2026

Resumen

Este documento presenta una propuesta de plan de emergencia y rescate dirigido a los técnicos de mantenimiento aeronáutico que realizan actividades en espacios confinados, específicamente en los tanques de combustible de las aeronaves. El objetivo principal es garantizar la seguridad del personal y optimizar la respuesta ante incidentes de alto peligro. La investigación, de tipo aplicada y alcance descriptivo, parte de un diagnóstico situacional en el área de mantenimiento de la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC). Los resultados de las encuestas aplicadas revelaron brechas críticas en la preparación operativa: el 44.4% de los técnicos desconoce los protocolos de rescate y el 67.6% nunca ha participado en un simulacro.

Para mitigar los riesgos críticos identificados —como las atmósferas peligrosas (vapores de combustible, deficiencia de oxígeno y explosividad), los peligros físicos (atrapamiento y fatiga) y la estratificación atmosférica— la propuesta define una estructura orgánica mandatoria con roles de seguridad específicos (Supervisor de Entrada, Vigía, Entrante y Equipo de Rescate). Asimismo, establece controles de ingeniería (ventilación forzada de 24 horas y monitoreo continuo multigás), la estandarización de Elementos de Protección Personal (EPP) y herramientas especializadas de perfil bajo (como arneses de baja densidad y camillas Miller) para facilitar la extracción en aberturas estrechas. Finalmente, se incluye un programa de capacitación integral de 8 a 10 horas y un cronograma de simulacros para institucionalizar una cultura preventiva en el hangar.

Palabras clave: Espacios Confinados, Mantenimiento Aeronáutico, Tanques de Combustible, Plan de Emergencia y Rescate, Atmósferas Peligrosas, Monitoreo Atmosférico, Seguridad y Salud en el Trabajo.

Abstract

This document presents an emergency and rescue plan proposal addressed to aircraft maintenance technicians operating in confined spaces, specifically inside aircraft fuel tanks. The primary objective is to guarantee the technicians' safety and optimize response protocols during high-risk incidents. This applied research with a descriptive scope is based on a situational diagnosis within the maintenance area of the Special Administrative Unit of Civil Aeronautics (UAEAC). Survey results revealed critical gaps in operational readiness: 44.4% of the technical staff is unaware of specific rescue protocols, and 67.6% has never participated in a rescue drill.

To mitigate the identified critical risks—such as hazardous atmospheres (fuel vapors, oxygen deficiency, and explosiveness), physical hazards (entrapment and fatigue), and atmospheric stratification—the proposal establishes a mandatory organizational structure with clearly defined safety roles (Entry Supervisor, Attendant, Entrant, and Rescue Team). Furthermore, it implements engineering controls (24-hour forced ventilation and continuous multi-gas monitoring), standardized Personal Protective Equipment (PPE), and specialized low-profile rescue tools (such as low-density harnesses and Miller boards) to facilitate extraction through narrow access points. Finally, the plan integrates a comprehensive 8-to-10-hour training program and a simulation schedule to institutionalize a proactive safety culture inside the hangar.

Keywords: Confined Spaces, Aircraft Maintenance, Fuel Tanks, Emergency and Rescue Plan, Hazardous Atmospheres, Atmospheric Monitoring, Occupational Health and Safety.

Tabla de Contenido

Introducción	18
Planteamiento del Problema.....	20
Pregunta de Investigación	22
Justificación	23
Objetivos	25
Objetivo General	25
Objetivos Específicos	25
Marco Conceptual.....	26
Elementos de Protección Personal, Medidas de Promoción y Prevención	26
Protección Respiratoria	26
Protección de la Piel y el Cuerpo	27
Equipos de Rescate.....	27
La promoción y prevención de peligro se logra a través de:.....	27
Capacitaciones Continuas	27
Simulacros Periódicos	27
Exámenes Médicos Periódicos.....	27
Fundamentos Teóricos y Estratégicos.....	28
Factores Humanos y Comunicación Crítica.....	28
Normativa y Legislación: La Base de la Seguridad	28
Modelos de Causalidad de Accidentes y Gestión de Peligros	28
Peligros Específicos y su Abordaje.....	29
Análisis de Peligro Operacionales y Ambientales.....	29

Marco Legal y Regulatorio	31
Normativa Nacional en Colombia.....	31
Decreto 1072 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo)	32
Normativa y Estándares Internacionales Relevantes	33
OSHA 29 CFR 1910.146 (Estándar de Permisos de Entrada para Espacios Confinados - EE. UU.).....	33
NFPA 350 (Guía para el Ingreso y Trabajo Seguros en Espacios Confinados).....	33
Marco Normativo y de Buenas Prácticas	33
Marco Teórico: Peligros y Toxicología en Tanques Aeronáuticos	34
Definición de Espacios Confinados	34
Teoría del Espacio Confinado Peligroso.....	34
Clasificación de Peligro Específicos	34
Peligro Atmosféricos (Mayor Peligro).....	34
Asfixia (Deficiencia de Oxígeno).....	34
Incendio/Explosión.....	35
Intoxicación	35
Peligro No Atmosféricos Atrapamiento por la configuración interna de Peligros mecánicos (líneas de combustible), Peligros eléctricos, térmicos y caídas. (Acero Ramírez, 2025)	35
Teoría de la Intoxicación en Tanques Aeronáuticos.....	36
Contaminantes Residuales del Combustible	36
Contaminantes Generados por la Tarea de Mantenimiento	37
Teoría de la Estratificación Atmosférica.....	37
Consecuencias Fisiológicas y Prevención.....	38

Aislamiento y Bloqueo (LOTO).....	39
Ventilación Forzada y Purga	39
Monitoreo Continuo	39
Entrenamiento y Equipos	39
Benchmarking: Comparación de Procedimientos de Mantenimiento en Tanques de Combustible	40
¿Qué es el Benchmarking?	40
Tipos de Benchmarking	40
¿Qué tipo de Benchmarking se Aplica en el Proyecto?	40
Misión y Tipo de Aeronaves.....	41
Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC)	41
Aviación Policial (PONAL).....	41
Procedimientos de Mantenimiento.....	41
Equipos de Protección Personal (EPP)	42
Aportes de la UEAC: Movilidad, Ergonomía y EPP	42
Adopción	42
Mejora en Seguridad.....	42
Rigurosidad en el Procedimiento de Desfueling/Purga	43
Adopción	43
Mejora en Seguridad	43
Entrenamiento Específico en Extracción de Bajo Perfil	43
Adopción	43
Mejora en Seguridad.....	43

Metodología	44
Tipo y Enfoque de Investigación	44
Técnicas e Instrumentos de Recolección.....	44
Encuesta.....	44
Revisión Documental	44
Procedimiento Fases de la Investigación	44
Resultados	46
Encuesta de Area de Espacios Confinados, Area de Mantenimiento FAC	48
Gestión integral de Seguridad y Respuesta a Emergencias en Espacios Confinados Aeronáuticos	51
Dotación Especializada de	52
EPP	52
Capacidad de Respuesta y	52
Rescate	52
Roles y responsabilidades	52
En Plan integral de Emergencia y Rescate en Áreas de Combustible	52
Diseño del Plan Integral de Emergencias y Rescate en Tanques de Combustible Aeronáuticos .	54
Protocolos de Actuación	56
Definición de Roles y Responsabilidades	56
Especificación de Equipamiento y Recursos.....	56
Diseño de un Programa de Capacitación	56
Componentes Técnicos y Operativos del Plan de Emergencias y Rescate.....	57
Análisis de Peligro y Medidas Preventivas.....	57

Estructura Orgánica y Roles de Seguridad	57
Medidas Preventivas Observadas	58
Ventilación Forzada	58
Equipo de Protección Personal (EPP)	58
Señalización y Delimitación.....	58
Estructura y Roles del Equipo de Emergencias	58
Supervisor de Entrada (Entry Supervisor).....	58
Autorizar el Ingreso	58
Gestión del Permiso.....	58
Finalización	59
Activación de Emergencia.....	59
Vigía (Attendant/Guardian).....	59
Monitorear la Atmósfera	59
Comunicación Constante.....	59
Evitar Entrada No Autorizada	59
Activar la Alarma de Emergencia	59
Entrante (Authorized Entrant).....	59
Seguir Procedimientos.....	60
Automonitoreo.....	60
Evacuación Inmediata	60
Equipo de Rescate y Brigada de Emergencias Especializados	60
Extracción de Emergencia.....	60
Atención Primaria.....	60

Independencia Funcional.....	60
Área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).....	61
Elaboración y Seguimiento.....	61
Investigación de Incidentes	61
Coordinación de Capacitación.....	61
Capacitación para Técnicos en Mantenimiento de Aeronaves en Espacios Confinados.....	62
Procedimientos Operativos de Rescate en Espacios Confinados Aeronáuticos	67
Ejecución De Tareas En Espacios Confinados Por Parte Del Operario	69
Fase 1 Permisos Diarios de Mantenimiento y Calificación de Personal.....	69
Fase 2 El Tiempo Estipulado para la Ejecución de Trabajos.....	69
Fase 3 Documentación de Dia a Dia	69
Fase 4 Temperatura de la Zona de Trabajo.....	69
Fase 5 Preparación del operario.....	69
Fase 6 Preparación del Equipo de Trabajo y Lugar de Trabajo.....	70
Protocolo de Respuesta Rápida Inteligente.....	71
Plataforma de Gestión de Emergencias.....	71
Equipos de Rescate con Equipos de Protección Personal (EPP)	71
Prevención Proactiva y Personalizada	71
Análisis Predictivo de Peligro.....	71
Programas de Capacitación Personalizados	71
Mantenimiento Preventivo y Verificación del Entorno	71
Cumplimiento Normativo y Mejora Continua.....	72
Plataforma de Gestión Documental	72

	10
Indicadores de Desempeño	72
Beneficios para la Empresa Aeronáutica	72
Requisitos Técnicos Operativos para la Implementación del Plan de Rescate.....	72
Evaluación de Peligro	73
Procedimientos de Entrada Segura.....	73
Equipos de Protección Personal (EPP).....	73
Equipos de Rescate	73
Personal de Rescate Capacitado	73
Procedimientos de Comunicación.....	73
Sistemas de comunicación para mantener contacto con el personal dentro del espacio confinado.....	73
Procedimientos de Emergencia	73
Prácticas y Simulacros	73
Consideraciones Adicionales para Aerolíneas	73
Regulaciones	73
Coordinación	74
Factores Ambientales	74
Primeros Auxilios	74
Organización Operativa, Roles y Protocolos de Actuación ante Emergencias	75
Generalidades del Plan de Emergencias	75
Alcance.....	75
Objetivos	75
Roles y Responsabilidades	75

	11
Procedimientos de Reacción ante una Emergencia	76
Alerta y Comunicación	76
Cadena de Mando.....	76
Evaluación Inicial de la Escena.....	76
Equipamiento y Herramientas.....	76
Recursos y Elementos de Protección para la Respuesta a Emergencias.....	77
Detectores de Gases	77
Equipos de Protección Respiratoria	77
Iluminación	77
El kit de Derrames.....	77
Elementos de Protección Personal (EPP).....	77
Guantes de Neopreno	77
Gafas de Seguridad o Careta Facial.....	78
Mono o Traje de Protección Química Desechable	78
Botas de Seguridad.....	78
Camillas de Plástico Tipo Miller.....	78
Matriz de EPP para el Kit de Derrames.....	78
Recursos y Herramientas de Rescate Disponibles en el Área de Mantenimiento	79
Materiales de Contención y Absorción.....	81
Barreras Absorbentes	81
Paños, Almohadillas o Alfombrillas Absorbentes	81
Absorbente Granulado.....	81
Herramientas y Accesorios.....	82

	12
Pala y Recogedor Anti-Chispa	82
Bolsas de Residuo Peligroso.....	82
Bridas o Cintas de Amarre	82
Linterna Antiexplosiva (Certificación ATEX o UL).....	82
Documentación	82
Instrucciones de Uso y Protocolo de Emergencia	82
Etiquetas de Identificación	82
Reportar y Documentar	83
Sistema de Rescate en Espacios Confinados Equipos de Extracción y Procedimiento de Rescate	
.....	84
Sistema de Trípode y Winche	84
Arnés de Seguridad	84
Líneas de Vida.....	84
Equipos de Extracción Horizontal.....	84
Procedimiento de Extracción del Cuerpo.....	85
Extracción en Vertical.....	85
Extracción en Horizontal.....	85
Tiempo de Reacción.....	85
Primeros Auxilios.....	85
Evaluación Inicial.....	85
RCP	85
Soporte Básico de Vida.....	86
El Protocolo de Emergencia debe Seguir la Secuencia PAS	86

Proteger (P).....	86
Avisar (A).....	86
Socorrer (S).....	86
Consideraciones Adicionales	86
Capacitación y Simulacros	86
Coordinación con Entidades Externas.....	86
Conclusiones.....	87
Glosario.....	89
Atmósferas Peligrosas.....	89
Benchmarking	89
Deficiencia de Oxígeno.....	89
Elementos de Protección Personal (EPP).....	89
Entrante (Authorized Entrant).....	89
Espacio Confinado (EC)	90
Estratificación Atmosférica.....	90
IDLH (Peligro Inminente para la Vida y la Salud).....	90
Intoxicación (en EC Aeronáuticos).....	90
Límite Inferior de Inflamabilidad (LII).....	90
LOTO (Aislamiento y Bloqueo)	91
Plan de Emergencia y Rescate.....	91
SG-SST (Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo).....	91
Supervisor de Entrada (Entry Supervisor)	91
Tanques Aeronáuticos.....	91

Vigía (Attendant/Guardian)	92
Referencias Bibliográficas	93
Apéndices.....	95

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Peligros Químicos y Umbral</i>	36
Tabla 2 <i>Principales Contaminantes</i>	37
Tabla 3 <i>Clasificación de Peligros</i>	38
Tabla 4 <i>Comparativa de Prácticas de SST</i>	41
Tabla 5 <i>Equipos de Protección Personal</i>	42
Tabla 6 <i>Controles Aplicados</i>	51
Tabla 7 <i>Hallazgos y Análisis Objetivo 3</i>	54
Tabla 8 <i>Capacitación Integral</i>	62
Tabla 9 <i>Matriz de Selección de EPP</i>	78
Tabla 10 <i>Herramientas de Rescate</i>	80

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Participantes de la Encuesta</i>	48
Figura 2 <i>Conocimiento de Emergencias</i>	48
Figura 3 <i>Conocimiento del Entorno Laboral</i>	49
Figura 4 <i>Sugerencias a Nivel Empresarial</i>	49

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Análisis de Amenazas de la Empresa</i>	95
Apéndice B <i>Matriz de Riesgos</i>	96
Apéndice C <i>Plan de Rescate & Plan de Emergencia</i>	98

Introducción

El mantenimiento de aeronaves es una actividad compleja y esencial que garantiza la seguridad y operatividad de la aviación. Dentro de este ámbito, los técnicos de mantenimiento a menudo se ven obligados a trabajar en espacios confinados, áreas que, por su diseño, tienen entradas y salidas limitadas, no están destinadas para ocupación continua y pueden presentar los peligros significativos. Ejemplos de estos espacios incluyen tanques de combustible, compartimentos de alas, secciones de fuselaje estrechas y otras cavidades internas de las aeronaves. La naturaleza de estos entornos, sumada a la presencia potencial de gases inertes, vapores inflamables, deficiencias de oxígeno o la posibilidad de atrapamiento, convierte el trabajo en ellos en una labor de alto Peligro.

La seguridad de los técnicos que operan en estas condiciones es una preocupación primordial para las aerolíneas y las autoridades de aviación civil. Un incidente en un espacio confinado puede escalar rápidamente, poniendo en peligro la vida del trabajador y, en última instancia, afectando la continuidad de las operaciones aéreas. Por lo tanto, la implementación de un Plan de Rescate para Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico en Espacios Confinados no es simplemente una buena práctica, sino una exigencia crítica para cumplir con las normativas de seguridad laboral y proteger el recurso humano más valioso de la industria.

Este plan se centra en establecer protocolos claros y eficientes para actuar ante cualquier emergencia que ocurra dentro de un espacio confinado. Su desarrollo y aplicación requieren de una comprensión profunda de los peligros inherentes a estos entornos, la capacitación especializada del personal de rescate, la disponibilidad de equipos adecuados y la coordinación efectiva entre los diferentes equipos de respuesta. Más allá de la mera reacción ante un accidente, un plan integral también enfatiza la prevención a través de la evaluación de Peligro, la

ventilación adecuada de los espacios, el monitoreo constante de la atmósfera y la comunicación continua con los trabajadores. En las siguientes secciones, exploraremos los componentes clave de un plan de rescate robusto y cómo su correcta implementación puede salvaguardar la vida de los técnicos de mantenimiento y fortalecer la cultura de seguridad en el sector aeronáutico.

Planteamiento del Problema

Dentro del vasto panorama de los peligros laborales, el trabajo en espacios confinados se destaca como una de las actividades de mayor peligrosidad, con un elevado potencial de causar incidentes graves, incapacidades permanentes o, lamentablemente, desenlaces fatales. La Organización Internacional del Trabajo (OIT), a través de sus directrices y convenios, ha subrayado repetidamente la necesidad imperativa de establecer procedimientos rigurosos y planes de emergencia específicos para la entrada y operación en estos entornos. Esto se debe a que las atmósferas peligrosas (deficiencia o enriquecimiento de oxígeno, presencia de gases tóxicos o inflamables), los atrapamientos, los sepultamientos o las caídas son causas recurrentes de tragedias que trascienden fronteras y que afectan a la industria en múltiples sectores a nivel mundial. La ausencia de un plan de emergencia estructurado y de protocolos claros en estos espacios eleva exponencialmente el peligro, convirtiéndose en una preocupación constante para la seguridad industrial global.

En el contexto nacional colombiano, el marco normativo de seguridad y salud en el trabajo ha evolucionado para abordar de manera más específica los peligros inherentes a las actividades de alto peligro. La Resolución 0491 de 2020 del Ministerio del Trabajo es la regulación clave que establece los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajos en espacios confinados, este plan debe incluir personal capacitado para realizar rescates y la disponibilidad de equipos apropiados, además de exigir la capacitación y el reentrenamiento constante de los trabajadores y la designación de un supervisor. A pesar de la existencia de esta normativa robusta, su aplicación efectiva en todas las organizaciones del país aún presenta desafíos. Si bien las estadísticas laborales en Colombia no siempre desglosan específicamente los incidentes en espacios confinados, los datos generales sobre accidentalidad y muertes laborales,

especialmente en sectores como la construcción, el transporte y el almacenamiento, o la minería (donde el trabajo en espacios confinados es común), sugieren una persistencia de siniestros prevenibles. Por ejemplo, se estima que a nivel global hay alrededor de 200 muertes anuales en espacios confinados, muchas de ellas relacionadas con la asfixia o intoxicación por atmósferas peligrosas, y con la ausencia de una adecuada formación y de planes de rescate (OSHA, s.f.).

Estos datos, aunque no específicos para Colombia, reflejan una problemática global de la que nuestro país no es ajeno, y donde la brecha entre la normativa y la práctica aún puede ser significativa.

Específicamente, en la entidad Aerocivil En Colombia centrándonos en la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC), donde se identifica una carencia crítica en su sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: la inexistencia de un plan de emergencia constituido, específico y detallado para las situaciones que involucran trabajos en espacios confinados. A pesar de que las operaciones rutinarias de la institución incluyen la intervención de tanques de gasolina, compartimientos de ala, cisternas negras y grises, la ausencia de un protocolo claro y establecido para la gestión de posibles incidentes en estos entornos de alto peligro representa una vulnerabilidad significativa. Esto se traduce en un peligro elevado para la vida y la integridad física del personal que realiza estas tareas, ya que, ante un evento adverso como una intoxicación por gases, un atrapamiento, una caída, o una asfixia, la falta de procedimientos preestablecidos, la disponibilidad inmediata de equipos de rescate adecuados y la ausencia de personal debidamente entrenado para una respuesta de emergencia efectiva, podrían agravar las consecuencias, resultando en lesiones graves, incapacidades o incluso fatalidades. Más allá de las implicaciones humanas, esta deficiencia expone a la institución a posibles sanciones legales por incumplimiento de la Resolución 0491 de 2020,

interrupciones operativas costosas y un potencial deterioro de su imagen y reputación. Por lo tanto, abordar la ausencia de este plan de emergencia es crucial para fortalecer la cultura de seguridad de la institución y garantizar la protección de sus trabajadores (Narváz Ulloa, 2025).

Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los principales peligros asociados con el trabajo en espacios confinados dentro de los tanques de combustible de aviones y cómo pueden las medidas de seguridad actuales prevenir accidentes?

Justificación

La seguridad operacional en la industria aeronáutica es un pilar innegociable y está sujeta a los más altos estándares de regulación y supervisión internacional y nacional (OACI, s.f.).

Dentro de las múltiples fases que garantizan la aeronavegabilidad, el mantenimiento de aeronaves presenta una serie de desafíos específicos, entre los cuales el trabajo en espacios confinados es uno de los más críticos y peligrosos. Los técnicos de mantenimiento a menudo deben acceder a compartimentos restringidos como tanques de combustible, bodegas de carga, alas o fuselajes para realizar inspecciones, reparaciones o modificaciones, exponiéndose a peligros latentes como atmósferas tóxicas o inflamables, deficiencia de oxígeno, atrapamientos, caídas o contacto con energías peligrosas. (Acero Ramírez, 2025)

En este contexto, la implementación de un plan de rescate estructurado y específico para técnicos de mantenimiento aeronáutico que operan en espacios confinados no es solo una recomendación, sino una necesidad imperativa y una exigencia normativa. La Resolución 0491 de 2020 del Ministerio del Trabajo en Colombia es clara al establecer la obligatoriedad de contar con un plan de rescate que incluya personal capacitado y equipos adecuados (Ministerio del Trabajo, 2020), lo cual subraya la relevancia legal y la urgencia de esta iniciativa. La omisión de un plan de emergencia eficaz en este tipo de operaciones incrementa exponencialmente el peligro de accidentes graves o mortales. Cada incidente en un espacio confinado no solo pone en peligro la vida de los técnicos involucrados, sino que también puede generar interrupciones costosas en las operaciones aéreas, multas regulatorias significativas, daños irreparables a la reputación de la aerolínea y, lo más importante, una pérdida de confianza por parte del personal y el público.

Por lo tanto, la presente investigación y la propuesta de un plan de emergencia y rescate para trabajos en espacios confinados dentro de aeronaves, se justifica no solo por el

cumplimiento normativo, sino principalmente por la imperiosa necesidad de salvaguardar la vida y la integridad física de los técnicos de mantenimiento estableciendo protocolos claros, definiendo roles y responsabilidades, y garantizando la disponibilidad de los recursos necesarios para una respuesta rápida y efectiva ante cualquier incidente. En última instancia, un plan de esta naturaleza contribuirá a fortalecer la cultura de seguridad operacional de la aerolínea, optimizar los tiempos de respuesta ante emergencias, reducir la probabilidad de accidentes fatales y, en consecuencia, asegurar la continuidad y eficiencia de las operaciones de mantenimiento aeronáutico, beneficiando tanto al personal como a la institución en su conjunto.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un plan de emergencia y rescate eficaz para los trabajos de mantenimiento en los tanques de combustible de aeronaves, que incorpore sus elementos clave, con el fin primordial de garantizar la seguridad de los técnicos y optimizar la respuesta ante cualquier incidente de alto peligro en el espacio confinado.

Objetivos Específicos

Identificar los peligros presentes en los tanques de combustible de aeronaves, considerando las condiciones físicas, atmosféricas y operacionales del espacio confinado, con el fin de determinar las necesidades críticas para la estructuración del plan de emergencia.

Establecer los protocolos de seguridad, los procedimientos de entrada y salida, los equipos de protección personal (EPP) y de rescate necesarios, y las responsabilidades del personal involucrado para la gestión de emergencias en espacios confinados de aeronaves.

Diseñar la estructura integral del plan de emergencia y rescate para trabajos en tanques de combustible, incluyendo un cronograma de simulacros y primeros auxilios que permita validar la operatividad de la respuesta.

Marco Conceptual

La seguridad en el mantenimiento aeronáutico, especialmente en espacios confinados como los tanques de combustible, requiere un enfoque integral que combine la prevención, la preparación y la respuesta. Este marco conceptual fusiona principios de seguridad industrial, gestión de peligros y factores humanos y normativas específicas, con un énfasis en la promoción y prevención de incidentes a través de la formación continua y la vigilancia de la salud ocupacional (Narvárez Ulloa,2025.)

Un espacio confinado es cualquier recinto lo suficientemente grande y configurado para que un trabajador pueda entrar y realizar una tarea, que tiene medios de entrada o salida limitados o restringidos, y que no está diseñado para la ocupación continua; este tipo de espacios son peligrosos debido a la posibilidad de contener una atmósfera tóxica, inflamable o deficiente en oxígeno, siendo los tanques aeronáuticos un ejemplo específico de este entorno de alto peligro , ya que son compartimientos estructurales (a menudo integrados en las alas o el fuselaje de la aeronave) utilizados para almacenar el combustible y a los que el personal debe acceder para tareas de inspección o mantenimiento, enfrentando el peligro inherente de atmósferas explosivas (por vapores de combustible) o asfixiantes (Ministerio del Trabajo, 2020).

Elementos de Protección Personal, Medidas de Promoción y Prevención

Los Elementos de Protección Personal (EPP) son fundamentales para mitigar los peligros en espacios confinados de aeronaves con base al autor Modelo del Queso Suizo (1990) es la base para justificar el uso de EPP y protocolos. Para las tareas en tanques de combustible, esto incluye:

Protección Respiratoria

Equipos de respiración autónomos (SCBA) o sistemas de aire suministrado, dada la

presencia de vapores tóxicos, inflamables y la potencial deficiencia de oxígeno.

Protección de la Piel y el Cuerpo

Trajes antiestáticos resistentes a químicos, guantes y calzado de seguridad adecuados para combustibles y solventes.

Protección ocular y facial Gafas o pantallas protectoras que eviten salpicaduras y exposición a vapores.

Equipos de comunicación Radios intrínsecamente seguros y auriculares para una comunicación clara entre el personal dentro del tanque y el vigía.

Equipos de Rescate

Arneses de cuerpo completo, líneas de vida y sistemas de recuperación para extracción de emergencia.

La promoción y prevención de peligro se logra a través de:

Capacitaciones Continuas

Basadas en competencias, utilizando metodologías de aprendizaje experiencial y simulación. Deben cubrir procedimientos de entrada, monitoreo atmosférico, uso de EPP, protocolos de emergencia y técnicas de rescate.

Simulacros Periódicos

Para entrenar al personal en la respuesta efectiva ante diferentes escenarios de emergencia, evaluando tiempos de ejecución y la coordinación del equipo de rescate.

Exámenes Médicos Periódicos

Acordes a la legislación vigente (Resolución 0491 de 2020 de Colombia y normativas de salud ocupacional aplicables), para asegurar la aptitud física y psicológica de los técnicos para trabajar en espacios confinados y manejar el estrés inherente a estas tareas (Ministerio del

Trabajo, 2021).

Fundamentos Teóricos y Estratégicos

Este marco se sustenta en la integración de diversas perspectivas teóricas y prácticas:

Factores Humanos y Comunicación Crítica

La comunicación efectiva entre el personal de entrada y el vigía es vital, especialmente en entornos ruidosos y con visibilidad limitada. Las teorías de comunicación en entornos de alto peligro y la implementación de protocolos estandarizados son clave.

Se debe considerar el impacto del estrés, la fatiga y la presión del tiempo en la conciencia situacional y la claridad de la comunicación. La ergonomía es crucial, ya que los espacios reducidos requieren el diseño o adaptación de herramientas y equipos para minimizar peligros musculoesqueléticos. La Seguridad Basada en el Comportamiento (SBC) promueve una cultura donde los trabajadores adoptan comportamientos seguros de forma proactiva, cumpliendo rigurosamente los protocolos.

Normativa y Legislación: La Base de la Seguridad

Es fundamental la integración de normativas, analizando cómo las regulaciones generales sobre espacios confinados (como Resolución 0491 de 2020) se complementan con los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) y estándares internacionales (FAA, EASA). Investigar las mejores prácticas de aerolíneas y fabricantes (manuales de mantenimiento, circulares de seguridad, recomendaciones de IATA/ACI) asegura que los procedimientos estén alineados con los más altos estándares de la industria.

Modelos de Causalidad de Accidentes y Gestión de Peligros

La gestión de la seguridad se fundamenta en modelos que explican la ocurrencia de accidentes. El Modelo del Queso Suizo de James Reason (1990) postula que los accidentes son

resultado de la alineación de múltiples deficiencias latentes en el sistema (ej., falta de procedimientos, capacitación inadecuada). En este contexto, la ausencia de un plan de emergencia representa una de estas “perforaciones”.

La Jerarquía de Controles de peligros propone priorizar medidas desde la eliminación y sustitución hasta controles administrativos (permisos de trabajo) y de ingeniería (ventilación), siendo estos últimos fundamentales en espacios confinados.

Peligros Específicos y su Abordaje

El mantenimiento de aeronaves presenta peligros inherentes, especialmente en entornos restringidos:

Análisis de Peligro Operacionales y Ambientales

Estudios sectoriales identifican que el acceso a componentes internos expone a los técnicos a peligros como asfixia, intoxicación o atrapamiento. Los principales peligros en tanques de combustible incluyen:

Peligros Químicos presencia de vapores de combustible (Jet Fuel, AvGas), residuos tóxicos o disolventes, que pueden generar atmósferas inflamables, asfixiantes o tóxicas. Las investigaciones toxicológicas subrayan la necesidad de ventilación adecuada y EPP específicos.

Peligros Físicos temperaturas extremas, iluminación deficiente, ruido, superficies resbaladizas y el espacio reducido que limita movimientos y dificulta la evacuación.

Peligros Mecánicos posibilidad de atrapamiento por el diseño interno, activación accidental de componentes o uso de herramientas, y liberación de energía residual.

La literatura académica y liderada por autores como Reason (2000), subraya cómo la fatiga, el estrés y la presión operativa conocidos en la industria como los “doce sucios” (Dirty Dozen) del mantenimiento aeronáutico incrementan significativamente la probabilidad de errores

humanos en tareas de alta precisión. Estudios de la FAA (2012) confirman que estos factores degradan la conciencia situacional en espacios confinados. Por otro lado, la casuística analizada por McManus (1999) y los informes del NIOSH (2017) demuestran que las fallas en los planes de emergencia, la falta de monitoreo atmosférico continuo y la ausencia de personal de rescate capacitado son las causas recurrentes en más del 60% de las fatalidades en espacios confinados.

Marco Legal y Regulatorio

El marco legal se centra en la protección de la vida y la salud de los trabajadores, estableciendo requisitos mínimos de seguridad y procedimientos obligatorios para la entrada y ejecución de trabajos en estos entornos peligrosos. Por lo tanto, como parte del marco legal en el ámbito de espacios confinados se debe tener en cuenta los permisos de trabajo, análisis de peligro, estado del entorno (ventilación), estado y distribución de los elementos de protección personal adecuados para la compañía, con el fin de dar cumplimiento a la normatividad legal.

Normativa Nacional en Colombia

Aunque el mantenimiento aeronáutico tiene regulaciones específicas, la seguridad en Espacios Confinados se rige principalmente por la normativa general de seguridad y salud en el trabajo:

Resolución 0491 de 2020 (Ministerio del Trabajo) Es la norma principal que establece los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajos en espacios confinados.

La presente investigación adopta un enfoque holístico para el diseño del plan de emergencia. El proceso inicia con una fase de diagnóstico exhaustiva donde se recolecta información primaria mediante observación y entrevistas, permitiendo evaluar la criticidad de los peligros físicos y químicos bajo criterios de la normativa colombiana vigente.

Obligaciones Clave del Empleador/Contratante implementar una metodología para identificar, evaluar los peligros y definir los controles (peligros, biológicos, físicos, químicos.).

Garantizar la elaboración y diligenciamiento del Permiso de Trabajo en Espacios Confinados para cada entrada.

Proporcionar equipos de control de peligros (detectores de gases, equipos de ventilación, equipos de rescate).

Asegurar la capacitación y el reentrenamiento de los trabajadores autorizados, supervisores y vigías.

Establecer un Vigía que permanezca en la entrada y active el plan de emergencia si es necesario.

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

Exige la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), donde el trabajo en EC debe ser identificado como una Tarea de Alto peligro y tener procedimientos documentados y divulgados **(Presidencia de la República de Colombia, 2015)**.

El Decreto 1072, en su Artículo 2.2.4.6.25, obliga a las empresas a implementar un Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante Emergencias. Para el caso de aeronaves, esto implica:

Identificación de Amenazas no solo el peligro de asfixia, sino también incendios (vapores de combustible) y peligros estructurales.

Análisis de Vulnerabilidad evaluar si el personal está capacitado para un rescate técnico en una estructura tan específica.

Normativa y Estándares Internacionales Relevantes

El sector aeronáutico a menudo se alinea con estándares internacionales, que sirven como referencia técnica y legal.

OSHA 29 CFR 1910.146 (Estándar de Permisos de Entrada para Espacios Confinados - EE. UU.)

Es uno de los estándares más reconocidos a nivel mundial, clasificando los EC en aquellos que requieren permiso y los que no, y detallando los roles (Entrante, Vigía, Supervisor), los procedimientos de medición atmosférica, aislamiento y rescate.

NFPA 350 (Guía para el Ingreso y Trabajo Seguros en Espacios Confinados)

Proporciona directrices técnicas detalladas para la gestión de peligros en EC, incluyendo la evaluación de peligros atmosféricos.

Marco Normativo y de Buenas Prácticas

En esta fase, se establecerá el sustento legal y técnico. Se analizarán las normativas nacionales (como la Resolución 0491 de 2020 de Colombia y el Decreto 1072 de 2015) y se consultarán estándares internacionales (OSHA, NIOSH, OIT, FAA) para incorporar las mejores prácticas en el diseño del plan. También se realizará benchmarking con otras empresas del sector para identificar elementos exitosos y adaptables.

Marco Teórico: Peligros y Toxicología en Tanques Aeronáuticos

Definición de Espacios Confinados

Es aquel que no está diseñado para la ocupación continua, tiene medios de entrada y salida restringidos o limitados, y es lo suficientemente grande para que un trabajador pueda entrar. Los tanques de aeronaves cumplen esta definición. (Ministerio del Trabajo 2020.)

Hay que tener en cuenta que los espacios confinados no solo consisten o se definen como espacios pequeños, también se identifican como lugares de pequeños en temas de dimensión interna, un ejemplo claro son los desagües o alcantarillas, y la mayoría de los tanques en general, dando como resultado el peligro en la reducción significativa en niveles de oxígeno, posible inhalación de vapores tóxicos. (Acero Ramírez, 2025)

Los tanques de combustible de aeronaves representan un tipo de Espacio Confinado con peligros específicos y elevados, principalmente de naturaleza atmosférica (química), además de peligro físicos. En el ámbito de toxicología se pueden presentar peligros dermatológicos, ataques al sistema inmune, y enfermedades en las vías respiratorias.

Teoría del Espacio Confinado Peligroso

La teoría central es que la geometría restringida y la limitación de ventilación de un EC permiten que se desarrollen y mantengan atmósferas peligrosas, que pueden ser fatales de forma inmediata o causar daños graves. (Ministerio del Trabajo, 2020; OSHA, 2015).

Clasificación de Peligro Específicos

En el mantenimiento de tanques de combustible, los peligros se clasifican en:

Peligro Atmosféricos (Mayor Peligro)

Asfixia (Deficiencia de Oxígeno)

El aire normal contiene aprox 20.9% de oxígeno. Se considera deficiente si el nivel es

inferior a 19.5%. Dentro de un tanque, el oxígeno puede ser consumido por procesos de oxidación, o puede ser desplazado por gases inertes usados en purgas o limpieza como el nitrógeno o argón, que son inodoros e indetectables por los sentidos. (Acero Ramírez, 2025)

Incendio/Explosión

Causado por la presencia de vapores de combustible (Jet-A, Avgas) por encima del Límite Inferior de Inflamabilidad (LII). El peligro es crítico, especialmente durante trabajos en caliente (soldadura) o con chispas, incluso después de la purga inicial del tanque. (Acero Ramírez, 2025)

Intoxicación

Exposiciones a sustancias tóxicas

Peligro No Atmosféricos Atrapamiento por la configuración interna de Peligros mecánicos (líneas de combustible), Peligros eléctricos, térmicos y caídas. (Acero Ramírez, 2025)

Teoría de la Intoxicación en Tanques Aeronáuticos

La intoxicación en tanques de combustible se basa en la presencia de contaminantes químicos que se liberan de forma residual o durante el proceso de mantenimiento. (véase, p. ej., Aviation Safety Network, s.f.; IATA, 2019)

Contaminantes Residuales del Combustible

Incluso después de drenar y purgar, los residuos de combustible liberan Vapores Tóxicos. Los combustibles de aviación contienen:

Tabla 1

Peligros Químicos y Umbral

Contaminante	Mecanismo de Intoxicación	Concentraciones Peligrosas
Hidrocarburos Aromáticos (p.ej., Benceno, Tolueno, Xileno)	Agentes Neurotóxicos que afectan el sistema nervioso central. El Benceno es un conocido carcinógeno (a largo plazo) y un potente narcótico (a corto plazo).	Monitoreo y control estricto de los Límites de Exposición Permisibles (LEP) o Valores Límite Umbral (TLV).
Aditivos del Combustible	Dependerá del aditivo (inhibidores de corrosión, biocidas), pero pueden actuar como irritantes del sistema respiratorio o tóxicos sistémicos.	Varían según la sustancia.

Nota. En esta tabla se evidencia las sustancias contaminantes que se encuentran en el entorno de ejecución de trabajo.

Contaminantes Generados por la Tarea de Mantenimiento

La intoxicación puede ser aguda por la reacción del cuerpo a los productos utilizados en la limpieza o reparación

Tabla 2

Principales Contaminantes

Actividad	Contaminante Típico	Mecanismo de Intoxicación
Limpieza y Desengrasado	Vapores de Disolventes Orgánicos volátiles (éteres de glicol, cetonas, etc.).	Efectos Narcóticos (mareos, euforia, pérdida de consciencia) y daño a órganos (hígado, riñones).
Aplicación de Sellantes y Pinturas	Isocianatos, compuestos de plomo (en algunas pinturas), disolventes.	Irritación pulmonar y sensibilización respiratoria (asma laboral), toxicidad sistémica.
Soldadura (Trabajos en Caliente)	Monóxido de Carbono CO, Óxidos de Nitrógeno NO, Humos metálicos.	Asfixia Química el CO se une a la hemoglobina, impidiendo el transporte de oxígeno) o irritación pulmonar.

Nota. En esta tabla se muestra la manera de contrarrestar el efecto de un contaminante típico durante la práctica de trabajo.

Teoría de la Estratificación Atmosférica

Una teoría vital en tanques ya que los gases tienen diferentes densidades, teniendo en cuenta lo siguiente:

Los vapores de combustible (más pesados que el aire) tienden a acumularse en las zonas bajas (sumideros) del tanque.

El Monóxido de Carbono similar al aire o el Sulfuro de Hidrógeno si existe materia orgánica en descomposición, más pesado que el aire, pueden acumularse en diferentes niveles.

La medición de la atmósfera debe hacerse en la parte superior, media e inferior del espacio para detectar posibles zonas de alta concentración de tóxicos o explosivos que la ventilación no ha logrado purgar completamente. (OSHA, s.f.; NIOSH, 2016)

Consecuencias Fisiológicas y Prevención

La teoría de los Peligro se traduce en la obligación de implementar un control jerárquico para proteger al trabajador:

Tabla 3

Clasificación de Peligros

Concentración de O ₂	Efecto Fisiológico	Control Requerido
20.9% (Normal)	Ausencia de efectos	Ventilación Continua.
19.5% (Límite Mínimo)	Ninguno o inicio de la pérdida de coordinación.	Prohibido el ingreso sin equipo de respiración autónomo o con línea de aire.
< 16%	Vértigo, dolor de cabeza, inconsciencia en minutos.	Evacuación y Rescate Inmediato.
< 10%	Inconsciencia inmediata, muerte.	Peligro Inminente para la Vida y la Salud (IDLH).

Nota. Se muestra el porcentaje de oxígeno que puede tener efecto al tener contacto con sustancias de uso en mantenimiento, se evidencia el efecto en el cuerpo humano y el control requerido.

La prevención en el mantenimiento de tanques se basa en

Aislamiento y Bloqueo (LOTO)

Prevenir la liberación accidental de combustible o energía (hidráulica, eléctrica).

Ventilación Forzada y Purga

Eliminar vapores y suministrar aire fresco para mantener el O₂ en rango aceptable y los contaminantes debajo de sus LEP/TLV y el LII por debajo del 10%.

Monitoreo Continuo

Uso de detectores multigás (oxígeno, LII, CO, H₂S y contaminantes específicos si se usan químicos).

Entrenamiento y Equipos

Uso obligatorio de Equipos de Protección Personal (EPP) adecuados (respiradores, protección química) y contar con un equipo de Rescate entrenado para operar en un entorno IDLH.

Benchmarking: Comparación de Procedimientos de Mantenimiento en Tanques de Combustible

¿Qué es el Benchmarking?

Se conoce como una técnica de gestión empresarial, la cual consiste en comparar productos, servicios o procesos de una compañía determinada, esto con el fin de mejorar las practicas, llevando a índices más altos en temas de rendimiento.

Tipos de Benchmarking

Se encuentran diferentes tipos de benchmarking, entre ellos el interno el cual se realiza dentro de la empresa, el competitivo el cual consiste en competencias directas, el funcional el cual se realiza con empresas lideres en funciones específicas, también tenemos el genérico el cual consiste en comparar practicas comunes de empresas especializadas en cualquier sector.

¿Qué tipo de Benchmarking se Aplica en el Proyecto?

Se aplica el benchmarking de tipo competitivo o funcional, teniendo en cuenta que ambas organizaciones operan en el ámbito militar y de seguridad, además pueden compartir y aprender de prácticas en las áreas similares como seguridad, mantenimiento, y manejo de Peligros.

El benchmarking aplicado a los espacios confinados en tanques de combustible de aeronaves, comparando la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC) y la Aviación Policial (PONAL), revela diferencias clave que se derivan de la naturaleza de sus respectivas misiones y el tipo de aeronaves que operan.

Misión y Tipo de Aeronaves

Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC)

Opera aeronaves de combate y transporte logístico con tanques de combustible integrados en alas y fuselaje, resultando en espacios confinados muy estrechos y de difícil acceso. Esto exige procedimientos y EPP especializados para el ingreso.

Aviación Policial (PONAL)

Opera flotas de helicópteros y aviones utilitarios de ala fija (vigilancia, transporte). Sus tanques suelen ofrecer un acceso más convencional y menos restrictivo, permitiendo el uso de procedimientos y equipos más estandarizados.

Procedimientos de Mantenimiento

Tabla 4

Comparativa de Prácticas de SST

Aspecto	Puntos en Común (Prácticas Robustas)	Diferencias Clave
Permisos y Control	Ambos aplican la obligatoriedad de un permiso de entrada, monitoreo atmosférico continuo, ventilación forzada y el aislamiento de energías peligrosas (LOTO).	Complejidad del Acceso (UAEAC): Enfrenta aberturas extremadamente pequeñas, lo que requiere capacitación especializada en movilidad y extracción de bajo perfil para evitar el atrapamiento.
Herramientas	Se utilizan herramientas seguras y anti-chispas.	Especialización (UAEAC): El mantenimiento de aeronaves de combate exige el uso de solventes, sellantes y herramientas de precisión, anti-chispas.

Nota. La tabla destaca la convergencia en protocolos de seguridad industrial estándar, como el bloqueo de energías (LOTO) y monitoreo atmosférico, frente a los desafíos específicos de la aviación militar y civil.

Equipos de Protección Personal (EPP)

Tabla 5

Equipos de Protección Personal

Aspecto	Puntos en Común (Estándares Básicos)	Diferencias Clave
Protección General	Uso de equipos de respiración autónoma, trajes/overoles antiestáticos y resistentes a hidrocarburos, y protección de manos/ojos.	Miniaturización del EPP: La (UAEAC), debido a las restricciones de acceso, utiliza arneses y sistemas de izado de perfil bajo, diseñados para no enredarse y permitir una evacuación rápida a través de aberturas reducidas.

Nota. La tabla describe los elementos de protección esenciales, como equipos de respiración autónoma y trajes resistentes a hidrocarburos.

El análisis comparativo confirma que ambos cuerpos manejan la seguridad bajo estándares rigurosos (permisos, monitoreo) Sin embargo, la UAEAC presenta procedimientos de seguridad superiores debido a la mayor complejidad de sus aeronaves, ofreciendo un modelo de especialización que se debe adoptar y estandarizar.

Aportes de la UEAC: Movilidad, Ergonomía y EPP

Adopción

Incorporar en la capacitación módulos específicos sobre el uso de EPP de perfil bajo y técnicas de movilidad especializada (gateo, arrastre controlado) dentro de cavidades estrechas.

Mejora en Seguridad

Reduce el peligro de atrapamiento y aumenta la velocidad de extracción durante un

rescate de emergencia en entornos muy restrictivos, que es un factor crítico para evitar la muerte por asfixia o intoxicación.

Rigurosidad en el Procedimiento de Desfueling/Purga

Adopción

Tomar los protocolos más estrictos de certificación de la atmósfera posterior a la inertización o purga, propios de la aviación de combate, donde los vapores residuales son más volátiles.

Mejora en Seguridad

Refuerza la capacitación en el uso e interpretación del equipo multigás, enfatizando que la medición es la única validación segura, minimizando el peligro de ingreso en atmósferas explosivas (alto o deficientes por inertización).

Entrenamiento Específico en Extracción de Bajo Perfil

Adopción

El programa de simulación propuesto se basará en escenarios de extracción de personal inconsciente a través de aberturas de acceso estrechas, replicando el desafío técnico que enfrenta la UAEAC.

Mejora en Seguridad

Esto asegura que la brigada de rescate desarrolle la memoria muscular y las competencias necesarias para realizar una evacuación efectiva en el entorno aeronáutico más complicado, garantizando una respuesta eficiente que supere los estándares generales.

Metodología

Tipo y Enfoque de Investigación

La presente investigación se definió como un proyecto aplicado de alcance descriptivo. Es de carácter aplicado dado que su propósito final fue el diseño de un plan de emergencia funcional para la intervención en tanques de combustible. Asimismo, tuvo un alcance descriptivo, ya que se orientó a detallar las propiedades, perfiles de peligro y condiciones atmosféricas específicas de los espacios confinados en las aeronaves con un objetivo de estudio en revisión documental, mediante un archivo cuya empresa es aliada de la UAEAC.

En esta fase de la encuesta aplicada al personal técnico de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil con el propósito de identificar condiciones reales de trabajo y necesidades para el diseño del plan de emergencia.

Técnicas e Instrumentos de Recolección

Para dar cumplimiento a los objetivos, se recomiendan las siguientes herramientas:
Observación Directa: Se utilizará una lista de chequeo basada en la Resolución 0491 de 2020 para verificar las condiciones de trabajo actuales.

Encuesta

Se aplicará un cuestionario estructurado al personal técnico para identificar la percepción del peligro y fallas en la comunicación.

Revisión Documental

Análisis de manuales de mantenimiento de las aeronaves y reportes de incidentes previos.

Procedimiento Fases de la Investigación

El proceso metodológico se desarrolló en las siguientes fases:

Fase 1 Diagnóstico Situacional. Recolección de datos mediante encuestas y observación

para caracterizar los peligros atmosféricos y físicos.

Fase 2 Análisis de Requisitos. Cruce de la información recolectada con la normativa legal vigente (Res. 0491 de 2020) y estándares internacionales.

Fase 3 Diseño del Plan. Estructuración del plan de emergencia, protocolos de rescate y cronograma de simulacros.

Resultados

Identificación de los peligros presentes en los tanques de combustible de aeronaves, considerando las condiciones físicas, atmosféricas y operacionales del espacio confinado, con el fin de determinar las necesidades críticas para la estructuración del plan de emergencia.

Se realizó y se analizó, la identificación sistemática de los peligros presentes en los tanques de combustible de aeronaves, integrando las condiciones físicas, descritas anteriormente las cuales son propias del trabajo en espacios confinados. Para ello, se aplicó la matriz de evaluación basada en la metodología GTC 45 y la encuesta aplicada al personal del área de mantenimiento, lo que permitió consolidar la matriz probabilidad–severidad y generar evidencia diagnóstica presentada en las Tablas 4–5 y Figuras 1–20. A partir de este proceso se priorizaron los riesgos según su nivel de criticidad, evidenciando principalmente peligros asociados a atmósferas peligrosas, limitaciones de ventilación, condiciones operativas del mantenimiento y factores humanos relacionados con la capacitación.

Asimismo, el análisis de amenazas y vulnerabilidad permitió identificar que la mayoría de los escenarios se ubican en un nivel de riesgo medio; sin embargo, se determinó como punto crítico el peligro de incendio y explosión derivado de la presencia de vapores de combustible aeronáutico, cuyo potencial de consecuencia es catastrófico pese a su valoración cuantitativa media.

Bajo los criterios de evaluación del peligro establecidos en la matriz técnica (Tabla 6), fundamentada en la GTC 45, se valoraron la probabilidad y la severidad para establecer prioridades de intervención dentro del plan de emergencia.

Los resultados de la encuesta aplicada al personal (Figuras 4 y 5) evidencian brechas relevantes en el conocimiento y la práctica de procedimientos de rescate: aunque el 55,6 %

manifiesta conocer los protocolos, el 44,4 % los desconoce completamente y el 67,6 % no ha participado en simulacros, lo que confirma debilidades en la preparación operativa. Este diagnóstico permitió no solo identificar peligros técnicos sino también riesgos organizacionales asociados a la capacitación y al entrenamiento práctico, aportando insumos directos para la estructuración del plan de emergencia y la definición de necesidades críticas orientadas a la protección de la vida del trabajador y la seguridad de la operación en espacios confinados aeronáuticos.

por estas razones se estructuro el plan de emergencia teniendo en cuenta los resultados aplicados con cada uno de los técnicos dándonos a conocer las diferentes falencias en temas de prevención y Rescate y la activación de un plan eficiente para evitar accidentes laborales dentro del espacio descrito.

Encuesta de Area de Espacios Confinados, Area de Mantenimiento FAC

Figura 1

Participantes de la Encuesta

Nombre/apellido
9 respuestas

José elkin Pineda Aparicio
David Camilo Palacios Sánchez
Héctor Bermúdez
Juan Sebastián naranjo acevedo
Nicolas Ramirez
Andrés Leonardo Bohórquez Duarte
Ever Rios Barrios
Jhon edison narvaez ulloa
Henry Alberto Díaz Rodríguez

Figura 2

Conocimiento de Emergencias

3. ¿Conoce los procedimientos de rescate y emergencia para trabajos en espacios confinados?

9 respuestas

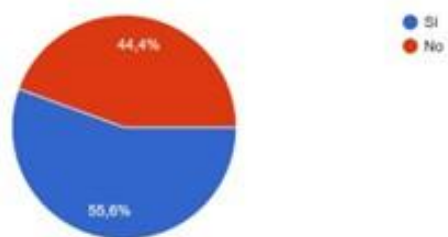


Figura 3

Conocimiento del Entorno Laboral

4. ¿Ha participado en simulacros de rescate en espacios confinados ?

9 respuestas

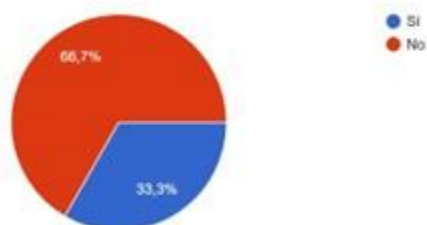


Figura 4

Sugerencias a Nivel Empresarial

12. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar la seguridad en el trabajo en espacios confinados dentro de la Fuerza Aérea Colombiana? (Respuesta Abierta)

9 respuestas

Plan de riesgos y rescate en los tanques de combustible.mejores equipos de ventilación
Concientizar al personal de los peligros y que se entienda que la vida es mas valiosa que un trabajo.
Instrucción de rescate en espacio confinado entre los tanques
Definir un plan de rescate seguro y estandarizado en caso de atrapamiento o quizá desmayo de alguna persona en un tanque de combustible de la aeronave.
Tener un plan de rescate más adecuado.
Más personal encargado
Establecer un plan de rescate para trabajos que se hacen dentro de los tanques de combles.
No existe un programa de rescate en los tanques de combustible por la forma de los tanques. Un amés completo no sirve

La gráfica circular (Figura 4) detalla las respuestas a la pregunta: “¿Conoce los procedimientos de rescate y emergencia para trabajos en espacios confinados?”, basada en una muestra de 9 trabajadores.

Conocimiento Parcial del Grupo: El 55,6% de los encuestados afirman conocer los procedimientos (equivalente a 5 personas).

Brecha de Seguridad Crítica: Un alarmante 44,4% (equivalente a 4 personas) manifiesta desconocer por completo los protocolos de rescate.

La observación que se hace frente a la figura 4 es que la capacitación actual es informal o no ha llegado a todos los operarios de mantenimiento por igual es probable que solo el personal con más antigüedad o con certificaciones externas específicas domine el tema, dejando vulnerables a los nuevos integrantes o personal de apoyo.

La gráfica circular (Figura 5) detalla las respuestas a la pregunta: “¿ha participado en simulacros de rescate en espacios confinados?”, basada en una muestra de 9 trabajadores.

Predomina de la Inexperiencia: Se observa que una porción significativa, marcada con el 67,6%, indica que no ha participado en simulacros de rescate.

Falta de Entrenamiento Real: Solo un grupo reducido (aproximadamente un tercio del personal, según el segmento del 33,3%) ha tenido exposición a escenarios de práctica real.

Al comparar la figura 5 con la anterior, se deduce que algunos trabajadores dicen “conocer” los procedimientos, pero nunca los han puesto a prueba en un entorno controlado ósea un (simulacro).

Con estas dos preguntas implementadas y ejecutadas a personal de mantenimiento donde es una propuesta de plan de emergencias para técnicos de mantenimiento en aerolíneas en espacios confinados, se generó un plan de mejora en estructuración y práctica donde se prioriza la vida del trabajador en su cumplimiento de trabajo.

Gestión integral de Seguridad y Respuesta a Emergencias en Espacios Confinados

Aeronáuticos

Se presentan los resultados del Plan de Emergencia y Rescate, el cual articula protocolos técnicos, equipos especializados y roles operativos para cumplir con los estándares de seguridad y mitigación de riesgos en espacios confinados aeronáuticos como lo indica el objetivo específico N 2.

Tabla 6

Controles Aplicados

Componente del Plan	Estándar Operativo	Valor Agregado a la Seguridad
Protocolos de Seguridad Aeronáutica	Implementación de ventilación forzada previa, monitoreo analítico de gases (O ₂ ,CO,VOCs,LEL) y demarcación perimetral del área de intervención.	Asegura la estabilidad atmosférica, mitigando proactivamente riesgos de explosividad o hipoxia mediante controles técnicos continuos.
Gestión de Acceso y Egreso Seguro	Validación de permisos de trabajo por supervisión técnica, verificación rigurosa de mediciones, bloqueo de energías peligrosas (LOTO) y clausura formal de la actividad.	Establece una trazabilidad administrativa total del personal y previene activamente incidentes derivados de accesos no autorizados o energías remanentes.

Dotación Especializada de EPP	Suministro de protección respiratoria (SCBA), indumentaria antiestática resistente a agentes químicos, protección manual/ facial y sistemas de comunicación intrínseca.	Optimiza la integridad del operador frente a agentes químicos y vapores inflamables, garantizando una barrera física de alta eficiencia.
Capacidad de Respuesta y Rescate	Disponibilidad de arneses de cuerpo completo, líneas de vida retráctiles, dispositivos de extracción mecánica y equipos de respiración autónoma para brigadas.	Facilita una extracción técnica inmediata y segura, minimizando la vulnerabilidad del equipo de rescate y del operario en situaciones críticas.
Roles y responsabilidades	Cargos de Supervisor Vigía, Entrante y Equipo de Rescate con cadena de mando clara y activación de operatividad.	Mejora la eficiencia y eficacia al momento de la reacción en el caso de una emergencia manteniendo el control de la situación.

Nota. En esta tabla se presenta la síntesis de controles aplicados a la gestión de atmósferas y rescate especializado. Plan de Emergencia consolida una matriz de responsabilidades y requerimientos de EPP alineados con estándares internacionales.

En Plan integral de Emergencia y Rescate en Áreas de Combustible

Diseño operativo, primeros auxilios y validación mediante entrenamiento práctico, como resultado de la fase final del proyecto y en atención al tercer objetivo, se consolida el Plan de Emergencia y Rescate para Tanques de Combustible. Esta arquitectura operativa transforma los datos del diagnóstico en una guía táctica que define desde la cadena de mando

hasta los protocolos de intervención inmediata. El plan se fundamenta en la validación práctica mediante simulacros y formación especializada, garantizando que la respuesta ante incidentes.

Diseño del Plan Integral de Emergencias y Rescate en Tanques de Combustible

Aeronáuticos

Se da cumplimiento al objetivo específico Numero 3 Diseñar la estructura integral del plan de emergencia y rescate para trabajos en tanques de combustible, incluyendo un cronograma de simulacros y primeros auxilios que permita validar la operatividad de la respuesta.

El diseño del Plan de Emergencia y Rescate que se presenta a continuación constituye el resultado aplicado principal de este proyecto. Esta propuesta integra de manera técnica los hallazgos del diagnóstico inicial y las normativas aeronáuticas vigentes (RAC), consolidando una herramienta procedimental que mitiga los riesgos críticos identificados.

El contenido se presenta como un producto finalizado, listo para su fase de socialización o futura implementación.

El plan se compone de el corazón de la metodología: un plan de emergencias totalmente estructurado. La propuesta integra Procedimientos detallados para la entrada y trabajo en espacios confinados: Permisos de entrada, pruebas y monitoreo continuo de la atmósfera, ventilación adecuada y uso obligatorio de Equipos de Protección Personal (EPP) específicos para vapores inflamables

Tabla 7

Hallazgos y Análisis Objetivo 3

Hallazgo del Diagnóstico (Investigación)	Elemento de la Propuesta (Resultado Aplicado)	Análisis del Impacto en la Seguridad
Brecha de capacitación: El 44.4% de los técnicos desconoce los	Programa de Capacitación Integral (Tema 1 al 8): Incluye formación teórica y 5 estaciones	Garantiza que el 100% del personal operativo adquiera competencias antes de la

Hallazgo del Diagnóstico (Investigación)	Elemento de la Propuesta (Resultado Aplicado)	Análisis del Impacto en la Seguridad
protocolos de rescate específicos.	de simulación práctica.	exposición al riesgo.
Inexperiencia en prácticas reales: El 67.6% del personal nunca ha participado en un simulacro de rescate.	Cronograma de Simulacros y Validación: Estaciones de simulación obligatorias para medir tiempos de respuesta y flujo de comunicación.	Transforma el conocimiento teórico en una respuesta instintiva y coordinada ante una emergencia real.
Peligro Atmosférico Crítico: Identificación de vapores de queroseno (VOCs) y riesgo de explosividad (LEL) en tanques de ala.	Protocolo de Monitoreo y Ventilación Forzada: Uso obligatorio de detectores multigás y ventilación previa de 24 horas.	Elimina la probabilidad de atmósferas IDLH (Inmediatamente Peligrosas para la Vida y la Salud) mediante control de ingeniería.
Complejidad de acceso (Benchmarking): El estudio de la UAEAC reveló aberturas extremadamente pequeñas que dificultan el rescate.	Equipamiento Especializado de Perfil Bajo: Selección de camillas tipo Miller y arneses de baja densidad para extracciones en espacios estrechos.	Reduce el tiempo de extracción de la víctima y evita el atrapamiento del rescatista durante la maniobra.
Carencia de roles definidos: Inexistencia de un plan de emergencia estructurado en el área analizada.	Estructura Orgánica Mandatoria: Definición legal de funciones para el Supervisor de Entrada, Vigía, Entrante y Equipo de Rescate.	Establece una cadena de mando clara, evitando la parálisis o confusión durante el “minuto de oro” de un

Hallazgo del Diagnóstico (Investigación)	Elemento de la Propuesta (Resultado Aplicado)	Análisis del Impacto en la Seguridad accidente.
---	--	---

Nota. En la mencionada tabla evidenciamos los hallazgos con sus análisis respectivos, acordes al objetivo específico número 3.

Protocolos de Actuación

Guías detalladas para diferentes escenarios de emergencia (intoxicación, asfixia, atrapamiento, incendio, inhalación por partículas), incluyendo el flujo de comunicación, acciones de rescate, primeros auxilios y evacuación.

Definición de Roles y Responsabilidades

Personal de entrada, vigía, y rescatistas, con sus respectivas funciones.

Especificación de Equipamiento y Recursos

Listado de EPP, equipos de detección de gases, ventilación, comunicación y rescate, junto con la infraestructura de apoyo.

Diseño de un Programa de Capacitación

Formación teórica y práctica (simulacros) para el personal técnico y el equipo de rescate. Una vez presentada la propuesta técnica anterior, la siguiente sección detalla de la estructura funcional del Plan de Emergencia y Rescate. Aquí se materializan los controles operativos y los protocolos de actuación, definiendo el marco de respuesta técnica y los recursos necesarios para la gestión efectiva de incidentes en tanques de combustible.

Componentes Técnicos y Operativos del Plan de Emergencias y Rescate

Este plan de emergencias constituye el resultado principal de la presente investigación y establece los procedimientos, roles y responsabilidades para responder de manera efectiva a incidentes en tanques de combustible durante operaciones de mantenimiento.

Análisis de Peligro y Medidas Preventivas

A partir del diagnóstico realizado, se identifican los siguientes peligros críticos que el plan mitiga:

Peligro Atmosféricos

Vapores de queroseno (VOCs), explosividad (LEL) y deficiencia de oxígeno.

Peligro Físicos

Atrapamiento y fatiga por posturas prolongadas.

Estructura Orgánica y Roles de Seguridad

Para garantizar la operatividad de la propuesta se definen de manera mandataria los siguientes roles:

Supervisor de Entrada

Responsable de la autorización legal y cierre del permiso de trabajo.

Vigía de Seguridad

Eslabón crítico de comunicación y monitoreo atmosférico continuo.

Medidas Preventivas Observadas

Ventilación Forzada

El tanque se ventila durante 24 horas para eliminar vapores. Monitoreo constante: Uso de un dispositivo especializado para medir niveles de oxígeno, CO, VOCs y LEL. La alarma del dispositivo es un punto crítico de seguridad.

Equipo de Protección Personal (EPP)

Uso de respiradores y guantes. Es vital que el EPP sea adecuado para los peligro químicos y atmosféricos.

Señalización y Delimitación

Señales de advertencia como “CAUTION FUEL TANK OPEN” y el uso de cintas de seguridad.

Estructura y Roles del Equipo de Emergencias

Para la operatividad del plan, se establecen de manera mandataria los siguientes roles:

Supervisor de Entrada (Entry Supervisor)

Es la persona responsable de autorizar, supervisar y controlar las operaciones de ingreso al espacio confinado.

Autorizar el Ingreso

Verifica que se hayan completado todos los pasos del permiso de entrada, incluyendo la certificación de las mediciones atmosféricas, el control de energías peligrosas (LOTO) y la disponibilidad del equipo de rescate.

Gestión del Permiso

Firma y aprueba el permiso de entrada, manteniéndolo vigente durante toda la operación.

Finalización

Cierra el permiso de entrada una vez que el trabajo ha concluido y el espacio ha sido evacuado.

Activación de Emergencia

Es el punto focal que coordina con el vigía y el equipo de rescate, activando el plan de emergencia formal si el vigía lo requiere.

Vigía (Attendant/Guardian)

Es el rol de seguridad crítica que permanece fuera de la abertura del espacio confinado durante toda la operación.

Monitorear la Atmósfera

Mantiene una observación continua de las lecturas del equipo de medición de gases (multigás), asegurando que los niveles de O₂ y gases tóxicos permanezcan seguros.

Comunicación Constante

Establece y mantiene contacto visual o comunicación bidireccional continua (radial o verbal) con el Entrante.

Evitar Entrada No Autorizada

Controla el acceso al área, impidiendo bajo cualquier circunstancia el ingreso de personal no autorizado.

Activar la Alarma de Emergencia

Si detecta una alteración atmosférica, un cambio en la condición del entrante o una situación peligrosa, ordena la evacuación inmediata y notifica al Supervisor de Entrada.

Entrante (Authorized Entrant)

Es el trabajador capacitado que accede al espacio confinado (tanque aeronáutico) para

realizar las tareas de mantenimiento.

Seguir Procedimientos

Sigue estrictamente todos los procedimientos de trabajo seguro y las instrucciones del permiso de entrada.

Automonitoreo

Está atento a cualquier síntoma de malestar (mareo, náuseas, irritación) o situación anormal y lo reporta de inmediato al Vigía.

Evacuación Inmediata

Abandona el espacio confinado inmediatamente si se lo ordena el Vigía o el Supervisor de Entrada, o si nota alguna condición peligrosa no prevista.

Equipo de Rescate y Brigada de Emergencias Especializados

Personal externo, capacitado y certificado específicamente en técnicas de rescate en espacios confinados.

Extracción de Emergencia

Es el único personal autorizado para realizar una entrada de rescate, utilizando Equipo de Protección Respiratoria Autónoma y técnicas de extracción vertical u horizontal, según el plan preestablecido.

Atención Primaria

Brinda atención médica prioritaria al operario extraído antes de la llegada de servicios médicos avanzados.

Independencia Funcional

Este equipo no debe ser el mismo que realiza las tareas de mantenimiento, garantizando su disponibilidad inmediata y objetividad

Área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

Rol de soporte que garantiza la gestión documental, técnica y de formación del programa.

Elaboración y Seguimiento

Responsable de la creación, implementación y revisión periódica del Plan de Emergencia y los procedimientos de trabajo.

Investigación de Incidentes

Realiza investigaciones post-incidentes para determinar causas raíz y generar reportes correspondientes.

Coordinación de Capacitación

Asegura que todos los roles (Supervisor, Vigía y Entrante) reciban la capacitación inicial y de refresco requerida, incluyendo la coordinación y ejecución de simulacros para validar la efectividad del plan.

Capacitación para Técnicos en Mantenimiento de Aeronaves en Espacios Confinados

Con el fin de fortalecer la preparación del personal técnico y validar la operatividad del Plan de Emergencias y Rescate, se presenta el siguiente programa de capacitación, que integra contenidos normativos, identificación de peligros, controles preventivos, primeros auxilios y simulaciones prácticas orientadas a mejorar la respuesta ante emergencias en tanques de combustible aeronáuticos.

Duración sugerida 1 día (8–10 horas)

Dirigido a: Técnicos MRO, inspectores, líderes de mantenimiento, brigadas de emergencia, personal SMS / SG-SST.

Tabla 8

Capacitación Integral

Tema	Contenido detallado	Objetivo de aprendizaje / aplicación	Actividades y evaluación
Tema 1. Introducción Al Trabajo En Espacios Confinados Aeronáuticos	Concepto de espacio confinado aplicado a aeronaves. Características de los tanques de combustible. Identificación de peligro de operarios. Uso de inspecciones preventivas.	Reconocer el contexto aeronáutico del trabajo en espacios confinados y los riesgos iniciales asociados a tanques de combustible.	Exposición técnica, análisis guiado del entorno aeronáutico y discusión inicial de riesgos.

Tema	Contenido detallado	Objetivo de aprendizaje / aplicación	Actividades y evaluación
	Coordinación en emergencias.		
	Resolución 0491/2020 – Espacios Confinados. Decreto 1072/2015 SG-SST.		
Tema 2. Normatividad en campo de trabajo	Resolución 0312/2019 Estándares mínimos. RAC 145 Centros de mantenimiento. RAC 43 – Mantenimiento aeronáutico. Elementos del SMS relacionados con la gestión de peligros.	Comprender la normativa nacional y aeronáutica aplicable al mantenimiento en espacios confinados.	Revisión normativa aplicada al hangar y discusión sobre cumplimiento regulatorio.
Tema 3. Identificación de peligros en espacios confinados aeronáuticos	Atmósferas peligrosas: vapores combustibles y deficiencia de oxígeno. Peligros físicos. Peligros operativos	Identificar peligros críticos presentes en mantenimiento aeronáutico y sus posibles	Análisis de escenarios y discusión de casos operacionales.

Tema	Contenido detallado	Objetivo de aprendizaje / aplicación	Actividades y evaluación
	Sistemas eléctricos, hidráulicos.	consecuencias operativas.	
Tema 4. Controles y medidas de prevención	<p>Controles administrativos: permisos, señalización, roles y comunicación.</p> <p>Controles de ingeniería: ventilación, equipos intrínsecamente seguros, bloqueo/etiquetado. EPP esencial: protección respiratoria según peligro, ropa antiestática, monitoreo personal.</p> <p>Coordinación obligatoria técnico</p> <p>Vigía, supervisor, brigada.</p>	<p>Aplicar controles técnicos y administrativos para mitigar riesgos antes y durante la operación.</p>	<p>Demostración de equipos y revisión de procedimientos operativos.</p>
	tema 5. plan de emergencias para espacios confinados aeronáuticos	<p>Alarmas internas y externas.</p> <p>Responsabilidades del vigía, brigada y supervisor.</p>	<p>Comprender la estructura del plan de emergencias y la activación de</p>

Tema	Contenido detallado	Objetivo de aprendizaje / aplicación	Actividades y evaluación
	Comunicación con centro de operaciones Integración del sistema de gestión integral SG-SST.	protocolos en el entorno aeronáutico.	
Tema 6. Primeros auxilios aplicados al	Reconocimiento de signos vitales: mareo, intoxicación, pérdida de conciencia, desorientación.	Brindar asistencia inicial segura sin exponer al personal	Ejercicios demostrativos y práctica supervisada.
Contexto aeronáutico	Protocolo del vigía: activación del plan y reporte inicial. Primeros auxilios en exterior: apoyo respiratorio no invasivo, posición segura, evaluación ABC básica. Importancia de no ingresar sin autorización ni rescate profesional.	a riesgos adicionales.	
Tema 7.	Simulación 1: Activación	Validar la	Prácticas por

Tema	Contenido detallado	Objetivo de aprendizaje / aplicación	Actividades y evaluación
Simulación operativa	<p>del plan (activación, evaluación de síntomas, coordinación, auditoría de permisos, comunicación bajo estrés).</p> <p>Simulación 2: Reconocimiento temprano de síntomas (mareo o exposición a vapores).</p> <p>Simulación 3: Coordinación con brigada y flujo de información.</p> <p>Simulación 4: Revisión del permiso de trabajo con errores simulados.</p> <p>Simulación 5: Comunicación crítica en espacio confinado.</p>	<p>operatividad del plan mediante estaciones prácticas que evalúan tiempos de respuesta, claridad de comunicación y coordinación entre roles.</p>	<p>estaciones, evaluación de tiempos, orden de acciones, interacción técnica y toma de decisiones.</p>
Tema 8.	Evaluación del	Confirmar la eficacia	Evaluación final y

Tema	Contenido detallado	Objetivo de aprendizaje / aplicación	Actividades y evaluación
Confirmación del plan de emergencias	<p>cumplimiento del plan.</p> <p>Análisis de demoras en activación. Verificación de comunicación técnico–vigía– supervisor–brigada.</p> <p>Evaluación del traslado simulado.</p> <p>Identificación de brechas en EPP, roles o tiempos</p>	<p>del plan y generar mejoras continuas dentro del sistema de gestión.</p>	<p>generación de acciones de mejora institucional.</p>

Nota. El programa de capacitación hace parte integral del Plan de Emergencias y Rescate y se articula con el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Con base en el diagnóstico de riesgos y el análisis de requisitos, se estructuró el Plan de Rescate para técnicos de mantenimiento en espacios confinados (tanques de combustible), el cual define lineamientos operativos para la atención de incidentes, incorpora requerimientos mínimos, equipos y herramientas de rescate, y establece acciones y recursos necesarios para una respuesta segura y oportuna.

Procedimientos Operativos de Rescate en Espacios Confinados Aeronáuticos

Esta propuesta técnica para la UAEAC (Aerocivil) busca institucionalizar un protocolo de rescate especializado para técnicos en mantenimiento de tanques de combustible, un entorno

crítico donde la confluencia de atmósferas inflamables y espacios de acceso limitado exige una respuesta de emergencia diferenciada de la industria convencional. El proyecto trasciende la documentación teórica al integrar una metodología de validación operativa y monitoreo continuo, fundamentada en la socialización de procedimientos y la ejecución de simulacros prácticos que garanticen la memoria muscular del personal ante accidentes. En última instancia, la implementación de este plan no solo asegura el cumplimiento normativo y la mitigación de peligros ergonómicos y atmosféricos, sino que consolida una cultura de seguridad proactiva, reduciendo significativamente la siniestralidad y optimizando la capacidad de respuesta institucional ante eventos críticos en el hangar.

Ejecución De Tareas En Espacios Confinados Por Parte Del Operario

Fase 1 Permisos Diarios de Mantenimiento y Calificación de Personal

- Autorización y planeación del trabajo en espacios confinados.
- Firma del operario, Firma de Vigía, Firma de supervisor, y firma del encargado de HSEQ.

Fase 2 El Tiempo Estipulado para la Ejecución de Trabajos

La ejecución de los trabajos de mantenimiento en estos espacios esta estipulados entre una semana o dos el operario cumple con la jornada laboral estipulada de 8 horas rotativas, con un descanso entre 30 a 40 minutos ordenado por el vigía.

Fase 3 Documentación de Dia a Dia

- Creación de documentos diligenciado diariamente de las tareas realizadas por el operario, y firmado por el personal implicado.
- Entrega y uso del medidor de gases, donde se tiene que estipular la cifra arrojada en el momento del mantenimiento.

Fase 4 Temperatura de la Zona de Trabajo

Al momento de realizar los trabajos de mantenimiento se debe verificar la temperatura ambiente de trabajo de la siguiente forma:

Temperatura Mínima de 17 grados centígrados, 50 % de humedad de acuerdo con el Reglamento de instalaciones Térmicas en los Edificios RITE.

Fase 5 Preparación del operario

Certificados necesarios.

Capacitación de la tarea de manera trimestral, semestral, o anual.

Ficha Técnica de EPP.

Exámenes Ocupaciones al día y de acuerdo con el reglamento de la compañía.

Fase 6 Preparación del Equipo de Trabajo y Lugar de Trabajo

Se encuentra implicado el personal como lo son Operario, Vigía, Supervisor y coordinador HSEQ.

Señalización y aseguramiento del área de trabajo.

Preaviso al sistema de emergencias sobre el planteamiento del mantenimiento a ejecutarse.

Los trabajos de mantenimiento en espacios confinados se pueden presentar de forma urgente o estipulados por semanas, por tal motivo se debe estar preparado en casos de urgencia a dicho mantenimiento. Lineamientos Estratégicos y Gestión Preventiva del Plan de Emergencias.

Protocolo de Respuesta Rápida Inteligente

Plataforma de Gestión de Emergencias

Desarrollar un protocolo inicial el cual permita reunir los datos principales del incidente, coordine los equipos de rescate y permita el seguimiento de la situación.

Equipos de Rescate con Equipos de Protección Personal (EPP)

Dotar a los equipos de rescate con los elementos de protección personal necesarios, y brindar equipos especializados que permitan monitorear estado de salud y ubicación del afectado, garantizando su seguridad durante la intervención.

Prevención Proactiva y Personalizada

Análisis Predictivo de Peligro

Utilizar datos de la información recogida inicialmente y realizar una comparación con eventos anteriormente registrados para identificar patrones similares y comenzar con la prevención de posibles peligros en espacios confinados específicos.

Programas de Capacitación Personalizados

Desarrollar programas de capacitación, partiendo de los incidentes pasados o de incidentes recientes, identificando las necesidades específicas de cada operario y en los peligros asociados a su área de trabajo.

Mantenimiento Preventivo y Verificación del Entorno

Estudiar el entorno del operario donde podamos identificar sistemas de ventilación adecuados en espacios confinados, en caso de evidenciar poca ventilación, dotar al operario con equipo necesario para tener aire u oxígeno de reserva.

Cumplimiento Normativo y Mejora Continua

Plataforma de Gestión Documental

Generar un sistema de seguimiento de incidentes como el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) para gestionar permisos, registros de inspección y demás documentación relacionada con espacios confinados o incidentes relacionados, facilitando así el cumplimiento normativo.

Indicadores de Desempeño

Establecer indicadores para medir la efectividad del sistema propuesto y realizar ajustes continuos para optimizar su funcionamiento.

Beneficios para la Empresa Aeronáutica

- Reducción significativa de accidentes laborales en espacios confinados.
- Mejora de la eficiencia en la respuesta a emergencias.
- Optimización de costos mediante la prevención proactiva.
- Fortalecimiento de la cultura de seguridad y salud en el trabajo.
- Cumplimiento riguroso de la normativa nacional e internacional.
- Posicionamiento como líder en innovación y seguridad en el sector aeronáutico.

Requisitos Técnicos Operativos para la Implementación del Plan de Rescate

La operatividad del Plan de Rescate en espacios confinados se apoya en el cumplimiento de los estándares técnicos que se presentan a continuación. Esta sección integra los hallazgos del diagnóstico con las exigencias del SG-SST y el SMS, transformando la necesidad de protección en procedimientos verificables. Al estandarizar los recursos y las responsabilidades, se asegura que la gestión de emergencias en tanques de combustible no solo sea reactiva, sino una extensión de la prevención técnica y la excelencia operacional de la organización.

Un plan de rescate efectivo debe incluir los siguientes elementos

Evaluación de Peligro

Identificación de los peligros específicos de cada espacio confinado

Procedimientos de Entrada Segura

Permisos de entrada, pruebas atmosféricas y ventilación

Equipos de Protección Personal (EPP)

Equipos de respiración, arneses y otros dispositivos de seguridad

Equipos de Rescate

Trípodes, poleas, cuerdas y equipos de extracción

Personal de Rescate Capacitado

Equipos de rescate entrenados en técnicas de rescate en espacios confinados

Procedimientos de Comunicación

Sistemas de comunicación para mantener contacto con el personal dentro del espacio confinado

Procedimientos de Emergencia

Pasos para seguir en caso de un incidente, incluyendo la activación de servicios de emergencia

Prácticas y Simulacros

Realización de simulacros periódicos para asegurar la efectividad del plan

Consideraciones Adicionales para Aerolíneas

Regulaciones

Las aerolíneas deben cumplir con las regulaciones de seguridad laboral aplicables a espacios confinados, tanto a nivel nacional como internacional

Coordinación

La coordinación con los servicios de emergencia del aeropuerto es crucial

Factores Ambientales

Considerar las condiciones climáticas y otros factores ambientales que puedan afectar las operaciones de rescate

Primeros Auxilios

Tener personal capacitado en primeros auxilios y equipos de respuesta médica disponibles.

Con el propósito de consolidar la propuesta aplicada desarrollada en el presente proyecto, este numeral integra tanto el enfoque estratégico como la estructuración operativa del Plan de Emergencias en Espacios Confinados Aeronáuticos. Inicialmente se presentan lineamientos orientados a la gestión preventiva, innovación y mejora continua, los cuales sirven como fundamento para la definición técnica del plan, incluyendo roles, procedimientos, recursos y protocolos de actuación ante emergencias.

Organización Operativa, Roles y Protocolos de Actuación ante Emergencias

Teniendo como base el detalle del plan de emergencias en el área de mantenimiento de tanques de combustible en aeronaves, nos enfocamos en ser claros y tener como misión que cada persona, técnico o funcionario de la compañía, conozca el procedimiento a realizar en caso de presentarse un evento de emergencia. Por lo tanto, mostramos los puntos más importantes para tener en cuenta:

Generalidades del Plan de Emergencias

Alcance

Define el tipo de trabajo (mantenimiento de tanques), la ubicación y el personal cubierto por el plan.

Objetivos

Describe los propósitos del plan, como garantizar la seguridad del personal, controlar la emergencia y minimizar daños.

Roles y Responsabilidades

Establece quiénes son los encargados de la ejecución del plan (supervisor de seguridad, personal de rescate, brigadas de primeros auxilios) y qué tareas específicas tiene cada uno.

Procedimientos de Reacción ante una Emergencia

Como promotores de Seguridad y Salud en el Trabajo y de este proyecto, en esta sección explicamos el centro del plan de emergencias, detallando así las acciones paso a paso para su ejecución, de la siguiente manera

Alerta y Comunicación

Identificación de la emergencia: Establecer las señales de peligro como por ejemplo la pérdida de comunicación con el operario, activación de alarmas de gas, inmovilidad del trabajador.

Activación del plan: El personal de apoyo en el exterior del tanque debe ser el primero en activar la alarma de emergencia.

Cadena de Mando

Acá definimos la secuencia de notificación: el supervisor del trabajo notifica al equipo de rescate, que a su vez notifica a los servicios de emergencia externos (ambulancia).

Evaluación Inicial de la Escena

La evaluación de peligro es uno de los factores que debemos tener presente antes de cualquier intento de rescate, el equipo debe evaluar los peligros presentes (fuego, explosión, gases tóxicos, falta de oxígeno). Nunca se debe entrar al espacio confinado a rescatar a alguien sin el equipo de protección adecuado y un análisis de peligro previo.

Equipamiento y Herramientas

La utilidad del plan de emergencias se basa en tener las herramientas adecuadas y en buen estado, comenzando por los equipos de Monitoreo y Protección.

Recursos y Elementos de Protección para la Respuesta a Emergencias

Detectores de Gases

Deben ser multigás (O₂, H₂S, CO, LEL/explosividad) y estar calibrados. Se deben usar para monitorear el ambiente antes y durante el rescate.

Equipos de Protección Respiratoria

Para los rescatistas, es obligatorio el uso de equipos de respiración autónoma (SCBA).

Iluminación

Linternas con Norma técnica UL o ATEX La norma ATEX (Atmosphères Explosibles) es una directiva obligatoria de la Unión Europea. Esta directiva se aplica a equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. A diferencia de UL, la clasificación ATEX se basa en Zonas, que indican la frecuencia y duración de la presencia de una atmósfera explosivas.

El kit de Derrames

Para el área de mantenimiento de aviones es un equipo especializado diseñado para responder de forma rápida y segura a fugas o derrames de líquidos peligrosos, principalmente combustible de aviación, aceites hidráulicos y otros fluidos. Su contenido está pensado para la contención, absorción y disposición segura de estos materiales, minimizando el peligro de incendio, explosión y daño ambiental.

Elementos de Protección Personal (EPP)

La seguridad del personal es la prioridad. El kit debe incluir

Guantes de Neopreno

Resistentes a hidrocarburos y otros químicos

Gafas de Seguridad o Careta Facial

Para proteger los ojos de salpicaduras.

Mono o Traje de Protección Química Desechable

Para evitar el contacto del líquido con la ropa y la piel del operario.

Botas de Seguridad

Con suela resistente a hidrocarburos y antideslizante.

Camillas de Plástico Tipo Miller

Es un elemento apto para la extracción e inmovilización de personas afectadas por incidentes en espacios confinados como los tanques de combustible en aeronaves.

Matriz de EPP para el Kit de Derrames

La matriz debe detallar los elementos, su descripción y la justificación de su uso específico ante un derrame de fluidos de aviación (combustible, aceites hidráulicos, etc.).

Tabla 9***Matriz de Selección de EPP***

Parte del Cuerpo	EPP Sugerido	Descripción / Especificación Clave	Justificación Específica (Peligro que Protege)
Manos	Guantes de neopreno	Alta resistencia a la permeación de hidrocarburos, aceites y solventes. Puño largo para protección de muñeca.	Contacto dérmico con líquidos peligrosos (combustible, aceites, fluidos hidráulicos).
Ojos / Cara	Gafas de seguridad o Careta facial	Gafas con sello lateral o monogafas para evitar salpicaduras. Careta resistente a	Salpicaduras o proyección de líquidos químicos o vapores

Parte del Cuerpo	EPP Sugerido	Descripción / Especificación Clave	Justificación Específica (Peligro que Protege)
	completa (visor)	químicos y que cubra todo el rostro.	irritantes.
Cuerpo	Mono o traje de protección química desechable	Material Tyvek (o similar) o tela no tejida laminada, resistente a la penetración de líquidos bajo presión. Debe ser de un solo uso.	Contacto del derrame con la piel y la ropa del operario.
Vías Respiratorias	Respirador de media cara con filtros	Filtros para Vapores Orgánicos o una combinación VO/Gases Ácidos, ya que el combustible y otros fluidos generan vapores.	Inhalación de vapores tóxicos o irritantes generados por el derrame.
Pies	Botas de seguridad	Puntera reforzada y suela de caucho o nitrilo antideslizante y resistente a hidrocarburos.	Resbalones y caídas, contacto con líquidos corrosivos, y protección contra objetos punzocortantes.

Nota. En esta tabla se demuestra los elementos de protección técnica necesarios para mitigar peligros por contacto dérmico o inhalación de sustancias peligrosas como hidrocarburos, solventes y fluidos hidráulicos.

Recursos y Herramientas de Rescate Disponibles en el Área de Mantenimiento

Las herramientas de rescate en el área de mantenimiento están enfocadas principalmente

en la extracción segura de personas y la manipulación de estructuras en caso de un incidente (como un incendio o colapso) y son distintas a las herramientas del kit de derrames, que se enfocan en la limpieza.

Tabla 10

Herramientas de Rescate

Equipo / Herramienta	Función Principal en Rescate (Aviación)	Descripción de Uso y Relevancia
Herramientas de Corte Hidráulico (Tijeras/Cizallas)	Cortar fuselaje y estructuras metálicas de la aeronave para liberar ocupantes.	Esencial para acceder a víctimas atrapadas en cabina o en el cuerpo del avión. Herramientas de rescate especializadas (tipo “Quijada de la vida”).
Herramientas de Expansión/Separación	Separar paneles o abrir estructuras dobladas (puertas, marcos) para crear un espacio de extracción.	Se utilizan junto con las tijeras hidráulicas para forzar la apertura de accesos bloqueados.
Hachas y Palancas de Rescate (Hacha de Bombero)	Apertura forzada de puertas, ventanas o paneles ligeros. Romper materiales compuestos o vidrios.	Herramienta básica para el primer acceso y la remoción de obstáculos menores.
Sierra Sable (Reciprocating Saw)	Cortar rápidamente materiales más blandos como plásticos, fibra de vidrio o láminas de	Útil para crear aberturas de acceso controladas en zonas no estructurales.

Equipo / Herramienta	Función Principal en Rescate (Aviación)	Descripción de Uso y Relevancia
	metal delgadas.	
Equipos de Izaje (Bolsas o Cojines Neumáticos)	Levantar o estabilizar secciones pesadas de la aeronave o trenes de aterrizaje colapsados.	Permiten crear el espacio necesario para liberar a personas atrapadas bajo escombros o piezas pesadas.
Cuerdas, Arnese y Líneas de Vida	Aseguramiento y descenso de personal de rescate o víctimas desde alturas (ej. alas, cola de aeronave).	Necesarios para trabajos en altura o en aeronaves ubicadas en plataformas o andamios de mantenimiento.

Nota. La tabla clasifica el equipo especializado, desde herramientas de corte hidráulico.

Materiales de Contención y Absorción

Barreras Absorbentes

Con forma de cilindro, se utilizan para rodear y contener el derrame, evitando que se propague.

Paños, Almohadillas o Alfombrillas Absorbentes

Para limpiar la superficie del derrame una vez contenido. son altamente absorbentes y diseñados para hidrocarburos.

Absorbente Granulado

Polvo o gránulos especiales que se esparcen sobre el derrame para una absorción más completa, especialmente en superficies irregulares.

Herramientas y Accesorios

Pala y Recogedor Anti-Chispa

Fabricados con materiales que no generan chispas por fricción, para evitar la ignición de los vapores de combustible.

Bolsas de Residuo Peligroso

De color rojo o con una señalización específica, para depositar los materiales contaminados y asegurar su correcta disposición final.

Bridas o Cintas de Amarre

Para cerrar las bolsas de residuos de manera segura.

Linterna Antiexplosiva (Certificación ATEX o UL)

Para trabajar en condiciones de poca luz sin peligro de generar una chispa.

Documentación

Instrucciones de Uso y Protocolo de Emergencia

Un documento claro y conciso que guíe al personal paso a paso en el manejo del derrame.

Etiquetas de Identificación

Para marcar los residuos y facilitar su trazabilidad.

El kit de derrames es solo una parte de un plan de respuesta integral, ya que el personal debe seguir un protocolo estricto:

- Asegurar la Zona

Detener la fuente del derrame (si es posible) y alertar al personal. Acordonar el área para evitar el acceso de personas no autorizadas.

- Usar EPP

El primer paso es colocarse todo el equipo de protección personal.

- Contener el Derrame

Utilizar las barreras absorbentes para rodear el líquido y evitar que se extienda.

- Absorber y Limpiar

Usar los paños y el granulado para limpiar el líquido derramado.

- Disponer los Residuos

Colocar todos los materiales contaminados (paños, barreras, EPP usado) en las bolsas de residuo peligroso, cerrarlas y etiquetarlas.

Reportar y Documentar

Informar del incidente a las autoridades pertinentes y completar el registro de derrame.

Sistema de Rescate en Espacios Confinados Equipos de Extracción y Procedimiento de Rescate

Sistema de Trípode y Winche

Es la herramienta principal para la extracción vertical. El trípode se coloca sobre la boca del tanque y el winche (manual o eléctrico) se usa para subir o bajar al personal.

Arnés de Seguridad

El operario que entra al tanque debe usar un arnés de cuerpo completo.

Líneas de Vida

Cuerdas de seguridad conectadas al arnés y ancladas al winche.

Equipos de Extracción Horizontal

En caso de que la víctima esté en el fondo del tanque, se pueden necesitar camillas de rescate tipo canasta.

Procedimiento de Extracción del Cuerpo

Bajo análisis consideramos que este es el paso más vital y crítico el cual debe ser ensayado previamente.

Extracción en Vertical

Se usa el trípode y el winche. El rescatista, usando su arnés, asegura a la víctima y el equipo de apoyo en el exterior opera el winche para subirla lentamente. El tiempo de extracción debe ser lo más rápido posible, pero siempre de forma segura para evitar lesiones adicionales a la víctima o al rescatista.

Extracción en Horizontal

Si la salida es lateral, se puede usar una camilla de rescate para deslizar a la víctima. Nunca se debe arrastrar a la persona sin protección, pues esto podría agravar sus lesiones.

Tiempo de Reacción

El tiempo es vital en una emergencia; en este caso se sugiere que la capacidad de respuesta debe ser inferior a 10 minutos para que las posibilidades de supervivencia sean mayores. Esto incluye la alerta, la evaluación de la situación y el inicio del rescate.

Primeros Auxilios

Una vez que la víctima ha sido extraída del tanque, el siguiente paso es la atención médica inmediata.

Evaluación Inicial

Revisa el estado de la víctima (consciencia, respiración, pulso).

RCP

Si la persona no respira y no tiene pulso, inicia la reanimación cardiopulmonar (RCP) de inmediato.

Soporte Básico de Vida

Si el personal de rescate está capacitado, pueden administrar oxígeno o realizar maniobras de soporte vital.

El Protocolo de Emergencia debe Seguir la Secuencia PAS

Proteger, Avisar, Socorrer.

Proteger (P)

Aislar la zona: Asegurar que no hay peligros de explosión. Esto significa apagar fuentes de ignición (herramientas eléctricas, celulares, cigarrillos).

Usar EPP: Colocarse el EPP adecuado antes de acercarse a la víctima.

Avisar (A)

Alertar a los servicios de emergencia: Notificar de inmediato al equipo de respuesta interna de la aerolínea o del aeropuerto (bomberos, servicios médicos de emergencia) sobre el incidente.

Socorrer (S)

Inhalación, si la víctima inhaló vapores, trasladarla inmediatamente a un área con aire fresco. Si no respira, iniciar la resucitación cardiopulmonar (RCP) si se tiene la capacitación.

Consideraciones Adicionales

Capacitación y Simulacros

Todo el personal debe recibir formación continua y participar en simulacros regulares para practicar el plan de emergencias.

Coordinación con Entidades Externas

El plan debe incluir números de contacto de servicios de emergencia locales y tener una línea de comunicación clara para solicitar apoyo.

Conclusiones

El desarrollo del presente proyecto aplicado, centrado en el análisis de los peligros inherentes a los espacios confinados en tanques de combustible de aeronaves, permite concluir que la estructuración de la Propuesta del Plan de Emergencia y Rescate constituye una herramienta técnica fundamental para el fortalecimiento de los procesos de promoción y prevención dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) del sector mantenimiento aeronáutico.

Como hallazgo principal de la fase investigativa, se determinó una carencia de protocolos de respuesta específicos y estandarizados para incidentes en tanques de combustible. Esta deficiencia técnica incrementa la vulnerabilidad del personal ante atmósferas inmediatamente peligrosas para la vida y la salud (IDLH), caracterizadas por toxicidad aguda, riesgos de explosividad (LEL) y configuraciones geométricas restrictivas que dificultan la extracción de víctimas.

A través del cumplimiento de los objetivos específicos, se consolidaron los siguientes resultados técnicos

Estandarización procedimental: Se definieron y formalizaron protocolos de seguridad y rescate de alta especificidad, integrando la selección técnica de Equipos de Protección Personal (EPP) y dispositivos de rescate de bajo perfil, optimizando así los tiempos de respuesta operativa.

Validación de competencias: Se estructuró un programa de capacitación integral y un esquema de simulacros de rescate diseñado para validar la operatividad de la propuesta, asegurando la trazabilidad de las acciones del personal técnico y las brigadas de emergencia.

En conclusión, la presente propuesta no solo incrementa la percepción del riesgo en

operaciones de baja frecuencia y alta consecuencia, sino que proporciona una arquitectura operativa tangible para la mitigación de pérdidas humanas y materiales. Desde la perspectiva de la Seguridad y Salud en el Trabajo, esta iniciativa demuestra la eficacia de la planificación preventiva y la innovación procedimental en nichos operativos de alta criticidad dentro de la industria aeronáutica.

Glosario

Atmósferas Peligrosas

Se definen como las condiciones que pueden ser fatales o causar daños graves, desarrollándose y manteniéndose debido a la geometría restringida del EC (Espacio Confinado) y la limitación de ventilación. Incluyen la deficiencia de oxígeno, el peligro de incendio/explosión por vapores inflamables y la presencia de sustancias tóxicas.

Benchmarking

Es el proceso de comparación de procedimientos de mantenimiento y seguridad con otras entidades del sector (como la UAEAC y la PONAL), utilizado para identificar elementos exitosos y adaptables para asegurar que los protocolos estén alineados con los más altos estándares de la industria.

Deficiencia de Oxígeno

Condición atmosférica en la que el nivel de oxígeno es inferior al 19.5% (siendo 20.9% el nivel normal), pudiendo ser fatal por asfixia si se desplaza por gases inertes como el nitrógeno o el argón.

Elementos de Protección Personal (EPP)

Los EPP son los equipos fundamentales para mitigar los peligros en espacios confinados de aeronaves, incluyendo protección respiratoria (SCBA o aire suministrado), trajes antiestáticos resistentes a químicos, y equipos de rescate como arneses.

Entrante (Authorized Entrant)

Es el trabajador capacitado que accede al espacio confinado para realizar una tarea específica.

Espacio Confinado (EC)

Recinto que no está diseñado para la ocupación continua, ya que posee medios de entrada y salida restringidos o limitados, y es lo suficientemente grande para que un trabajador pueda entrar. Son peligrosos por la posibilidad de contener una atmósfera tóxica, inflamable o deficiente en oxígeno.

Estratificación Atmosférica

Fenómeno dentro de un espacio confinado donde gases con diferentes densidades se acumulan en distintos niveles (por ejemplo, vapores de combustible, más pesados que el aire, en las zonas bajas). Requiere que la medición de la atmósfera se haga en la parte superior, media e inferior del espacio.

IDLH (Peligro Inminente para la Vida y la Salud)

Nivel de peligro que se presenta cuando la concentración de oxígeno es inferior al 10%, o existe la posibilidad de exposición inmediata a vapores tóxicos o explosivos, requiriendo la evacuación y el rescate inmediato.

Intoxicación (en EC Aeronáuticos)

Afección fisiológica causada por la exposición a contaminantes químicos residuales (como Hidrocarburos Aromáticos: Benceno, Tolueno, Xileno) o generados por la tarea de mantenimiento (vapores de disolventes orgánicos, isocianatos, monóxido de carbono), que actúan como neurotóxicos o irritantes del sistema respiratorio.

Límite Inferior de Inflamabilidad (LII)

Concentración mínima de vapores de combustible (Jet-A, Avgas) en el aire por encima de la cual existe peligro de incendio o explosión. La prevención requiere mantener este límite por debajo del 10%.

LOTO (Aislamiento y Bloqueo)

(Lockout/Tagout) Procedimiento de aislamiento y bloqueo para prevenir la liberación accidental de combustible o energía (hidráulica, eléctrica), el cual debe ser verificado por el Supervisor de Entrada.

Plan de Emergencia y Rescate

Protocolo estructurado cuyo fin primordial es establecer procedimientos claros y eficientes para actuar ante cualquier emergencia dentro de un espacio confinado, garantizando la seguridad de los técnicos y optimizando la respuesta ante incidentes de alto peligro. Es una exigencia crítica para cumplir con las normativas de seguridad laboral.

SG-SST (Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo)

Sistema de gestión exigido por el Decreto 1072 de 2015, bajo el cual el trabajo en espacios confinados debe ser identificado como una Tarea de Alto peligro y debe contar con procedimientos documentados y divulgados.

Supervisor de Entrada (Entry Supervisor)

Persona responsable de autorizar, supervisar y controlar las operaciones de ingreso al espacio confinado. Debe verificar el cumplimiento de todos los pasos del permiso de entrada y es el punto focal para activar el plan de emergencia formal.

Tanques Aeronáuticos

Compartimientos estructurales (a menudo integrados en las alas o el fuselaje de la aeronave) utilizados para almacenar combustible y a los que el personal debe acceder para tareas de inspección o mantenimiento, enfrentando el peligro inherente de atmósferas explosivas o asfixiantes.

Vigía (Attendant/Guardian)

Rol de seguridad crítica que permanece fuera de la abertura del espacio confinado durante toda la operación. Su función es monitorear continuamente la atmósfera (lecturas del equipo multigás), mantener comunicación con el Entrante y activar la alarma de emergencia si detecta una alteración o condición peligrosa.

Referencias Bibliográficas

- International Air Transport Association. (2019). Safety risk management manual: Guide to chemical hazards in aircraft maintenance. Autor.
- Ministerio del Trabajo. (2020). Resolución 0491 de 2020: Por la cual se establece el reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Alcaldía Mayor de Bogotá. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=90906>
- Ministerio del Trabajo. (2020, febrero 24). Resolución 0491 de 2020: Por la cual se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajos en espacios confinados y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No.51.238.[https://sidn.ramajudicial.gov.co/SIDN/NORMATIVA/TEXTOS_COMPLETOS/8_RESOLUCIONES/RESOLUCIONES%202020/MT%20Resoluci%C3%B3n%20491de%202020%20\(Seguridad%20en%20trabajos%20en%20espacios%20confinados\).pdf](https://sidn.ramajudicial.gov.co/SIDN/NORMATIVA/TEXTOS_COMPLETOS/8_RESOLUCIONES/RESOLUCIONES%202020/MT%20Resoluci%C3%B3n%20491de%202020%20(Seguridad%20en%20trabajos%20en%20espacios%20confinados).pdf)
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). Criteria for a recommended standard: Working in confined spaces (Publication No. 80-106). Centers for Disease Control and Prevention.<https://www.cdc.gov/niosh/docs/80-106/default.html>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). Permit-required confined spaces (29 CFR 1910.146). U.S. Department of Labor.<https://www.osha.gov/lawsregs/regulations/standardnumber/1910/1910.146>
- Occupational Safety and Health Administration. (s.f.). Confined spaces. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/confined-spaces>
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (s.f.). Safety Management Manual (SMM). Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1072 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Diario

Oficial No. 49.507.

Apéndices

Apéndice A

Análisis de Amenazas de la Empresa

TECNOLÓGICOS

Análisis de Amenazas

AMENAZA	INTERNO	EXTERNO	FUENTE DE RIESGO	CALIFICACIÓN	COLOR
Fallas estructurales	<input checked="" type="checkbox"/>		Cumple con el código nacional de sismo resistencia Colombiano NSR, se necesita validar el estado de la edificación con personal calificado, algunas partes son descubiertas y no cuentan con peligrosidad de caídas de estructura, columnas en otras partes fuertes y resistentes sin evidencia de grietas	Posible	
Fallas no estructurales	<input checked="" type="checkbox"/>		Se presentan un manejo aceptable de sus componentes no estructurales los cuales presentan un adecuado mantenimiento, pero pueden sufrir alteraciones por eventos propios de la naturaleza y fatiga del material.	Probable	
Fallas en equipos y sistemas	<input checked="" type="checkbox"/>		Cuenta con una gran variedad de equipos energizados como computadoras, impresoras, fotocopiadoras y equipos de oficina para el desarrollo de sus procesos productivos, los cuales pueden sufrir daños que afecten la funcionalidad de las actividades que allí se realizan, por efectos propios de uso y deterioro progresivo.	Probable	
Incendio y/o Explosión	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se presenta una carga combustible que puede afectar las zonas de limpieza y protocolos necesarios, varias zonas cuentan con insumos inflamables lo que hace la necesidad de buenos protocolos	inminente	
Materiales químicos peligrosos	<input checked="" type="checkbox"/>		Se cuenta con materiales peligrosos que pueden generar efectos colaterales y emergencias (fuga y/o derrame) por su almacenamiento, manipulación y disposición final.	Probable	
Tareas de alto riesgos	<input checked="" type="checkbox"/>		Se realizan tareas de alto riesgo como son trabajo en alturas, espacios confinados, trabajos en caliente	Probable	



ANÁLISIS DE AMENAZAS EMPRESA

AMENAZA	INTERNO	EXTERNO	FUENTE DE RIESGO	CALIFICACIÓN	COLOR
NATURALES					
Movimientos sísmicos		<input checked="" type="checkbox"/>	Según el Mapa de MICROZONIFICACIÓN SISMICA DE BOGOTÁ elaborado el Servicio de Geología colombiano. Se puede determinar es posible una manifestación sísmica en la empresa	Posible	
Lluvias torrenciales		<input checked="" type="checkbox"/>	No se presenta lluvias torrenciales frecuentes ni posibles filtraciones en los sótanos del edificio.	Probable	
Granizadas		<input checked="" type="checkbox"/>	están expuesto a los cambios de clima que ha traído consigo alteraciones en las condiciones ambientales en Bogotá y estas pueden volver a tener un periodo de retorno, el grado destructivo del granizo depende de la intensidad, duración y del área de afectación.	Probable	
Inundación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A la fecha no se han reportado inconvenientes por inundaciones generadas por lluvias o fracturas de tuberías internas.	Posible	
Caída de rayos		<input checked="" type="checkbox"/>	Colombia es uno de los países con más actividad de descargas eléctricas atmosféricas en el mundo La empresa NO se encuentra en una zona vulnerable frente a la caída de rayos.	Posible	
Vientos fuertes		<input checked="" type="checkbox"/>	Existe la amenaza de los vientos fuerte en los meses de Julio y agosto los cuales pueden generar eventos adversos en los elementos no estructurales del edificio que no se encuentren suficientemente asegurados y anclados a la estructura del edificio como son las antenas, o vidrios de los pisos altos.	Probable	

Apéndice B

Matriz de Riesgos

	Peligro	Actividad / fuente	Consecuencia potencial	Controles existentes	Probabilidad (1-5)	Severidad (1-5)	P*S	Nivel de riesgo	Controles adicionales recomendados	Responsable	Verificación / frecuencia
1	Incendio / explosión por vapores de combustible	Apertura, limpieza o reparación de tanques; transferencia de combustible	Quemaduras, muerte, daño a aeronave e instalaciones	Prohibición de fuentes de ignición, extintores cercanos, señalización	4	5	20	Muy alto (crítico)	Permiso de trabajo en caliente, puesta a tierra, monitoreo LEL, ventilación forzada, brigada contra incendios.	Jefe mantenimiento / Brigada contra incendios	Detección continua durante trabajo; inspección previa
2	Inhalación de vapores / toxicidad	Trabajos internos en tanques, limpieza con solventes	Mareo, pérdida de conciencia, lesiones por inhalación crónica	Ventilación natural, uso puntual de respiradores	4	4	16	Alto	Monitorización atmosférica continua, respirador o SCBA, ventilación forzada, formación.	Supervisor de turno / Salud ocupacional	Medición continua; revisión semanal equipos
3	Entrada en espacio confinado	Inspección interna, perforaciones	Asfixia, intoxicación, muerte	Procedimientos básicos de entrada, señalización	3	5	15	Alto	Permiso de entrada, detector multigás, ventilación, vigilancia externa, arnés, entrenamiento.	Supervisor + oficial de seguridad	Permiso por entrada; comprobación antes de cada entrada
4	Chispa por electricidad estática	Transferencia de combustible, limpieza, movimiento de piezas	Ignición de vapores	Uso de EPP antiestático ocasional	3	5	15	Alto	Conexión a tierra, calzado antiestático, herramientas anti-chispa.	Jefe de mantenimiento	Verificar conexión a tierra antes de cada operación
5	Derrame / contaminación ambiental	Fugas durante llenado o mantenimiento	Contaminación, riesgo resbalones, multas ambientales	Bandejas/recogedores pequeños, kits de absorción básicos	3	4	12	Alto	Plan de respuesta a derrames, kits de absorción suficientes, formación ambiental.	Responsable ambiental + mantenimiento	Inspección pre/post tarea; simulacros semestrales
6	Contacto cutáneo con combustible y solventes	Manejo y limpieza	Dermatitis, irritación, absorción sistémica	Guantes básicos, lavado	4	3	12	Alto	Guantes resistentes, protección ocular, vestuario impermeable, SDS disponibles.	Jefe de área / Salud ocupacional	Revisión diaria de EPP

7	Caidas desde altura	Acceso a tanques, plataformas de trabajo	Fracturas, lesiones graves	Barandas parciales, escaleras fijas	3	4	12	Alto	Arnés, líneas de vida, inspección de plataformas, procedimientos de altura.	Supervisor de mantenimiento	Inspección previa por tarea
8	Esfuerzo físico / manipulación manual	Movilización de repuestos, tapas, herramientas	Lesiones musculoesqueléticas	Carretillas básicas	4	3	12	Alto	Uso de ayudas mecánicas, pausas, rotación de tareas, formación en ergonomía.	Jefe de área	Observación semanal; registro de incidentes
9	Ruido / vibración	Uso de herramientas extractoras de combustible	Pérdida auditiva, poca ventilación a la hora de ejercer la extracción de combustible	Tapones o protectores auditivos disponibles	4	2	8	Medio	Evaluación de ruido, uso obligatorio de EPP auditivo, mantenimiento de equipos.	Salud ocupacional	Monitoreo de ruido; audiometrías anuales
10	Fallo de herramienta / proyección de partículas	Uso de herramientas especializada para medir los niveles de (VOCs)	Lesiones respiratorias, dermatológicas.	Uso de gafas de seguridad ocasional	3	3	9	Medio	Inspección de herramientas, pantallas protectoras, EPP facial.	Encargado de taller	Control antes de uso; registros de mantenimiento
11	Riesgo eléctrico	Pruebas eléctricas, cortocircuitos	Electrocución, incendios	Desconexión básica	2	4	8	Medio	LOTO, equipos con certificación, EPP dieléctrico, formación eléctrica básica.	Técnico eléctrico / Supervisor	Auditoría trimestral LOTO
12	Trabajo aislado / falta de comunicación	Tareas en horario diurno o aisladas	Retraso en rescate, empeoramiento de lesiones	Check-in informal	3	4	12	Alto	Prohibir trabajo en solitario, sistema de radio o check-in/out obligatorio.	Jefe de turno	Verificación diaria de comunicaciones

Apéndice C

Plan de Rescate & Plan de Emergencia

