

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1. ANTECEDENTES

1.1. Antecedentes previos y casos relevantes

La información específica sobre incendios recientes en fábricas de alimentos en Tarija es limitada. Sin embargo, es importante destacar que en Bolivia sí se registraron casos de incendio o explosión en distintas fábricas e instituciones.

A continuación, una lista de los eventos más importantes de los últimos 5 años:

a) Incendio en Fábrica de Plásticos en Sacaba (Cochabamba, 2024)

Se registró un incendio el 2 de octubre de 2024, que requirió un fuerte despliegue de bomberos y la evacuación preventiva de viviendas cercanas. Causas del incendio aun siendo investigadas. (ElDeber, 2020)

b) Incendio en el Parque Industrial Latinoamericano (Santa Cruz, 2020)

En 2020, que generó riesgo de explosiones y puso en evidencia la necesidad de fortalecer las medidas de seguridad industrial en complejos fabriles. (ElDeber, 2025)

c) Explosión en el Ministerio de Trabajo de Tarija (Enero 2025)

A inicios de enero del 2025, provocada por la acumulación de gas en un ambiente interior y la posterior activación de un interruptor eléctrico, con daños materiales significativos y personas heridas. (OpiniónBolivia, 2025)

1.2. Antecedentes empresariales de la fábrica

1.2.1. Antecedentes históricos de la empresa

La Industria de Alimentos RUBAL S.R.L. fue fundada en 2007 con la misión de producir galletas para el desayuno escolar, con un enfoque en ofrecer productos

alimenticios de alto valor nutricional para los estudiantes en etapa de desarrollo. El primer producto que la empresa lanzó al mercado fue las Galletas Chispitas, en 2010, un producto fortificado con harina de soya y chispas de chocolate. Este producto fue muy bien recibido por los consumidores, lo que permitió a RUBAL consolidarse como un actor relevante en el mercado de alimentos en Bolivia.

Figura 1

Logo de la Fábrica de Alimentos RUBAL



Nota: Empresa RUBAL S.R.L.

Gracias al éxito de las Galletas Chispitas, la empresa comenzó a diversificar su oferta de productos, expandiendo su línea para incluir otros productos como Galletas Saboritas, Galletas Marys, Chiaven, Refresco Fress, Granola, Galletas Maicitas, y Chocomon. Estos productos fueron clasificados en diferentes líneas de producción, como galletas, cereales y productos en polvo instantáneo, lo que permitió a RUBAL llegar a diferentes mercados y satisfacer diversas necesidades alimenticias. En poco tiempo, los productos de RUBAL comenzaron a distribuirse en toda la región, estando presentes en las principales cadenas de supermercados y en mercados locales de diferentes provincias del país, como Tarija, Santa Cruz, Cochabamba, La Paz, Chuquisaca y Potosí.

En 2020, durante la crisis global provocada por la pandemia de COVID-19, RUBAL se vio obligada a suspender sus operaciones debido a las restricciones

sanitarias y la crisis económica. Sin embargo, en 2021, la empresa reanudó sus actividades de manera intermitente, superando los desafíos impuestos por la pandemia y la crisis económica. Este esfuerzo le permitió restablecerse como una entidad rentable, adoptando estrategias para adaptarse a las nuevas condiciones del mercado y manteniendo su compromiso con la calidad y el valor nutricional de sus productos.

Actualmente, RUBAL continúa con su plan de expansión y crecimiento, con el objetivo de llevar sus productos a más consumidores tanto en el mercado nacional como internacional. La empresa sigue enfocada en mejorar la calidad de vida de las personas a través de su oferta de productos alimenticios nutritivos, y con el compromiso de seguir cumpliendo con las normativas de calidad e inocuidad alimentaria.

1.2.2. Misión

Mejorar la calidad de vida de las personas y familias buscando satisfacer las necesidades para una alimentación más saludable poniendo a disposición productos alimenticios elaborados con materias primas de alto valor nutritivo, y con todas las normas de calidad e inocuidad.

1.2.3. Descripción de la empresa

Nombre de la empresa: Industria de Alimentos RUBAL S.R.L.

NIT: 5003163011

R.S.: SENASAG 09-02-03-06-0008

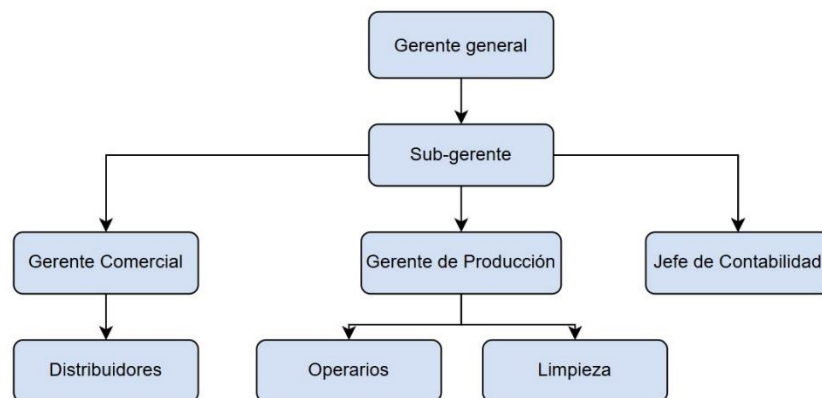
Eslogan: Calidad que alimenta

Ubicación: Tarija- Cercado: B/Simón Bolívar – Av. Simón Bolívar S/N – Zona de Morros Blancos.

Figura 2*Ubicación de la empresa RUBAL*

Nota: Imagen de la ubicación de la fábrica. Fuente: Google Maps (2025)

Organización: Se basa en 3 áreas fundamentales, que son: Administración, Producción y Comercialización, cada área cumple con su rol y tiene su respectivo personal.

Figura 3*Organigrama de la empresa RUBAL*

Nota: Elaboración propia y dada por la empresa RUBAL S.R.L.

1.3. Identificación del problema

La fábrica de alimentos RUBAL S.R.L., ubicada en la ciudad de Tarija, desarrolla procesos de producción que involucran el uso de hornos a gas, equipos eléctricos, manipulación de polvos combustibles (harina, azúcar, cacao, entre otros) y almacenamiento de materias primas y productos terminados en ambientes cerrados. Estas características operativas generan condiciones intrínsecas de riesgo de incendio y explosión que requieren controles específicos y una gestión sistemática de la seguridad contra incendios.

Sin embargo, el diagnóstico preliminar de la planta evidencia que la empresa no cuenta con un plan formal de seguridad contra incendios ni con sistemas de protección acordes con las exigencias del Reglamento SIPPCI y las normas bolivianas vigentes. Se identifican, entre otras deficiencias, la ausencia de sistemas de detección temprana y alarma, la inexistencia de un sistema fijo de protección contra incendios, un mantenimiento predominantemente correctivo de los equipos e instalaciones (hornos, sistema de gas, sistema eléctrico), así como prácticas inadecuadas de almacenamiento de materiales inflamables cerca de posibles fuentes de ignición.

A ello se suma una cultura de seguridad limitada: no se dispone de procedimientos internos claros para la atención de emergencias, la capacitación del personal en prevención y respuesta ante incendios es esporádica y no se realizan simulacros de evacuación de manera regular. En conjunto, estas condiciones incrementan la probabilidad de ocurrencia de un incendio y la severidad de sus consecuencias, tanto para la integridad de los trabajadores como para la continuidad operativa y la estabilidad económica de la empresa.

1.4. Planteamiento del problema

El proceso de producción en la fábrica RUBAL S.R.L. incluye el uso de hornos a gas, mezcladoras industriales y el almacenamiento de materias primas inflamables,

tales como harina, azúcar y aceites, además de un almacén de insumos que contiene empaques y plásticos. Estas condiciones operativas presentan vulnerabilidades significativas que requieren atención urgente para evitar riesgos graves, como incendios o explosiones. Las conexiones entre las máquinas y las salidas o ingresos del gas de combustión representan un riesgo significativo, ya que estas conexiones no están adecuadamente supervisadas y forman parte directa del funcionamiento de hornos, cocinas y otros equipos térmicos. La ausencia de detectores de gas agrava esta situación, ya que no existe un sistema de alerta temprana en caso de fugas.

El sistema eléctrico presenta fallas visibles, como cableado expuesto y dispositivos de protección defectuosos, aumentando la probabilidad de cortocircuitos. Estos fallos, combinados con la presencia de atmósferas inflamables, podrían desencadenar incendios. A su vez, la fábrica no cuenta con un plan de seguridad contra incendios, y la falta de información sobre la necesidad de un sistema adecuado de prevención ha permitido que persistan deficiencias críticas. Entre las más notorias están la inexistencia de rociadores automáticos, alarmas de detección de humo, calor o gas, y la insuficiencia de extintores en las áreas críticas. Tampoco se dispone de un sistema automatizado de monitoreo que permita detectar anomalías como fugas de gas, variaciones de presión o acumulación de vapores inflamables, lo cual aumenta notablemente el riesgo de incidentes.

La falta de válvulas de gas colocadas estratégicamente, tanto en las líneas principales como en los equipos, es otro factor que podría agravar cualquier emergencia de manera crítica. Además, se ha identificado una deficiencia general en los conocimientos sobre seguridad contra incendios entre los operadores y el personal de la fábrica, ya que no se realizan simulacros de emergencia ni entrenamientos adecuados sobre evacuación o protocolos de respuesta. Esto podría resultar en una evacuación desorganizada y en pánico en caso de una emergencia real.

En este contexto, la fábrica RUBAL S.R.L. necesita cumplir con varias normativas de seguridad industrial, algunas de las cuales, son fundamentales para garantizar un entorno seguro. Entre estas se incluyen el Decreto Supremo N° 2995 (SIPPCI), la NFPA 61 (prevención de incendios por polvos combustibles), la NFPA 54 (instalaciones de gas), la NB 777 (instalaciones eléctricas) y las normas NB 58001 y NB 50002, que establecen requisitos cruciales para la prevención y control de incendios en ambientes industriales.

Las consecuencias de estas deficiencias abarcan múltiples ámbitos. En primer lugar, existe un riesgo directo para la integridad física del personal, con posibilidad de lesiones graves o incluso consecuencias fatales en caso de un incidente. Asimismo, se prevén pérdidas económicas importantes debido a daños estructurales, paralización de la producción y gastos asociados con atención médica o compensaciones. Además, la fábrica corre el riesgo de incumplir normativas legales, lo que podría resultar en sanciones, daños a la reputación corporativa o incluso el cierre parcial o total de las operaciones en un caso grave.

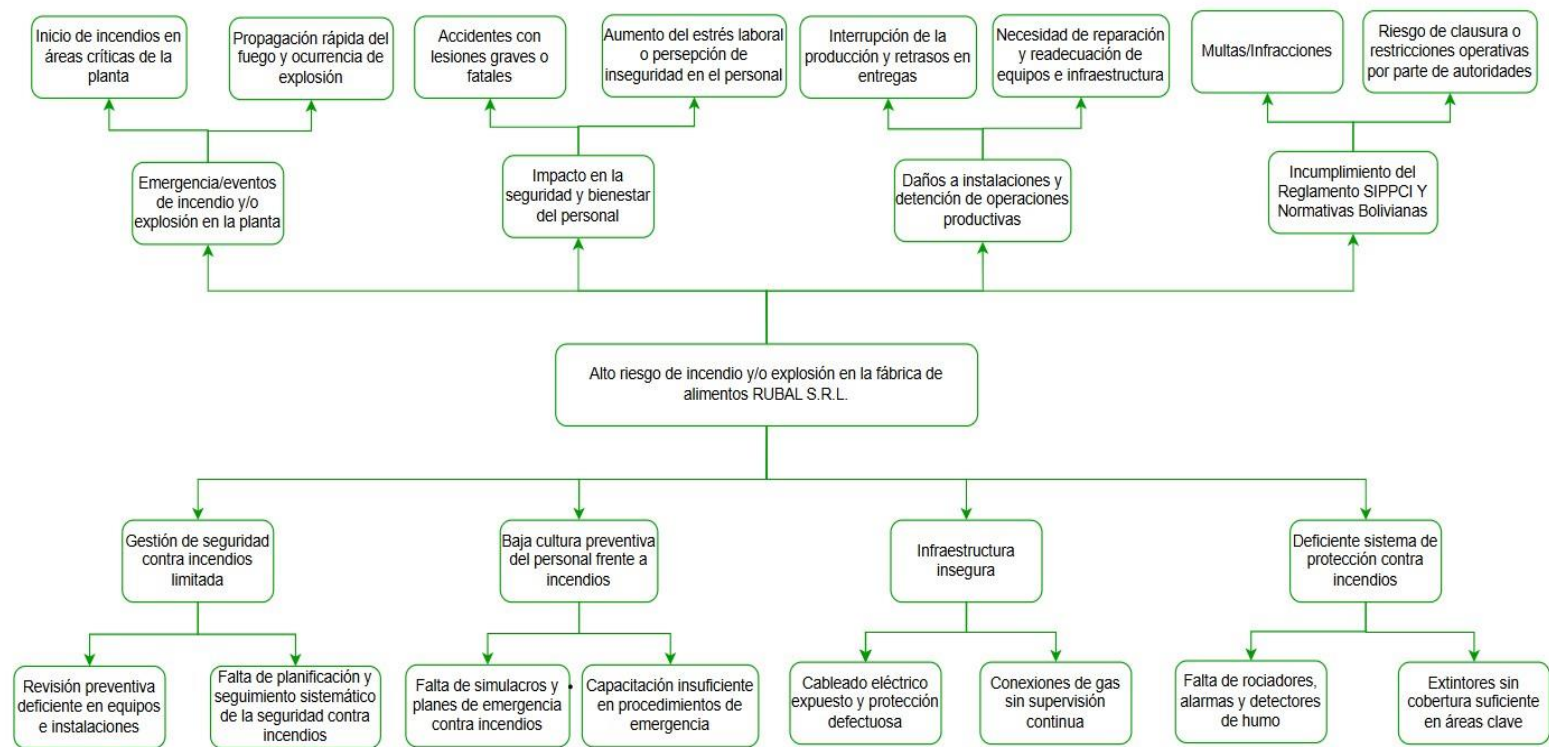
1.4.1. Formulación de pregunta

¿De qué manera un plan contra incendios se relaciona con la reducción de riesgos de incendio en la fábrica de alimentos RUBAL, considerando las condiciones actuales de la empresa?

1.5. Árbol de problemas

Figura 4

Árbol de problemas

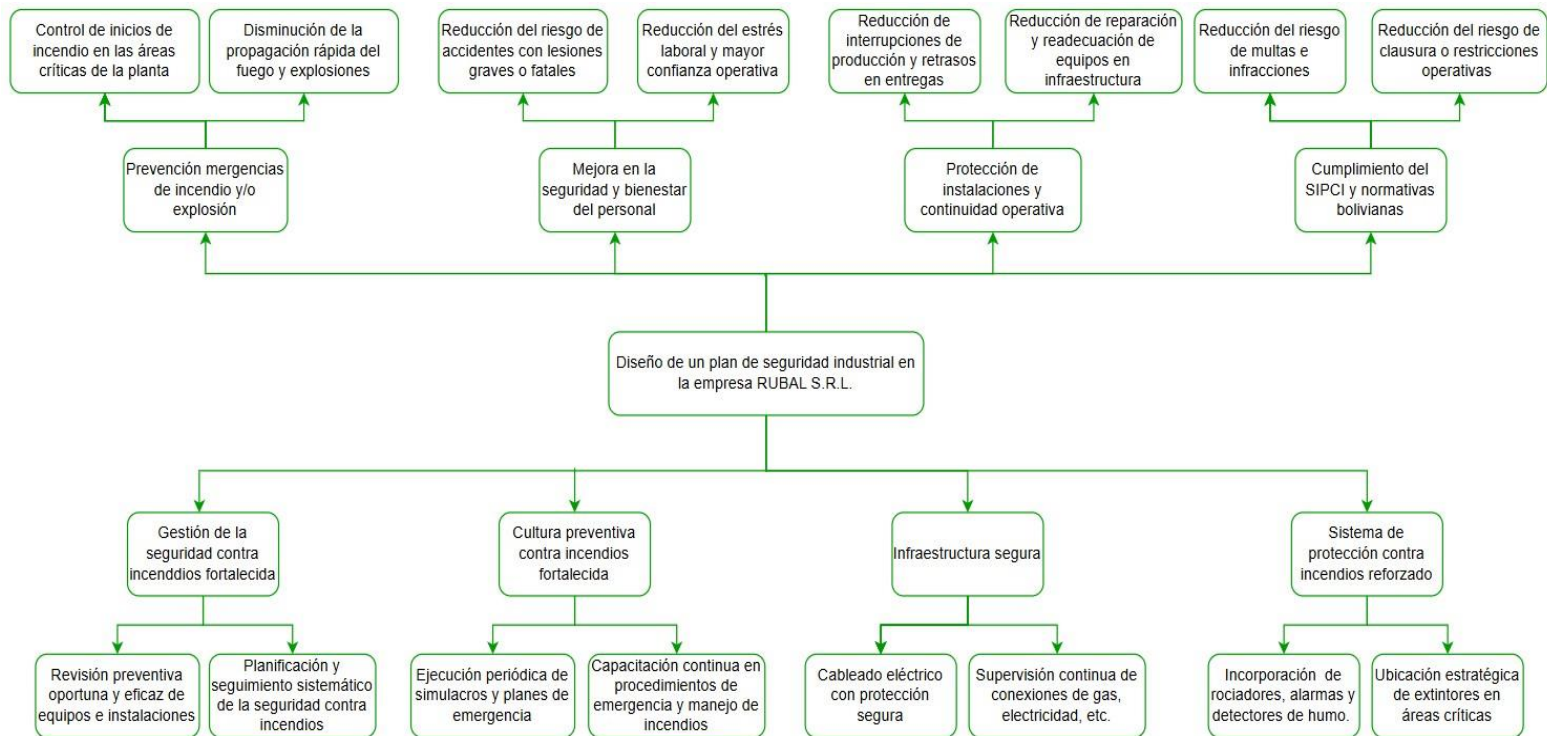


Nota: Árbol de problemas. Elaboración propia

1.6. Árbol de Soluciones

Figura 5

Árbol de Soluciones



Nota: Árbol de soluciones. Elaboración propia

1.7.Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Diseñar un plan contra incendios para la fábrica de alimentos RUBAL S.R.L., ubicada en Tarija, que integre un sistema de protección fijo, detección y de alarma, permitiendo prevenir, detectar y responder eficazmente ante incendios en las áreas de la fábrica, en cumplimiento del Reglamento SIPPPI y normativas bolivianas.

1.7.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones actuales de seguridad contra incendios en la fábrica de alimentos RUBAL S.R.L., identificando peligros, deficiencias y sistemas existentes mediante visitas de campo, listas de verificación y análisis de accesibilidad, señalización y materiales de construcción, con base en el Reglamento SIPPPI y la normativa boliviana aplicable.
- Determinar y cuantificar la carga de fuego, procesos críticos y el nivel de riesgo de incendio en la fábrica RUBAL S.R.L., utilizando la metodología de la NB 50005 y los criterios del SIPPPI como insumo para definir los requerimientos mínimos de protección contra incendios.
- Dimensionar y diseñar el sistema fijo de protección contra incendios, el sistema de detección y alarma y los equipos portátiles de extinción de la fábrica de alimentos RUBAL S.R.L., mediante el cálculo de los parámetros de diseño en las áreas de la planta, en cumplimiento del Reglamento SIPPPI y de las normas bolivianas de prevención y protección contra incendios.
- Evaluar la viabilidad económica del plan contra incendios diseñado, estimando la inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento, los costos de no implementación y los indicadores RBC, VAN y ROI para un horizonte de 10 años, con el fin de respaldar la toma de decisiones de la empresa.

1.8. Justificación

El presente proyecto se justifica desde diferentes perspectivas, dada la necesidad crítica de mejorar la seguridad industrial en la fábrica de alimentos RUBAL, ubicada en la ciudad de Tarija, considerando el posible riesgo de incendios y explosiones.

1.8.1. Justificación Académica

Desde el ámbito académico, este trabajo representa una oportunidad significativa para aplicar conocimientos teóricos y metodológicos adquiridos durante la formación profesional del estudiante de Ingeniería Industrial. Permite integrar conceptos de análisis de riesgos, normativas de seguridad, diseño de sistemas de protección y gestión preventiva, en un entorno real y con impacto tangible. Además, contribuye al cuerpo de conocimiento sobre seguridad industrial en el sector alimentario, un campo con escasa documentación específica en Bolivia, abriendo camino para investigaciones futuras y propuestas de mejora en industrias similares.

1.8.2. Justificación Técnica

Técnicamente, el proyecto responde a una necesidad crítica en la fábrica: gestionar eficazmente los riesgos asociados al uso de hornos a gas, polvos combustibles, cableado eléctrico en mal estado y almacenamiento de materiales inflamables. La implementación de un plan contra incendios, basado en normas nacionales e internacionales, permitirá establecer mecanismos de prevención, detección y respuesta ante emergencias. El proyecto busca optimizar la infraestructura técnica existente y sugerir la corrección de deficiencias mediante soluciones como la instalación de detectores de gas, alarmas, válvulas de cierre automático y rociadores automáticos.

1.8.3. Justificación Legal

En el plano legal, la propuesta se alinea con el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales que rigen la seguridad industrial contra incendios. En Bolivia, si bien muchas de estas regulaciones aún no son obligatorias, la adopción proactiva de normas como la NB 777 (instalaciones eléctricas), la NB 58001 (detección de incendios) y la Ley General de Seguridad y Salud en el Trabajo es esencial para evitar sanciones, garantizar condiciones laborales seguras y proteger la integridad física del personal. El proyecto asegura que la empresa opere dentro del marco legal, reduciendo la exposición a demandas, multas o clausuras.

1.8.4. Justificación Económica

Desde una perspectiva económica, el desarrollo e implementación de este sistema permitirá a RUBAL prevenir pérdidas significativas derivadas de incendios: daños a infraestructura, interrupciones en la producción, pérdida de materia prima, y afectaciones a la reputación empresarial. Invertir en prevención representa un ahorro a mediano y largo plazo, al evitar consecuencias que podrían comprometer la sostenibilidad financiera de la empresa. Asimismo, una fábrica que demuestra cumplimiento normativo y seguridad operativa mejora su competitividad frente a otras del sector, y genera confianza entre sus clientes, proveedores y trabajadores.

1.8.5. Justificación Personal

Finalmente, a nivel personal, este proyecto fortalece el perfil profesional del estudiante al enfrentarse a un desafío real del entorno industrial. Implica asumir responsabilidades en el diagnóstico, diseño, planificación y evaluación de sistemas de seguridad, desarrollando habilidades en gestión de riesgos, pensamiento crítico, liderazgo técnico y toma de decisiones. El trabajo promueve también el compromiso ético con la seguridad laboral, preparando al estudiante para aportar soluciones de valor

en su futuro profesional y desempeñarse con excelencia en el área de ingeniería industrial.

1.9. Diseño metodológico

1.9.1. Enfoque de investigación

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, ya que se apoya en la medición y análisis de variables técnicas (carga de fuego, caudales, presiones, tiempos de autonomía, coberturas, etc.) para dimensionar los sistemas de protección contra incendios en la planta de alimentos RUBAL S.R.L.

1.9.2. Tipo y alcance de la investigación

De acuerdo con el alcance, la investigación es de tipo:

- Exploratoria, porque se recopila información directamente del entorno laboral para identificar peligros, deficiencias y necesidades de protección contra incendios que no habían sido previamente estudiadas ni documentadas en la empresa
- Descriptiva, porque caracteriza las áreas, procesos productivos, condiciones constructivas y de seguridad contra incendios de la planta, así como el grado de cumplimiento del Reglamento SIPPCI y de las normas bolivianas aplicables.

1.9.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es:

- No experimental, no se manipulan las variables de estudio; se observa la situación real de la planta en sus condiciones habituales de operación.

- Transeccional (transversal), porque la recolección de datos se realiza en un periodo de tiempo determinado, con el objetivo de obtener un “retrato” del estado de la seguridad contra incendios.
- De campo, porque la información principal se obtiene directamente en las instalaciones de la fábrica de alimentos RUBAL S.R.L., a través de visitas técnicas y observación in situ, complementadas con revisión documental y normativa.

1.9.4. Población y muestra

La población de estudio está constituida por la totalidad de la infraestructura física y operativa de la fábrica RUBAL S.R.L., comprendiendo las áreas de producción, zonas de almacenamiento de materias primas y productos terminados, áreas de apoyo, servicios auxiliares y principales rutas de circulación, en las cuales se desarrollan los procesos productivos y las actividades de soporte asociadas.

Dado que el análisis abarca el universo completo de espacios y procesos relevantes de la planta, no se define una muestra estadística, sino que se adopta un enfoque censal, evaluando integralmente todas las áreas con incidencia en la gestión del riesgo de incendio y en el diseño del sistema de protección contra incendios.

1.9.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

- Observación directa en planta.
- Medición y toma de datos in situ (dimensiones de áreas, alturas, recorridos de evacuación, ubicación de equipos, condiciones constructivas, etc.).
- Revisión documental (Reglamento SIPPCI DS-2995, normas aplicables).

Instrumentos de recolección de datos

- Listas de verificación basadas en el Reglamento SIPPCI y normas NB, para evaluar accesos, rutas de evacuación, señalización y medios de protección contra incendios.
- Formularios de levantamiento de información, para registrar superficies, materiales, cargas de fuego, características de los procesos y equipos existentes.
- Matriz de riesgos y carga de fuego según NB 58005, para clasificar áreas y establecer su nivel de riesgo.
- Registro fotográfico y croquis/planos esquemáticos de las áreas evaluadas, como soporte gráfico para el análisis y el diseño de los sistemas.

1.9.6. Procedimiento metodológico

El procedimiento seguido en la investigación se puede resumir en las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica y normativa sobre protección contra incendios en edificaciones industriales, Reglamento SIPPCI y normas NB aplicables.
- Visitas técnicas y levantamiento de información en planta, mediante observación directa, mediciones, aplicación de listas de verificación.
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos, incluyendo la determinación de carga de fuego, clasificación de áreas según NB 50005 y revisión del estado actual de la señalización y medios de protección.
- Procesamiento y análisis de los datos obtenidos, para establecer los requerimientos de diseño del sistema fijo de protección, del sistema de detección y alarma y de los equipos portátiles de extinción.
- Dimensionamiento y diseño de las propuestas de sistemas contra incendios, ajustadas a la realidad constructiva y operativa de la planta.

1.10. Alcance

El presente proyecto abarca el diseño de un plan contra incendios de RUBAL S.R.L., ubicada en Tarija, incluyendo medidas de control de riesgos, señalización, procedimientos internos de emergencia y sistemas de protección contra incendios, de acuerdo con los lineamientos de la normativa bolivianas y el SIPPCI DS-2995.

El proyecto incluirá:

- La identificación y evaluación de riesgos en todas las áreas de la planta.
- Recomendaciones técnicas para la reducción y control de riesgos.
- Propuesta de distribución de detectores, extintores y señalización.
- Procedimientos de emergencia, evacuación y manejo de incendios.
- Estimación del presupuesto, costos de operación del plan contra incendios.

No se incluye la implementación física de los sistemas propuestos.

1.11. Convención numérica

En el presente documento se utiliza la coma (,) como separador decimal y el punto (.) como separador de miles en todas las magnitudes numéricas (por ejemplo: 1.000,50 L/min).

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Términos y definiciones

Prevención de incendios

Conjunto de acciones planificadas orientadas a evitar la iniciación del fuego, mediante el control de las fuentes de ignición, el orden y limpieza, la adecuada selección de materiales y la gestión de la carga de fuego en las áreas de trabajo. (UNIFRANZ, s.f.)

Protección contra incendios

Medidas de carácter técnico, organizativo para limitar el desarrollo y consecuencias de un incendio ya iniciado, incluyendo sistemas de detección y alarma, extinción, planes de emergencia y rutas de evacuación. (prevencion.asepeyo, s.f.)

Fuego

Reacción química de oxidación rápida de un material combustible, que libera calor, luz y productos de la combustión; requiere la presencia simultánea de combustible, comburente y fuente de calor (triángulo del fuego). (NFPA921, 2024)

Combustión

Proceso químico de oxidación exotérmica en el que un combustible reacciona con un comburente, generando calor, gases y, en muchos casos, llama visible y humo. (NFPA921, 2024)

Clases de fuego

Clasificación según la naturaleza del combustible que interviene:

- Clase A: sólidos que forman brasa (madera, papel, cartón).

- Clase B: líquidos inflamables, combustibles y gases.
- Clase C: equipos y tableros eléctricos energizados.
- Clase D: metales combustibles.
- Clase K: aceites y grasas de origen animal o vegetal. (SIPPCI, 2021)

Riesgo de incendio

Combinación de la probabilidad de ocurrencia de un incendio y la magnitud de las consecuencias que podría generar sobre las personas, los bienes y el medio ambiente, considerando combustibles, fuentes de ignición, ventilación y medidas de protección existentes. (siacbolivia, s.f.)

Medidas pasivas de protección contra incendios

Elementos constructivos y decisiones de diseño (compartimentación, resistencia al fuego, rutas de evacuación, control de carga de fuego, señalización) que limitan la iniciación y propagación del incendio sin requerir activación manual o automática. (USFX, 2023)

Medidas activas de protección contra incendios

Sistemas y equipos que requieren una acción manual o automática para entrar en funcionamiento y actuar sobre el incendio o sobre las personas: detectores, alarmas, extintores, hidrantes, redes de mangueras y sistemas de rociadores automáticos. (prevencion.asepeyo, s.f.)

Sistema de detección y alarma de incendios

Conjunto de equipos (detectores, pulsadores manuales, módulos de comunicación, sirenas, panel de control) que identifica tempranamente la presencia de humo, calor o llama y genera una alarma audible y/o visible para iniciar la evacuación y la respuesta interna. (NB58001, 2007)

2.2. Marco normativo para la prevención y protección contra incendios en Bolivia

La gestión de la seguridad contra incendios en Bolivia se enmarca en un conjunto de disposiciones legales y técnicas que establecen criterios mínimos de diseño, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de prevención y protección. El eje central lo constituye el Sistema de Prevención y Protección Contra Incendios (SIPPCI), reglamentado por el Decreto Supremo N°2995, que desarrolla la Ley N°449 de Bomberos.

2.2.1. Ley N°449 y Decreto Supremo N°2995 (SIPPCI)

Tienen por objeto establecer el marco institucional y técnico para prevenir y atender incendios en toda Bolivia. El DS 2995 crea formalmente el Sistema de Prevención y Protección Contra Incendios (SIPPCI), cuyo propósito es fijar criterios técnicos que garanticen condiciones de prevención y protección en infraestructuras y lugares de actividad, reduciendo el riesgo de iniciación del fuego y permitiendo una respuesta adecuada que evite pérdidas humanas, materiales y ambientales.

El SIPPCI es de cumplimiento obligatorio en todo el territorio nacional y exige que las edificaciones y establecimientos cuenten con estudios de riesgos, sistemas de detección y alarma, medios de extinción adecuados, rutas de evacuación y planes de emergencia. Además, dispone que la Policía Boliviana, a través de la Dirección Nacional de Bomberos, sea la entidad competente para la certificación del cumplimiento de la normativa SIPPCI (SIPPCI, 2021)

Clasificación de los riesgos

- a) Riesgo bajo: Donde no hay fuentes significativas de calor o combustibles.
- b) Riesgo medio: áreas de cereales y polvos, donde se manejan aceites, harina, azúcar y cacao, además de hornos a temperatura controlada.

- c) Riesgo alto: producción, áreas con presencia aislada de gas, acumulación de polvo y altas temperaturas, con potencial de explosión. (SIPPCI, 2021)

Tabla 1

Categorización del Nivel de Riesgo

Nivel de Riesgo	Número Identificativo	Categoría
RIESGO ALTO	1	CATEGORÍA 1
RIESGO MEDIO	2	CATEGORÍA 2
RIESGO BAJO	3	CATEGORÍA 3

Nota: Extraído del Anexo 2.A (2025) Fuente: Reglamento SIPPCI (DS 2995, 2016).

Tabla 2

Recomendación orientativa para el tipo de evaluación específica a aplicar por cada ambiente o área

BAJO Cat.3	MEDIO Cat. 2	ALTO Cat.1
NA	Método Básico	Carga de Fuego
Método Básico	Carga de Fuego	Carga de Fuego
Método Básico	Carga de Fuego	Carga de Fuego

Nota: Extraído del Anexo 2.A (2025) Fuente: Reglamento SIPPCI (DS 2995, 2016).

Materiales de construcción

Los materiales de construcción según el Reglamento SIPPCI:

Tabla 3*Clasificación de materiales de construcción*

N°	CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL
1	M0	Material no combustible
2	M1	Material combustible pero no inflamable
3	M2	Material con grado de inflamabilidad baja
4	M3	Material con grado de inflamabilidad media
5	M4	Material con grado de inflamabilidad alta

Nota: Elaboración propia con base en la normativa (2025) Fuente: Artículo 31 del Reglamento SIPPCI (DS 2995, 2016).

2.2.2. Normas bolivianas de prevención y protección contra incendios

El desarrollo del SIPPCI se apoya en un conjunto de Normas Bolivianas (NB) emitidas por IBNORCA, que proporcionan criterios específicos para la detección, extinción y diseño de sistemas de protección. Entre las más relevantes están:

NB 58001:2007 - Detectores de incendio - Guía para la detección de incendios en centros de trabajo: Establece criterios mínimos para detección de incendios en centros de trabajo, como edificios, etc., incluyendo condiciones de selección, ubicación y tipos de detectores (humo, calor, llama, etc.). (NB58001, 2007)

NB 58002:2020 - Extintores portátiles contra incendios - Requisitos de selección, instalación, aprobación y mantenimiento - Disposiciones generales: Esta norma establece los criterios para la adecuada selección, ubicación, instalación y mantenimiento de los extintores portátiles. (NB58002, 2020)

NB 58006:2022 - Prevención y protección contra incendios - Extintores manuales y sobre ruedas - Mantenimiento y recarga: Esta norma se relaciona con

aspectos más detallados del mantenimiento y recarga de los extintores, proporcionando directrices sobre los procedimientos a seguir para garantizar que los extintores manuales y sobre ruedas estén siempre listos para su uso en caso de emergencia. (NB58006, 2022)

NB 777:2007 - Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores en baja tensión: Esta norma establece las condiciones para el diseño, construcción, y mantenimiento de instalaciones eléctricas en edificaciones, regulando los aspectos relacionados con la seguridad eléctrica en infraestructuras industriales

Otros documentos complementarios, orientados a la dotación, control, mantenimiento y recarga de extintores, que vinculan los requisitos técnicos con la operación cotidiana de los sistemas de protección. (IBNORCA, s.f.)

2.2.3. Normativa y estándares internacionales de referencia

Además de la normativa nacional, el diseño de sistemas de prevención y protección suele apoyarse en estándares internacionales, especialmente aquellos emitidos por la National Fire Protection Association (NFPA), que constituyen una referencia global en materia de seguridad contra incendios. Entre ellos destacan:

NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers, que establece criterios detallados para la selección, instalación, inspección y mantenimiento de extintores portátiles. (NFPA10, 2007)

NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems, que define los requisitos de diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos, incluyendo densidades de descarga, áreas de cobertura y clasificación de riesgos. (NFPA13, 2019)

NFPA 61,72, 921 y otras, que abordan específicamente la prevención de incendios y explosiones de polvo combustible en instalaciones industriales, con énfasis en instalaciones agrícolas y de productos alimenticios.

2.3. Matriz IPER

La Matriz IPER es una herramienta utilizada para identificar peligros, evaluar riesgos y priorizar medidas de control dentro de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Su objetivo central es determinar el nivel de riesgo asociado a cada actividad, proceso o área, permitiendo implementar acciones que eliminen o reduzcan los riesgos a niveles aceptables. (siacbolivia, s.f.)

Esta metodología evalúa tres componentes fundamentales:

- Peligro: Fuente o situación con potencial de causar daño (físico, químico, biológico, ergonómico o mecánico).
- Riesgo: Combinación de la probabilidad de que ocurra un incidente y la severidad del daño que puede generar.
- Medidas de control: Estrategias destinadas a eliminar el peligro o reducir el riesgo mediante controles de ingeniería, administrativos o equipos de protección personal. (prevencion.asepeyo, s.f.)

La matriz clasifica el nivel de riesgo generalmente mediante escalas de probabilidad y severidad, que al multiplicarse brindan un valor que ubica el riesgo como bajo, moderado o alto. (UNIFRANZ, s.f.)

El uso de IPER está alineado con los requisitos que exige la normativa boliviana y los lineamientos del SIPPCI, ya que permite identificar peligros específicos relacionados con incendios, electricidad, carga de fuego, equipos térmicos y almacenamiento de combustibles, todos ellos esenciales para la gestión de riesgos en instalaciones industriales del sector alimentario. (SIPPCI, 2021)

En el caso de la planta RUBAL, la Matriz IPER constituye la base para:

- identificar riesgos críticos en producción, almacenes, hornos, equipos eléctricos y áreas con combustibles,

- definir prioridades de intervención,
- dimensionar la protección activa y pasiva, y
- dinamizar el diseño del Plan de Emergencias y del Programa de Seguridad

2.4.Carga de fuego

2.4.1. Concepto

Es una medida de la energía térmica potencial que podría liberarse en un recinto si todo el material combustible presente se incendiara.

La carga de fuego del sector se obtiene como la suma de los aportes individuales de cada material combustible:

$$Q = \sum (P_i \cdot H_i \cdot C_i \cdot R_a) \cdot A$$

$$Q_i = \frac{P_i \cdot H_i \cdot C_i \cdot R_a}{\sum P_i} = \frac{P_i \cdot H_i \cdot C_i \cdot R_a}{P}$$

y la densidad de carga de fuego ponderada del sector es:

$$Q_p = \frac{\sum Q_i \cdot A_i}{\sum A} = \frac{\sum (P_i \cdot H_i \cdot C_i \cdot R_a \cdot A_i)}{\sum A}$$

Donde

- P_i : masa estimada del material (kg).
- H_i : poder calorífico del material (Mcal/kg).
- C_i : coeficiente de peligrosidad del material.
- R_a : coeficiente interno de riesgo de activación.
- A : superficie del área estudiada (m²)

Este parámetro es clave para:

- Clasificar el nivel de riesgo de incendio (bajo, medio o alto).

- Definir la resistencia al fuego requerida en elementos estructurales.
- Determinar los requisitos mínimos de protección activa (extintores, etc.).

El equivalente de madera se obtuvo como:

$$\frac{\sum_{i=1}^n V_i \rho_i}{\rho_m} = \frac{1000}{4,44}$$

La suma de equivalentes de madera se dividió entre el área (m²) para obtener la carga de fuego superficial (kg/m²) y, por equivalencia, la carga ponderada Qp (Mcal/m²):

$$Q_p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A} = \frac{1000}{10} \times 4,44$$

2.4.2. Grado de peligrosidad

Tabla 4
Grado de peligrosidad

	Ci	ALTA	MEDIA	BAJA
DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS	• Cualquier líquido o gas licuado a presión vapor de 1Kg/cm ² y 23°C	• Los líquidos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 23°C y 61°C.	• Los líquidos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 61°C y 100°C.	• Productos sólidos que requieren para comenzar su ignición estar sometidos a una temperatura superior a 200°C.
	• Materiales Criogénicos			
	• Materiales que pueden formar mezclas explosivas en el aire		• Los sólidos que comienzan su ignición entre los 100°C–200 °C	
	• Líquidos cuyo punto de inflamación es [≤ 23°C]		• Los sólidos y semisólidos que	• Líquidos con punto de inflamación

	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales espontánea en su exposición al aire. • Todos los sólidos capaces de inflamarse debajo de los 100°C. 	emi inflamables.	superior a los 61°C.
Valor C	1,6	1,2	1

Nota: Extraído de NB 58005 (2025). Fuente: Norma NB 58005 – Carga de fuego (IBNORCA, s.f.).

2.4.2.1. Riesgo de activación (Ra)

Tabla 5

Riesgo de activación

	ALTO	MEDIO	BAJO
Coefficiente Ra	3	1,5	1

Nota: Extraído de NB 58005 (2025). Fuente: Norma NB 58005 – Carga de fuego (IBNORCA, s.f.).

2.4.2.2. Nivel de riesgo

Tabla 6

Nivel de riesgo

Categoría	BAJO	MEDIO	ALTO
	1,2	3, 4, 5	6, 7, 8

Carga ponderada de fuego Qp del local en Mcal/m²	$Q_p \leq 100$	$200 < Q_p \leq 300$	$800 < Q_p \leq 1.600$
	$100 < Q_p \leq 200$	$300 < Q_p \leq 400$	$1.600 < Q_p \leq 3200$
		$400 < Q_p \leq 800$	$Q_p > 3200$

Nota: Extraído de NB 58005 (2025). Fuente: *Norma NB 58005 – Carga de fuego (IBNORCA, s.f.)*.

2.4.2.3. Potencial de extintor

Tabla 7

Potencial del extintor

Tipo de extintor	Método de operación	Capacidad	Clasificaciones UL o ULC
Agua	Presurizado	6L	1 A
	Presurizado o bomba	2,5 gal	2A
	Bomba	3 gal	3A
	Bomba	4 5 gal	4 ^a
Dióxido de carbono	Auto expelente	2,5 a 5lb	1 a 5 B:C
	Auto expelente	10 a 15 lb	2 a 10 B:C
	Auto expelente	20lb	10 BC
	Auto expelente	50 a 100 lb	10 a 20 B:C
Químico seco multiuso / ABC (fosfato de amonio)	Presurizado	1 a 1,5lb	
	Presurizado o cápsula	2,5 a 9lb	
	Presurizado o cápsula	9 a 17lb	
	Presurizado o cápsula	17 a 30lb	
	Presurizado o cápsula	45 a 50lb	
	Cilindro de nitrógeno o presurizado	110 a 135lb	

Fuente: Documento PG-9336 – Tabla H2 de la NB 58002.

Elaboración: Extraído del documento PG-9336 – Tabla H2 (2025).

2.4.2.4. Potencial del extintor de fuego clase A

Tabla 8

Potencial del extintor-Fuego Clase A

FUEGOS CLASE A	ÁREA CUBIERTA (m2)			
	POTENCIAL DEL EXTINTOR	BAJO	MEDIO	ALTO
1A		20		
2A		560	280	186
3A		840	420	280
4A		1.050	560	420
6A		1.050	840	560
10A		1.050	1.050	840
20A		1.050	1.050	1.050
40A		1.050	1.050	1.050

Fuente: Norma NFPA 10 – Standard for Portable Fire Extinguishers.

Elaboración: Extraído de la Norma NFPA 10 (2025).

2.4.3. Clasificación del riesgo en función de la carga de fuego

La NB 58005 propone que a mayor carga de fuego:

- aumenta la velocidad de desarrollo del incendio,
- se incrementa la temperatura máxima esperada, y
- se reducen los tiempos disponibles para la evacuación y la intervención.

Tabla 9*Evaluación General o Global de Riesgo de la fábrica de uso obligatorio*

TIPO DE INFRAESTRUCTURA Y ACTIVIDAD	CRITERIOS ADICIONALES	N° de pisos						
		1	2	3	4	5	6	≥ 7
INDUSTRIAL O F PRODUCTIVO (**)	Art. 168 Tenga un índice de cantidad de sustancias incendiables (ICSI**) mayor o igual a 1 o manipula explosivos	2	1	1	1	1	1	1
	Tenga un índice de cantidad de sustancias incendiables (ICSI**) entre 0.5 y 0.999	3	2	2	1	1	1	1
	Tenga un índice de cantidad de sustancias incendiables (ICSI**) menor a 0.5	3	3	3	2	2	1	1

Nota: Extraído del Anexo 2.A, Tabla N°1 (2025). Fuente: Reglamento SIPPCL, Anexo 2.A, Tabla N°1 (DS 2995, 2016).

Conforme a la tabla “Recomendación orientativa para el tipo de evaluación específica a aplicar por ambiente o área”, se definen los siguientes lineamientos:

Para instalaciones clasificadas en Categoría 2 (Riesgo Medio) corresponde realizar un estudio de Carga de Fuego por área o ambiente, con el fin de conocer la densidad de fuego relevante y su incidencia en la selección de medidas mínimas de protección.

RUBAL presenta Categoría 2 (Riesgo Medio), la siguiente tabla sirve como referencia para conocer las medidas generales que debe cumplir la empresa:

Tabla 10*Industrias calificadas como nivel de riesgo medio o alto*

N°	MEDIDAS GENERALES	DETALLE
1	Accesibilidad	Aplica
2	Materiales de construcción	Aplica
3	Detección y alarmas	Aplica
4	Extintores	Aplica
5	Boca de fuego contra incendio equipadas	Aplica
6	Rociadores	Según nivel de riesgo*
7	Hidrante	Según nivel de riesgo*
8	Planes de emergencia	Aplica
9	Iluminación de emergencia	Aplica
10	Instalación eléctrica	Aplica
11	Mantenimiento y supervisión	Aplica

Nota: Extraído del artículo 168 del Reglamento SIPPCI (2025). Fuente: Artículo 168 del Reglamento SIPPCI (DS 2995, 2016).

2.5. Medidas pasivas de protección contra incendios en instalaciones industriales

Las medidas pasivas son aquellas que forman parte de la propia construcción o de la organización espacial de la planta, y que contribuyen a limitar la iniciación y

propagación del fuego sin requerir la acción de un mecanismo activado por el usuario. Dentro de este grupo se incluyen la compartimentación en sectores de incendio, la resistencia al fuego de elementos estructurales, el diseño de rutas de evacuación, la señalización y el control de la carga de fuego. (USFX, 2023)

La compartimentación en sectores de incendio se basa en delimitar áreas mediante elementos constructivos con resistencia al fuego definida (muros, losas, puertas cortafuego), de manera que, en caso de incendio, el fuego y los gases calientes se mantengan confinados durante un tiempo suficiente para permitir la evacuación y la intervención de los equipos de emergencia. La NB 58005, junto con documentos internacionales como el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) del Código Técnico de la Edificación español, respaldan el uso de la carga de fuego y las condiciones de uso para dimensionar estos sectores.

Otro componente clave de la protección pasiva son las vías y salidas de evacuación, que deben diseñarse con anchuras mínimas, recorridos máximos, señalización fotoluminiscente y dispositivos de apertura adecuados, de forma que el personal pueda abandonar la zona de peligro de manera rápida y segura. La normativa internacional y los reglamentos nacionales coinciden en la importancia de rutas de escape libres de obstáculos y claramente identificadas, especialmente en establecimientos industriales con presencia de sustancias combustibles. (Wikipedia, s.f.)

Asimismo, la señalización de seguridad y el etiquetado de equipos y rutas de evacuación (extintores, hidrantes, salidas, equipos de corte de gas y energía eléctrica) constituyen un elemento de apoyo indispensable para la gestión de la emergencia, al facilitar la localización rápida de los medios de protección y las salidas disponibles. (prevencion.asepeyo, s.f.)

2.6. Medidas activas de protección contra incendios

Las medidas activas son aquellos sistemas o equipos que requieren una acción (manual o automática) para entrar en funcionamiento y actuar directamente sobre el incendio (extinción) o sobre las personas (alarma y evacuación). Incluyen los sistemas de detección y alarma, los extintores portátiles, las redes de hidrantes y mangueras, y los sistemas de rociadores automáticos, entre otros. (prevencion.asepeyo, s.f.)

2.6.1. Sistemas de detección y alarma

Un sistema de detección y alarma de incendios tiene como objetivo identificar de manera temprana la presencia de humo, calor o llama y generar una señal de alarma que permita iniciar la evacuación y la respuesta interna establecida en el plan de emergencias.

La Norma Boliviana NB 58001:2007 – Detectores de incendio. Guía para la detección de incendios en centros de trabajo establece criterios para el diseño de la detección, indicando que deben considerarse, como mínimo: (NB58001, 2007)

- El tipo de riesgo del recinto (fuegos lentos, rápidos, con mucha generación de humo, etc.).
- Las características físicas del local (altura, ventilación, presencia de obstáculos).
- Las condiciones ambientales (humedad, presencia de polvo, vapores, corrientes de aire).
- El mantenimiento periódico y las pruebas de funcionamiento, para garantizar la operatividad del sistema durante toda su vida útil.

De manera general, los sistemas de detección pueden agruparse en:

- Sistemas cableados (convencionales o direccionables), en los que los detectores se conectan a una central mediante cableado y la señal se concentra en un panel de control.
- Sistemas autónomos e inalámbricos, en los que cada detector integra su propia alimentación y electrónica, y puede comunicarse mediante tecnologías como Wi-Fi con aplicaciones o plataformas de supervisión remota. (NB56004, 2007)

En el caso de los detectores de humo fotoeléctricos (ópticos), el principio de funcionamiento se basa en la dispersión de la luz dentro de una cámara: cuando el humo entra en la cámara, las partículas desvían el haz luminoso hacia el sensor, generando la señal de alarma. Este tipo de detectores es especialmente eficaz para incendios que producen grandes cantidades de humo visible en su fase inicial y suelen incorporar alarma sonora y, en modelos modernos, notificaciones a dispositivos móviles a través de redes Wi-Fi. (DetectorHumo, s.f.)

Además de la detección automática, los sistemas de alarma incluyen dispositivos de activación manual, como los pulsadores de alarma o “botones de pánico”, que permiten a cualquier persona activar la señal de emergencia al observar un conato de incendio, independientemente de la actuación de los detectores automáticos. Las normas y guías sobre planes de emergencia (como la NB 56004:2007 – Plan de emergencia contra incendios) recomiendan ubicarlos en puntos visibles, de fácil acceso y próximos a las rutas de evacuación. (NB56004, 2007)

En sistemas inalámbricos, detectores y pulsadores pueden integrarse dentro de una misma red de comunicaciones, lo que facilita la supervisión centralizada y la notificación rápida de eventos, siempre que se garantice la calidad de la señal y la continuidad del servicio mediante el diseño adecuado de la red. (DetectorTUYA, s.f.)

2.6.2. Extintores portátiles

Los extintores portátiles son dispositivos autónomos diseñados para que una persona los transporte y utilice en la fase incipiente de un incendio. La NB 58002 establece los requisitos mínimos para su selección, instalación, inspección, mantenimiento, recarga y prueba, incluyendo la clasificación por tipo de agente extintor (agua, espuma, polvo químico seco, CO₂, etc.) y la relación entre el tipo de extintor y la clase de fuego que debe combatir. (NB58002, 2020)

Figura 6

Tipos de extintores



Nota: Extraído de Grupo LASSER (LASSER, s.f.)

Los tipos más utilizados son:

- **Agua (AP):** para fuegos de Clase A (sólidos combustibles que forman brasa, como papel, cartón, madera). Actúan principalmente por enfriamiento. No se deben usar sobre instalaciones eléctricas ni líquidos inflamables.
- **Espuma:** adecuados para fuegos de Clase A y B (sólidos y líquidos inflamables). Forman una capa sobre el líquido, aislándolo del oxígeno.

- **CO₂ (dióxido de carbono):** recomendados para Clase B y C (líquidos inflamables y equipos eléctricos energizados). No dejan residuos, pero su efecto se reduce rápido en lugares abiertos.
- **Polvo químico seco (PQS):** los extintores multipropósito ABC son los más versátiles en entornos industriales, pues pueden actuar sobre fuegos de Clase A, B y C, inhibiendo la reacción en cadena y sofocando la llama. Como desventaja, dejan residuos de polvo que pueden afectar equipos sensibles.

La norma indica, entre otros aspectos, que los extintores deben estar claramente visibles, debidamente señalizados, montados a alturas accesibles y distribuidos de manera que el personal no recorra distancias excesivas para alcanzarlos. Asimismo, exige inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo para asegurar que el equipo se encuentre operativo cuando sea necesario. (NB58002, 2020)

A nivel internacional, la NFPA 10 complementa estos criterios, definiendo capacidades mínimas, requisitos de etiquetado y periodicidad de las inspecciones, lo que permite al ingeniero comparar y justificar el dimensionamiento del sistema de extintores de acuerdo con las mejores prácticas. (NFPA10, 2007)

2.6.3. Sistemas fijos de extinción y abastecimiento de agua

Sistemas de rociadores automáticos: son instalaciones fijas de protección contra incendios que descargan agua de forma localizada sobre el área donde se desarrolla el fuego, una vez que la temperatura ambiente supera un umbral prefijado. Cada rociador incorpora un elemento termosensible (ampolleta de vidrio o fusible metálico) que se activa individualmente, de manera que sólo descargan agua los rociadores expuestos al calor del incendio.

Las normas técnicas, como NFPA 13 y reglamentos nacionales basados en el SIPPCI, establecen que el diseño de estos sistemas debe considerar, entre otros:

- La clasificación del riesgo del área protegida (bajo, ordinario, alto), en función de la carga de fuego y del tipo de ocupación.
- La densidad de descarga de agua (L/min·m²) requerida para controlar el incendio.
- El número de rociadores que se supone que operarán simultáneamente (área de operación).
- La autonomía mínima del sistema, normalmente no inferior a 30 minutos para riesgos ligeros u ordinarios.

Para garantizar estos parámetros, los sistemas de rociadores suelen incluir:

- Un tanque de reserva de agua contra incendios.
- Una o más bombas centrífugas dedicadas, capaces de suministrar el caudal y la presión necesarios en el punto más desfavorable de la red.
- Una red de tuberías (alimentación, distribución y ramales) que conduce el agua hacia los rociadores instalados en el techo o en niveles intermedios.

En la ingeniería de protección contra incendios, los rociadores automáticos se consideran una de las medidas activas más eficaces para limitar el crecimiento del incendio, reducir la temperatura en el recinto y ganar tiempo para la evacuación y la intervención de los servicios de emergencia. (NFPA13, 2019)

2.7. Plan de emergencias y organización de la respuesta ante incendios

El Plan de Emergencias es el documento que organiza, de forma sistemática, la respuesta ante situaciones críticas como incendios, explosiones o fugas de sustancias peligrosas. Su función es definir qué hacer, quién lo hace y con qué recursos, de modo que la respuesta no dependa de decisiones improvisadas en el momento del siniestro.

Normas como la NB 56004 y documentos de gestión de emergencias alineados con el SIPPCCI señalan que un plan de este tipo debe incluir al menos:

- Identificación de escenarios de emergencia: incendios en distintas áreas, fallas eléctricas, fugas de gas, etc.
- Organización interna: designación de un jefe de emergencia, responsables de evacuación, primeros auxilios y apoyo logístico, así como la conformación de brigadas básicas de intervención.
- Procedimientos escritos:
 - activación de la alarma (automática o manual),
 - comunicación interna y externa (bomberos, servicios médicos),
 - evacuación ordenada hacia puntos de encuentro,
 - uso inicial de extintores u otros medios, siempre que las condiciones lo permitan.
- Medios y recursos: inventario de equipos contra incendios (extintores, rociadores, detectores, señalización, iluminación de emergencia) y su localización en planos.
- Formación y simulacros: capacitación periódica del personal en el contenido del plan y realización de simulacros para verificar tiempos de respuesta, funcionamiento de rutas de evacuación y coordinación general.

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, el plan de emergencias se integra en un sistema de gestión de la seguridad, basado en la mejora continua: los incidentes reales y los resultados de los simulacros se analizan, se identifican fallos u oportunidades de mejora y se actualizan los procedimientos, la señalización o los recursos disponibles. (NB56004, 2007)

CAPÍTULO 3

DIAGNÓSTICO DE LA

SITUACIÓN ACTUAL

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Evaluación de los procesos productivos

La fábrica se divide en tres líneas principales:

3.1.1. Línea de Galletas:

Comprende las etapas de mezclado, laminado, corte, horneado, enfriado y empaquetado. Es una de las áreas con mayor concentración de fuentes de calor debido al funcionamiento continuo de hornos eléctricos o a gas, lo que incrementa el riesgo de incendios de Clase A y C.

Los insumos principales - harina, azúcar, manteca y otros sólidos combustibles - generan polvo fino, que representa un peligro de explosión o combustión rápida si no se controla adecuadamente. Es una línea altamente dinámica, con equipos mecánicos en movimiento, lo que también introduce riesgos mecánicos y ergonómicos relevantes.

3.1.2. Línea de Cereales

Incluye procesos de pesado, mezclado, tamizado, homogenizado y envasado, todos ellos susceptibles a generar nubes de polvo.

El polvo fino, combinado con fuentes de ignición como motores eléctricos, fricción mecánica o electricidad estática, puede generar incendios rápidos o explosiones pequeñas si no se controla la ventilación y la acumulación de residuos.

Es además un área donde se requiere mayor exigencia en la limpieza profunda, puesta a tierra de equipos y selección correcta de detectores de humo tipo fotoeléctricos, debido al comportamiento del polvo en suspensión.

3.1.3. Línea de Polvos

Esta línea es la de mayor riesgo de incendio debido a la presencia de polvos finos altamente combustibles (harina, cacao, azúcar micronizada). Incluye procesos de pesado, mezclado, tamizado, homogenizado y envasado, todos ellos susceptibles a generar nubes de polvo.

El polvo fino, combinado con fuentes de ignición como motores eléctricos, fricción mecánica o electricidad estática, puede generar incendios rápidos o explosiones pequeñas si no se controla la ventilación y la acumulación de residuos.

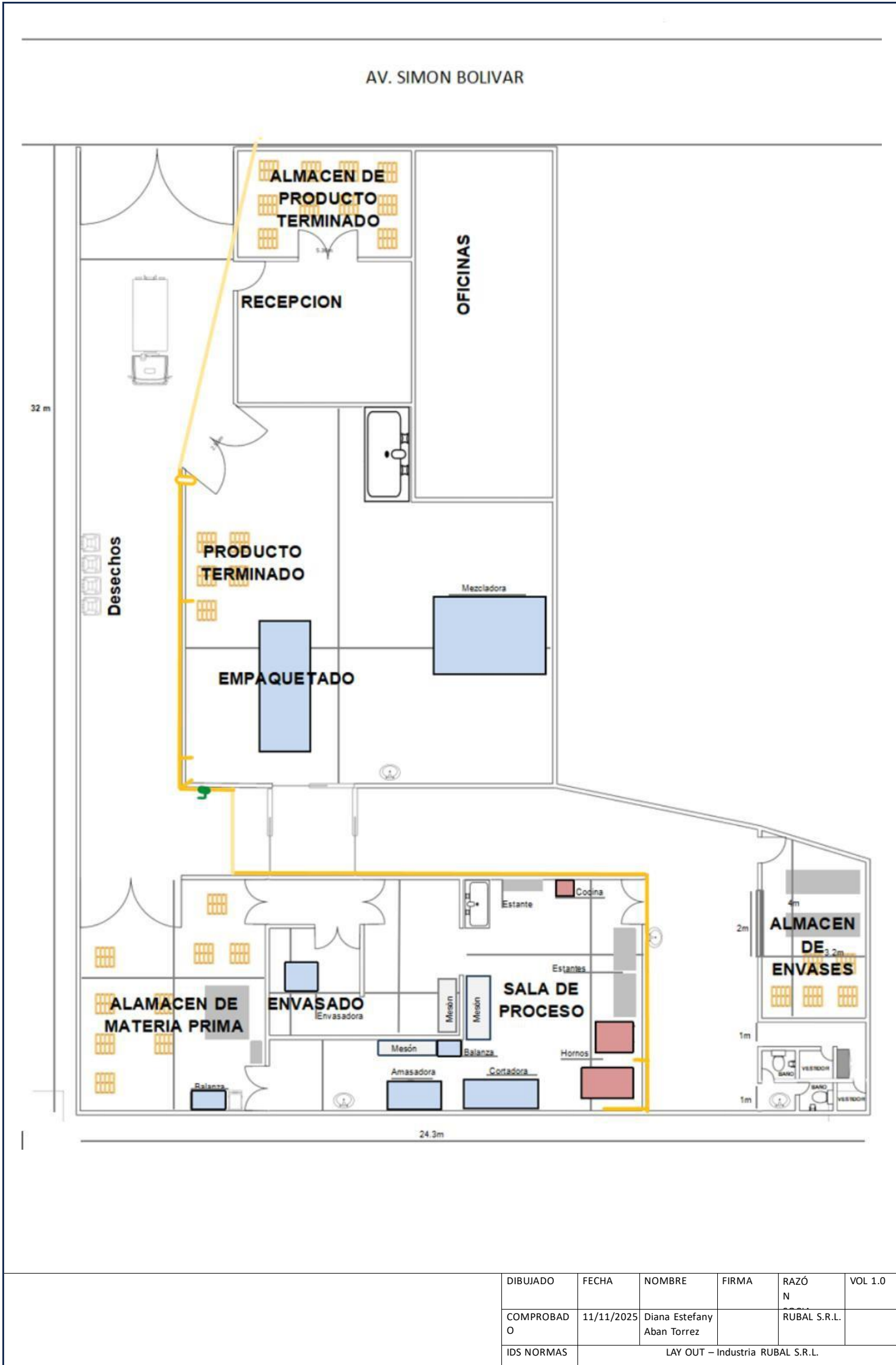
Es además un área donde se requiere mayor exigencia en la limpieza profunda, puesta a tierra de equipos y selección correcta de detectores de humo tipo fotoeléctricos, debido al comportamiento del polvo en suspensión.

Nota: La información con mayor detalle se encuentra en el Anexo 1 del presente documento.

3.2. Lay Out

Figura 7

Lay Out – Industria de Alimentos RUBAL



Nota: Elaboración propia, dada por la empresa RUBAL; los cuadrados rojos son maquinas que funcionan a gas. Los cuadros azules máquinas que funcionan con electricidad. Solo tienen una válvula de cierre manual de gas (señalado en verde).

3.3. Análisis de las condiciones actuales en seguridad contra incendios

El análisis de las condiciones actuales de seguridad contra incendios en la fábrica de alimentos RUBAL S.R.L. tiene como propósito identificar el nivel real de protección de la planta frente a posibles incendios y las brechas existentes respecto a los requisitos mínimos del Reglamento SIPPCI (D.S. 2995/2016) y de las normas bolivianas aplicables.

Para ello se evaluaron los principales elementos de protección y gestión del riesgo (extintores, sistemas automáticos, detección y alarma, mantenimiento, capacitación, plan de emergencias, instalaciones eléctricas, gas y señalización), a partir de observación directa y revisión de información disponible. La Tabla 9 resume la situación actual y el grado de cumplimiento de cada aspecto, destacando las deficiencias que fundamentan el diseño del plan contra incendios propuesto.

Tabla 11

Diagnóstico resumen RUBAL S.R.L.

Elemento evaluado	Situación actual	Nivel de cumplimiento / Riesgo	de Observaciones críticas
Extintores	Se requieren 9 unidades. (11% de lo requerido). Mantenimiento solo correctivo.	Bajo cumplimiento (=11%)	Falta redistribución, señalización y mantenimiento preventivo NB 58002 / NB 58006.
Sistemas automáticos de extinción (rociadores)	No existen.	Incumplimiento total (0%)	Riesgo crítico en áreas con polvos combustibles y hornos.
Sistemas de detección y alarma	No existen detectores ni alarmas.	Incumplimiento total (0%)	Alto riesgo de no detección temprana. Evacuación tardía.

Mantenimiento de equipos críticos	Sin plan preventivo. Sin inspecciones formales.	Muy bajo cumplimiento (=10%)	Incrementa probabilidad de incendios mecánicas/eléctricas.
Capacitación del personal	No existen capacitaciones formales ni simulacros.	No cumple	Personal no entrenado para actuar ni identificar riesgos.
Plan de emergencias / evacuación	No existe documento formal, pocas rutas, no hay punto de encuentro.	Bajo cumplimiento (=15%)	Evacuación desorganizada en caso de incendio.
Instalaciones eléctricas	Cables expuestos, tableros sin señalización. Cada máquina con termomagnético	Cumplimiento bajo (=30%)	Riesgo crítico de cortocircuitos. No cumple NB 777.
Infraestructura térmica (hornos)	Altas temperaturas sin barreras ni señalización adecuada.	Cumplimiento medio (≈40%)	Alto riesgo de quemaduras e incendio.
Tuberías de gas	Mantenimiento reactivo de chicotillos	Cumplimiento bajo (≈30%)	Riesgo de fugas y explosiones.
Señalización general	Cumplimiento variable: 50–80% según área.	Cumplimiento global: =65%	Deficiencias en emergencias (extintores, rutas). Colores incorrectos según NB 55001.

Nota: Elaboración propia por observación e información proporcionada (2025).

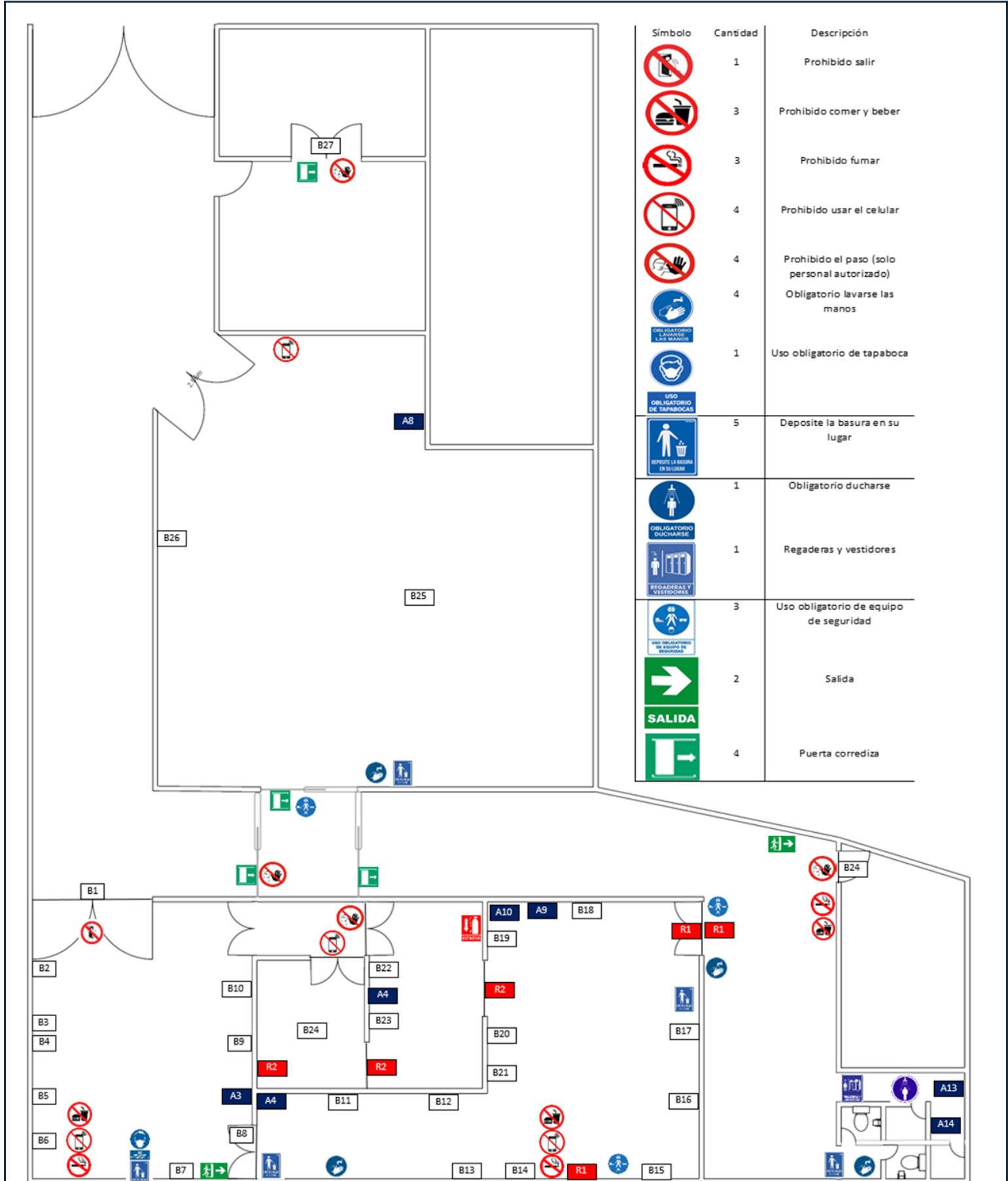
Fuente: Diagnóstico en planta e información proporcionada por RUBAL S.R.L.

3.3.1. Señalización de la fábrica

Se evaluó la señalización, según normativas bolivianas y SIPPCI, señales de control de acceso, higiene y uso de EPP. También se revisa la correcta identificación de materiales/equipos de riesgo y la señalización de emergencias (salidas, extintores, botón de pánico). Finalmente, se verifica la presencia de avisos sobre peligros específicos en áreas críticas como producción.

Figura 8

Plano de Señalización RUBAL



Símbolo	Cantidad	Descripción
	1	Prohibido salir
	3	Prohibido comer y beber
	3	Prohibido fumar
	4	Prohibido usar el celular
	4	Prohibido el paso (solo personal autorizado)
	4	Obligatorio lavarse las manos
	1	Uso obligatorio de tapaboca
	5	Deposite la basura en su lugar
	1	Obligatorio ducharse
	1	Regaderas y vestidores
	3	Uso obligatorio de equipo de seguridad
	2	Salida
	4	Puerta corrediza

Símbolo	Cantidad	Descripción	Símbolo	Cantidad	Descripción
B1	1	Ingreso de materia	B18	1	Cocina
B2	1	Avena pre-cocida	B19	1	Lavandería
B3	1	Harina de quinua	B20	1	Mesa de trabajo
B4	1	Harina de soya	B21	1	Cortadora
B5	1	Azúcar	B22	1	Selladora
B6	1	Harina de Trigo	B23	1	Botiquín
B7	1	Área de pesado	B24	2	Envasadora
B8	1	Almacén materia prima	A1	1	Estantes
B9	1	Pallets de harina	A2	2	Vitrina
B10	1	Manteca	A3	1	Solo lavar material de trabajo
B11	1	Mesa de trabajo	A4	1	Utensilios
B12	1	Área de pesado	A5	1	Colgadores
B13	1	Amasadora	A6	1	Casilleros
B14	1	Bandejas	A7	1	Solo para lavar material
B15	1	Horno rotativo	R1	3	Área de producción
B16	1	Horno	R2	3	Área de envasado
B17	1	Estantes			

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA	RAZÓN SOCIAL	VOL 1.0
COMPROBADO	11/11/2025	Diana Estefany Aban Torrez		RUBAL S.R.L.	
IDS NORMAS	PLANO SEÑALÉTICA ANTIGUA – Industria RUBAL S.R.L.				

3.4. Identificación de riesgos y determinación del nivel de riesgo

3.4.1. Identificación de riesgos en el proceso de producción

En la producción de galletas, se identifican riesgos asociados a altas temperaturas provenientes de hornos, que pueden generar incendios si existen fallas de ventilación, fugas de gas o sobrecalentamientos. Además, se observa acumulación de polvo de harina, el cual, al dispersarse en el aire en altas concentraciones, puede formar atmósferas explosivas al contacto con una fuente de ignición.

En la producción de cereales (granola), los principales riesgos se relacionan con fugas de gas en la cocineta, donde una pequeña fuga no percibida puede desencadenar un incendio al contacto con calor o chispa. Al igual que en galletas, los hornos representan un riesgo por temperaturas elevadas y fallas de funcionamiento.

En el área de producción de polvos, como cacao en polvo y azúcar, la electricidad estática generada por fricción en las mezcladoras puede provocar chispas capaces de encender atmósferas de polvo inflamable. Aunque las explosiones de polvo son poco frecuentes, la acumulación de partículas finas continúa siendo un riesgo.

Asimismo, se detectan riesgos en las instalaciones eléctricas, especialmente por sobrecargas o cortocircuitos en equipos que operan de manera continua (hornos, mezcladoras, empacadoras, etc.). En cuanto al sistema de gas, una fuga no detectada es uno de los eventos de mayor potencial de severidad debido al riesgo de explosión.

Finalmente, se identifican riesgos asociados al almacenamiento de materiales combustibles, como aceites, harinas, azúcar, cacao y materias primas secas, además de pallets de madera y envases. El manejo inadecuado de estos materiales incrementa la probabilidad de incendios o explosiones de polvo.

3.4.2. Evaluación y clasificación de peligros y riesgos

Para establecer el nivel global de riesgo se aplicó el Índice de Cantidad de Sustancias Incendiables (ICSI) conforme al Anexo 2.A del SIPPCI. RUBAL no almacena gas GLP en cilindros, pero sí cuenta con alrededor de 109 L de líquidos combustibles (aceites y grasas) y 10.039 kg de sólidos combustibles (harina, azúcar, cacao, frutos secos, suero, cartón, pallets, etc.).

Aplicando la fórmula del ICSI del Anexo 2.A:

$$\begin{aligned}
 & \frac{0}{3000} + \frac{109}{1400} + \frac{10.039}{2000} + \frac{0}{1500} \\
 & = 0 + \frac{0,078}{0,0545 + 0,669} + 0,005 + 0 \\
 & \text{ICSI} = 0,72
 \end{aligned}$$

Por tanto, el ICSI obtenido es 0,72, el cual se clasifica dentro de la Categoría 2 – Riesgo Medio, conforme a la Tabla 5 del Anexo 2.A del SIPPCI.

Se aplicó la Tabla 1(Anexo 2.A – SIPPCI) para la determinación del nivel global de riesgo.

3.4.3. Accesibilidad a la fábrica

Tabla 12

Cumplimiento de requisitos de accesibilidad

Aspecto evaluado	Resultado	Aspecto evaluado
Espacio mínimo frontal para maniobra de vehículos de emergencia	No cumple	Espacio mínimo frontal para maniobra de vehículos de emergencia

Capacidad estructural para soportar vehículos de alto tonelaje dentro del predio	No cumple	Capacidad estructural para soportar vehículos de alto tonelaje dentro del predio
Hidrantes libres obstrucciones, señalización adecuada	No cumple	Hidrantes libres de obstrucciones y con señalización adecuada
Señalización visible y accesos libres de obstáculos	No cumple	Señalización visible y accesos libres de obstáculos
Altura libre de cableado y elementos suspendidos (mín. 4 m)	Cumple	Altura libre de cableado y elementos suspendidos (mín. 4 m)

Nota: Elaboración propia basada en imágenes del Anexo 2.1 (2025). Fuente: Reglamento SIPPCI, Capítulo II, Artículo 30 (DS 2995, 2016).

3.4.4. Materiales de construcción

Para el diagnóstico se realizará el inventario de los materiales de construcción presentes en la infraestructura, determinando su clasificación según la resistencia al fuego correspondiente, lo cual se presentará en la tabla siguiente.

Tabla 13

Materiales de construcción en RUBAL S.R.L.

N°	Clasificación	Materiales de Construcción
1	M0	Ladrillo
2	M0	Piedra
3	M0	Concreto
4	M0	Azulejo

5	M0	Yeso
6	M0	Metal
7	M0	Material Cerámico
8	M3	Madera

Nota: Elaboración propia en base al Anexo N°3 del Reglamento SIPPCI (2025).
Fuente: Anexo N°3 del Reglamento SIPPCI (DS 2995, 2016).

3.4.5. Evaluación de la exposición al riesgo

La exposición al riesgo en RUBAL S.R.L. es elevada en hornos y cocinetas, donde altas temperaturas y posibles fugas de gas incrementan el riesgo de incendio. También es crítica en almacenamiento de materias primas, debido al polvo combustible, capaz de generar explosiones si se dispersa y recibe una chispa.

Probabilidad de Incidente

Es alta en el área de producción por los hornos, ingredientes inflamables y proximidad de procesos. En hornos y cocinetas, la probabilidad es moderada, ligada al mantenimiento del sistema de gas. Los riesgos eléctricos son altos, con instalaciones sin protección adecuada y posibles sobrecargas en días de producción intensa.

Equipos de protección personal (EPP)

- Cofia: Para cubrir el cabello.
- Barbijo: Para evitar contaminación en producto durante la manipulación.
- Uniforme: Uniforme completo que cubre el cuerpo hasta las manos.

No se emplean gafas de seguridad en áreas donde se emplean polvos.

3.4.6. Sistemas de cuidado preventivo - correctivo actual


La fábrica trabaja principalmente con mantenimiento correctivo, reparando equipos solo al fallar, sin un programa preventivo formal. Esto eleva el riesgo en hornos, cocinetas, mezcladoras y sistemas eléctricos.

Los hornos y la cocineta se revisan únicamente cuando muestran fallas, sin controles periódicos de temperatura o detección temprana de fugas de gas. Las mezcladoras y equipos eléctricos carecen de seguimiento preventivo, aumentando la posibilidad de fallos por fricción o sobrecarga.

No se realizan inspecciones periódicas, lo que dificulta identificar fallas tempranas. Los reemplazos tampoco siguen un plan estructurado; los equipos críticos se cambian únicamente cuando dejan de funcionar, afectando la continuidad operativa y aumentando el riesgo general.

3.4.7. Matriz IPER

Tabla 14
Matriz IPER

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS													
 Empresa: Industria de Alimentos RUBAL S.R.L. NIT: 5003163011 Elaborado por: Diana Estefany Aban Torrez		Responsable Área: _____ Objetivo: Identificar, Evaluar, controlar y registrar los peligros y riesgos asociados a su actividad, en las áreas más importantes de la Industria. NOTA: El documento incluye comentarios y vínculos, sólo desplace el cursor por los principales campos.											
PROCESO	Frecuencia	POR	POR E	Nº	PELIGROS			EVALUACIÓN DE RIESGOS				PLAN DE ACCIÓN	
					FUENTE, SITUACIÓN	ACTO INSEGURO	INCIDENTES PASADOS	RIESGOS					
					Medida de Control	Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	NUEVAS MEDIDAS DE CONTROL			
Recepción	No rutinario	X		2	Entrada de materias inflamables	Envases mal o rotos	Explosión de polvo - incendio	Inspección visual y física de materias primas	5	8	40	Importante	Implementar sistemas de extracción de polvo, incorporación de al menos un extintor en el área
Inspección y control	No rutinario	X		1	Manipulación descuidada de mat. inflamable o que	No limpiar el							
Almacenaje primas	No rutinario	X		1	Almacenaje de materias de	Acumulación de polvo y	Inspección visual y física de las materias primas	5	8	40	Importante	Asegurar que el área esté bien ventilada y libre de fuentes de ignición	
Movilización de producto	No rutinario	X		1	Desplazamiento de grandes cantidades de materias primas	Transporte de materias inflamables riesgosos	Incendio por fricción o exposición al calor, rupturas de envases	Control de inventarios y almacenamiento separado características de los productos con cuidado, evitando derrame de material combustible	5	8	40	Importante	Asegurar que los equipos de transporte (etc) estén en buenas condiciones y que de transporte estén libres de fuentes de calor.
Amasado polvos-	No rutinario	X		2	Acumulación de residuos	Cableado eléctrico expuesto a polvos (harina, azúcar)	Riesgo de incendio mezcladoras	Inspección periódica y lubricación adecuada de las	5	8	40	Importante	Realizar inspecciones periódicas, para verificar el sistema eléctrico y la limpieza de las máquinas
Cortado 1	No rutinario	X		1	Acumulación de polvo-residuos inflamables	exposición-mala protección de	Riesgo de incendio	Inspección periódica y limpieza de las cuchillas	5	8	40	Importante	Realizar inspecciones periódicas de las cortadoras para asegurar que las cuchillas estén en buen estado
Cocción	No rutinario	X		1	Fugas de gas y de cables de alimentación	Fugas de gas por falta de prevención	Riesgo de	Cada cierto período de tiempo se hace un cambio en los	9	8	72	Crítico	Realizar inspecciones regulares para verificar que no haya acumulación de residuos
Enfriado	No rutinario	X		1	Superficies calientes	NO USAR EQUIPO DE MANIPULACIÓN	Exposición a	Procedimientos para áreas de enfriamiento.	3	6	18	Bajo	Establecer procedimientos claros para la manipulación de productos calientes
Envasado polvos-	Rutinario	X		1	Acumulación de residuos		Exposición a						
Recepción	No rutinario	X		2	Entrada de materias inflamables	Cableado eléctrico expuesto	Incendio provocado por Acumulación de polvo-residuos inflamables	Inspección visual de los envases a la Inspección y mantenimiento preventivo de las llegada y revisión de la calidad especificaciones	9	8	72	Crítico	Asegurar que los envases de calor no estén en contacto con fuentes de calor o
Inspección y control Almacenaje	No rutinario	X		2	Manipulación descuidada de material inflamable	No separar envases dañados o defectuosos de los aceptables. Apilamiento incorrecto de envases	Incendio por acumulación de envases defectuosos. Caída de	Inspección detallada de la calidad de los envases para detectar daño o defecto. Almacenamiento organizado, con esquemas de uso o nuevo	3	8	24	Moderado	Implementar procedimientos para la disposición de envases defectuosos de manera segura
Movilización de producto	Rutinario	X		1	Desplazamiento de grandes cantidades de envases		Riesgo de incendio contacto de calor	Procedimiento de traslado seguro.	5	6	30	Moderado	Mejorar el etiquetado y el uso de los productos para la prevención de incendios.
Recepción	No rutinario	X		1	No verificar que los envases estén intactos recibir las		Derrame de polvo inflamable	Inspección de calidad al materias primas, sin daños o contaminación	3	8	24	Moderado	Capacitar al personal en técnicas de transporte seguro, mantener rutas libres de fuentes de calor
Mezcla de polvos 1	No rutinario	X		1	Acumulación de polvos en el aire, atmósfera explosiva	Falta de limpieza de equipos después de su uso	Explosión por acumulación de polvo	Limpieza regular de las máquinas	5	8	40	Importante	Instalar sistemas de ventilación e extracción de polvo, realizar limpieza diaria en la zona de mezcla
Envasado 1	No rutinario	X		1		Fallo eléctrico o sobrecalentamiento	Riesgo de incendio por falla eléctrica	Mantenimiento preventivo y capacitación en el uso adecuado de equipos de envasado	5	8	40	Importante	Asegurar que las máquinas de envasado sean revisadas periódicamente, realizar mantenimiento de las conexiones eléctricas
Almacenamiento	No rutinario	X		1	Almacenamiento de grandes cantidades de polvos inflamables	No apilar los envases de forma segura	Incendio debido a la acumulación de polvo inflamable	Control de inventarios y apilamiento seguro de los productos	3	8	24		Mantener los materiales alejados de fuentes de calor y revisar regularmente las condiciones del área de almacenamiento
Recepción	Rutinario	X		1		falta de verificación - mal almacenamiento	Contaminación por mal almacenamiento	Inspección y control de productos	5	8	40	Importante	Capacitar al personal para realizar inspecciones completas de los productos recibidos,
Inspección y control Almacenaje	Rutinario	X		1	Manipulación descuidada	Apilamiento incorrecto	Incendio por acumulación de producto	Limpieza regular, inspección periódica de productos	3	6	18	Bajo	evitar que haya acumulación de materiales inflamables
Movilización de producto	Rutinario	X		1	Manejo de producto	No verificar rutas de traslado	Derrame de producto	Uso de palets	5	6	30		Áreas desapeadas, evitar apilar los productos de manera inestable
Control de inventario	Rutinario	X		1	Obstrucción de salidas	Mal seguimiento de producto	Incendio - falta de control	Uso de carretillas y palets para movilizar productos.	3	6	18		Realizar inspecciones previas de las rutas de movilización
Despacho	Rutinario	X		1		Mal empaquetado envases	Exposición de	Control de inventario periódico	3	6	18		Implementar un sistema de control riguroso del inventario y mantener el área organizada y libre de obstrucciones
								Verificación de paquetes y rutas de despacho	3	6	18		Asegurar que el personal revise los productos antes de su envío y que las rutas de salida sean seguras

Nota: Elaboración propia en base a la Matriz IPER adaptada a la realidad de RUBAL (2025). Se puede observar que las áreas con mayor riesgo son en producción y almacén, donde el Nivel de Riesgo es crítico según la operación que se realice. Fuente: Matriz IPER utilizada como referencia en Chile.

Tabla 15

Evaluación y clasificación del Riesgo

Severidad → Probabilidad	LIGERAMENTE DAÑINO (4)	DAÑINO (6)	EXTREMADAMEN TE DAÑINO (8)
BAJA (3)	12 a 20 Riesgo Bajo	12 a 20 Riesgo Bajo	24 a 36 Riesgo Moderado
MEDIA (5)	12 a 20 Riesgo Bajo	24 a 36 Riesgo Moderado	40 a 54 Riesgo Importante
ALTA (9)	24 a 36 Riesgo Moderado	40 a 54 Riesgo Importante	60 a 72 Riesgo Crítico

Nota: Recuperado de la Matriz IPER – Chile (2025). Fuente: Matriz IPER – Chile.

3.4.8. Carga de Fuego

3.4.8.1. Criterio del cálculo

La carga de fuego del sector se obtiene como la suma de los aportes individuales de cada material combustible:

$$Q = \sum \frac{Q_i * A_i}{A_i} * Q_i = \frac{\sum Q_i^2}{A^2}$$

y la densidad de carga de fuego ponderada del sector es:

$$Q_p = \frac{\sum Q_i^2 * A_i}{\sum A_i} = \frac{\sum Q_i^2 * A_i}{A}$$

3.4.8.2. Desarrollo del estudio

Primero se toma las medidas de la superficie en m2 de cada área de la fábrica.

Tabla 16

Superficie de las áreas de la empresa

ÁREA	SUPERFICIE TOTAL (en m2) aprox.
Almacén de producto terminado	23,085
Recepción	12,8
Oficinas	53,72
Producción 2	120,22
Producción 1	86,54
Almacén de materias primas	49,68

Almacén de envases	19,67
Vestidores/baño	15,12

Nota: Elaboración propia a partir de la información de los planos, resguardando datos sensibles (2025). Fuente: Planos estructurales de la planta RUBAL S.R.L.

a) RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Tabla 17

Resumen de las mediciones de Carga de Fuego - Resultados

Área	Eq. madera total (kg)	Qp (Mcal/m²)
Oficinas / Administrativa	241,89	19,99
Recepción	66,76	23,16
Producción 2	73,69	2,72
Producción 1	193,78	9,94
Vestidores y Baños	52,97	15,56
Almacén de Mat. prima	10.000	917
Almacén de envases	1.000	676,8
Almacén de Producto terminado	5.000	1.488,66

Nota: Elaboración propia en base a los cálculos de carga de fuego por área (2025) Fuente: *Resultados del estudio de carga de fuego por área en RUBAL S.R.L.*

b) Número y distribución del número de extintores

Tabla 18

Resultados del cálculo y distribución del número de extintores

Área	Tipo de extintor (rating)	Nº extintores teóricos	Nº extintores asignados	Agente extintor
Administración	CO ₂ 5 kg	1	1	Dióxido de Carbono
Recepción	4A / 40BC (ABC PQS 10 kg)	1	1	Polvo Químico ABC
Producción 2	4A / 40BC (ABC PQS 10 kg) Extintor CO ₂ 5 kg	1	2	Polvo Químico ABC – Dióxido de Carbono
Producción 1	4A / 40BC (ABC PQS 10 kg)	1	2	Polvo Químico ABC
Vestidores y Baños	4A / 40BC (ABC PQS 10 kg)	1	0	Polvo Químico ABC
Almacén de Mat. Primas	4A/40BC (ABC PQS 10 Kg)	1	1	Polvo Químico ABC
Almacén de Envases	4A/40BC (ABC PQS 10 Kg)	1	1	Polvo Químico ABC
Almacén de Producto Terminado	4A/40BC (ABC PQS 10 Kg)	1	1	Polvo Químico ABC
TOTAL		8	9	

Nota: Elaboración propia como tabla resumen de los resultados del cálculo y distribución de extintores (2025). Se pondrá un extintor entre Almacén de Envases y Vestidores y Baños. Fuente: Cálculos de distribución y número de extintores en planta

Se realizó un levantamiento por áreas de la planta para identificar y cuantificar todos los materiales combustibles presentes. Con ese inventario (peso en Kg, poder calorífico Hi, coeficiente de peligrosidad Ci y riesgo de activación Ra) se calculó el calor liberado por ítem mediante:

$$W_i (Ci) = W_i \times Hi \times Ci \times Ra$$

El equivalente de madera se obtuvo como:

$$\frac{W_i \times Hi \times Ci \times Ra}{4,44} = \dots$$

La suma de equivalentes de madera se dividió entre el área (m²) para tener la carga de fuego superficial (kg/m²) y, entonces, la carga ponderada Qp (Mcal/m²):

$$\frac{\sum W_i}{A} = \dots$$

$$\frac{\sum W_i}{A} \times 4,44 = \dots$$

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL PLAN DE

SEGURIDAD CONTRA

INCENDIOS

4. DISEÑO DEL PLAN DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

4.1. Selección del método de supresión

La selección del sistema de supresión se basa en los resultados del Capítulo 3, donde la matriz IPER, la clasificación SIPPCI y el estudio de carga de fuego identifican a producción y a los almacenes de materias primas, envases y producto terminado como las áreas con mayor riesgo potencial de incendio, por la combinación de altas cargas de fuego y varias fuentes de ignición.

Por ello se adopta un sistema fijo de rociadores automáticos de tubería húmeda (wet pipe) tipo CMDA, recomendado para riesgos medio/alto en recintos interiores sin congelamiento. El área de producción y las zonas de menor riesgo (oficinas, recepción, vestidores, baños) se protegen mediante extintores portátiles, detección y organización de emergencias, evidenciando que el sistema se define en función del nivel de riesgo y no de manera general para toda la planta.

Los rociadores seleccionados son del tipo pendent de respuesta rápida (Quick Response), con factor $K=5,6$ y temperatura de disparo de $68\text{ }^{\circ}\text{C}$, certificados UL/FM y compatibles con la NFPA 13. El caudal de descarga se obtiene a partir de la ecuación: (NFPA13, 2019)

$$Q = K \sqrt{P}$$

Donde:

- Q = Caudal en gpm
- K = es una constante
- P = es la presión a la salida de un rociador

relacionando el caudal requerido con la presión en la boquilla, de acuerdo con la clasificación de riesgo asignada a cada recinto. Con ello se garantiza que, ante un

incendio incipiente, la descarga de agua sea suficiente para controlar el fuego durante el tiempo de autonomía previsto, reduciendo la probabilidad de propagación y de daños estructurales significativos.

4.2. Rociadores

4.2.1. Selección del tipo de rociadores contra incendios

El tipo de rociador se seleccionó considerando:

- a) la altura de los locales
- b) la distribución de estanterías y equipos
- c) la carga de fuego
- d) la facilidad de montaje en la infraestructura existente.

Los rociadores pendent de respuesta rápida ofrecen una actuación eficaz y su ficha técnica detalla los parámetros del mismo.

Tabla 19

Ficha técnica del rociador

Ítem	Especificación
Tipo	Pendent, Quick Response (QR)
K-factor	K 5.6 (\approx K80) en las 3 áreas
Temperatura nominal	68 °C (ampolla “ordinary”)
Rosca	½” NPT (confirmar BSPT si el proveedor lo trae así)
Presión máx. de trabajo	175 psi (\approx 12 bar)
Listados	UL / FM
Cobertura (NFPA 13)	estándar OH hasta 12,1 m ² por rociador (si la hidráulica y obstrucciones lo permiten)

Acabado	Latón niquelado/otro según disponibilidad
----------------	---

Nota: Elaboración propia a partir de las características rescatadas de la hoja técnica del rociador (2025). Fuente: Hoja técnica del rociador pendent Quick Response (Alibaba).

4.2.2. Número de rociadores en cada área

Para cada macro área de la planta se determinó el número de rociadores dividiendo la superficie efectiva a proteger entre la superficie máxima de cobertura por rociador, de acuerdo con la NFPA 13 y la hoja del fabricante.

- Cobertura práctica: $\approx 9 \text{ m}^2/\text{cabeza}$ ($3 \times 3 \text{ m}$),

A partir de este valor teórico se ajustó el número final considerando la geometría del recinto, la presencia de obstáculos y la necesidad de cubrir pasillos y zonas de circulación, por ello, un cálculo razonable es:

Tabla 20

Número de rociadores por recinto

Recinto	Área (m²)	Altura/techo	Con 9 m²/cabeza
Producto Terminado	23,09	2,85 m/vigas	3
Envases	15,17	2,85 m/vigas	2
Materia Prima	49,68	2,85 m/calamina	6

Nota: Elaboración propia; cálculo estimado del número de rociadores por recinto según las especificaciones del fabricante (2025). Fuente: Especificaciones del fabricante del rociador y superficies de los recintos de la planta.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \text{Área} \\
 \text{Cobertura} \\
 \text{Práctica} \\
 \text{Cabeza}
 \end{array} \\
 \hline
 9 \text{ m}^2 / \text{Cabeza}
 \end{array}$$

Los 9 m² uniformes simplifican trazado, compras y pruebas. Al reducir los 12,1 m² de OH teórica mejora el mojado en techos con vigas y bajantes.

4.2.3. Caudal de rociadores por recinto

Relación clave (métrica pura)

El caudal total de diseño por recinto se calculó multiplicando el caudal unitario de cada rociador por el número de rociadores considerados en el escenario hidráulico de diseño. Por tanto, el caudal de rociadores para un cuarto es:

$$Q_{\text{rociador}} \times \text{Número de rociadores} \times \text{Área} = Q_{\text{recinto}}$$

Tomamos densidades de diseño (Room Design Method) NFPA 13 para cobertura estándar:

Tabla 21
Caudal de rociadores por recinto

Zona	Densidad (L/min·m ²)	Cobertura (m ² /roc.)	Q rociador (L/min)	por Rociadores	Q de recinto (L/min)
PT	6,1	9	54,9	3	164,7
Envases	12,2	9	109,8	2	219,6
MP	6,1	9	54,9	6	329,4

Nota: Elaboración propia en base a densidades NFPA 13, cobertura adoptada de 9 m² por rociador y áreas reales de plano (2025). El mayor caudal es MP=329,4 L/min (6 cabezas OH-1) “recinto crítico”. Fuente: NFPA 13 (tablas de diseño por ocupación) y planos arquitectónicos de la planta.

4.2.4. Presión mínima por rociador

La presión mínima en el rociador se obtuvo imponiendo la densidad de diseño y aplicando la ecuación característica del fabricante. A partir de esta presión se revisó que, al considerar las pérdidas por fricción en tuberías y accesorios, el sistema pueda mantener en el punto más desfavorable una presión suficiente para garantizar el caudal de diseño

La hoja del fabricante da la ecuación listada:

$$Q = K \sqrt{P} \rightarrow K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Convirtiendo Q de L/min a gpm ($\div 3,785$) y pasamos a m de columna ($\times 0,703$):

Tabla 22

Presión mínima por rociador

Zona	Q por rociador (L/min)	Q (gpm)	K	P (psi)	P (m.c.a.)
PT / MP	54,9	14,5	5,6	6,7	4,7
Envases	109,8	29,0	5,6	26,8	18,8

Nota: Elaboración propia, presentada como lectura de referencia de presión mínima por rociador para planos (2025). Fuente: Hoja del fabricante del rociador QR K 5.6 (UL/FM) y resultados de los cálculos hidráulicos.

4.3. Tuberías

Las tuberías principales y ramales del sistema de rociadores serán de acero al carbono conforme a ASTM A795 y ASTM A53. La selección de cedula/espesor, uniones y accesorios se hará conforme a listados y a la compatibilidad con los dispositivos (rociadores, válvulas, etc.). (ASTM.A795/A795M, 2021)

4.3.1. Pérdidas en tuberías

El dimensionamiento de la red de tuberías se realiza definiendo el tramo hidráulicamente más desfavorable, desde la salida de la bomba hasta el rociador crítico. Se seleccionaron diámetros comerciales de tubería que permitan transportar el caudal de diseño manteniendo velocidades y pérdidas de carga dentro de rangos aceptables para sistemas contra incendios.

Tabla 23

Tabla de pérdida de carga en 100 metros de tubería recta

TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA EN 100 METROS DE TUBOS NUEVOS DE FIERRO FUNDIDO, GALVANIZADO Y TUBOS DE PVC (VALORES EN %)																
Q (m ³ /h)	PVC 3/4"	FºFº	PVC 1"	FºFº	PVC 1.1/4"	FºFº	PVC 1.1/2"	FºFº	PVC 2"	FºFº	PVC 2.1/2"	FºFº	PVC 3"	FºFº	PVC 4"	FºFº
0,5	1.72	2.00	0.60	0.70	0.18	0.20										
1	5.79	7.50	2.00	2.70	0.62	0.75	0.20	0.22	0.07	0.08						
1,5	11.80	16.00	4.00	6.00	1.25	1.60	0.45	0.50	0.15	0.17						
2	19.50	27.00	6.80	10.00	2.10	2.70	0.70	0.80	0.25	0.28	0.06	0.07				
2,5	28.80	35.00	10.00	16.00	3.10	4.50	1.10	1.40	0.37	0.40	0.09	0.12				
3,5	52.00	80.00	18.00	26.00	5.50	8.00	1.95	2.40	0.68	0.80	0.17	0.22	0.07	0.08		
4	65.50	100.0	22.70	37.00	7.00	10.00	2.50	3.00	0.85	1.05	0.21	0.27	0.09	0.10		
4,5	80.50		27.90	45.00	8.60	12.00	3.00	3.70	1.00	1.30	0.26	0.32	0.11	0.12		
5	97.00		33.50	55.00	10.40	15.50	3.60	4.70	1.25	1.60	0.31	0.42	0.13	0.15		
5,5			39.60	65.00	12.30	18.00	4.30	5.50	1.50	2.00	0.37	0.50	0.15	0.17		
6			46.20	80.00	14.30	22.00	5.00	6.60	1.70	2.20	0.43	0.60	0.18	0.20	0.05	0.07
6,5			53.10	95.00	16.50	25.00	5.70	7.50	2.00	2.40	0.49	0.70	0.21	0.26	0.06	0.08
7			60.50		18.70	29.00	6.50	8.30	2.30	3.00	0.56	0.80	0.24	0.28	0.07	0.10
7,5			68.30		21.20	35.00	7.30	11.00	2.60	3.50	0.63	0.90	0.27	0.30	0.08	0.12
8			76.40		23.60	37.00	8.20	11.50	2.90	3.90	0.70	1.00	0.31	0.35	0.09	0.13
8,5			85.00		26.30	38.00	9.10	13.00	3.20	4.50	0.78	1.20	0.34	0.40	0.10	0.16
9			94.00		29.00	40.00	10.00	14.00	3.50	4.80	0.87	1.25	0.38	0.45	0.11	0.18
9,5					32.00	50.00	11.00	15.00	3.90	5.10	0.96	1.40	0.41	0.47	0.12	0.19
10					35.00	56.00	12.10	17.00	4.20	5.70	1.05	1.50	0.45	0.50	0.13	0.20

Nota: En FºFº=2,4 Elaboración: Extraído de NFPA 13 (2025). Fuente: NFPA 13 – Tabla de pérdida de carga en 100 metros de tubería recta.

Se procede a la suma de todos los tramos rectos de tubería

$$\blacklozenge\blacklozenge = (4,14 \times 3) + (2 \times 2) + 4,41 + 4,79 + 3 + 5,8 + 1,58 + 1,58 + 3 + 18,91$$

$$+ 6,65 + 2,57 + 1$$

$$\blacklozenge\blacklozenge = 69,71\blacklozenge$$

Haciendo el cálculo de la Pérdida de Carga en la Fricción en la Tubería:

$$\frac{69,71 \times 2,4}{1,67} = 100 = 100$$

Pérdida de Carga en la Fricción en el tramo de tubería bomba - almacén PT

$$h_f = 3 + 18,91 + 6,65 + 2,57 + 1$$

$$h_f = 32,13$$

$$h_{f, \text{PT}} = \frac{32,13 \times 2,4}{100} = 0,77$$

4.3.2. Pérdidas en accesorios

Las pérdidas en accesorios se obtienen mediante factores equivalentes dados por nomogramas específicos. Para ello se lista la cantidad de accesorios en el diseño del tramo de rociadores.

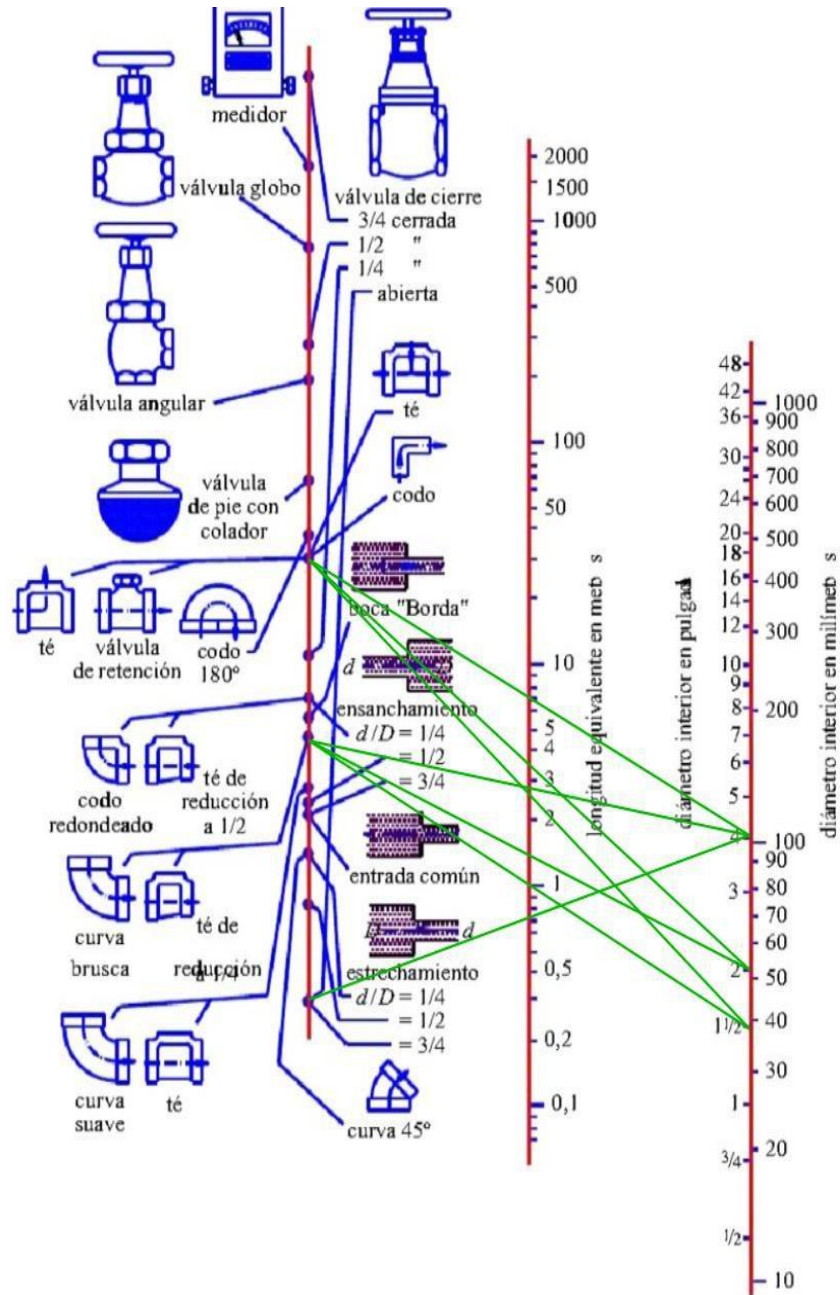
Tabla 24

Cantidad de accesorios en diseño de rociadores

Tramo	Diámetro de tubería (")	Accesorio	Cantidad
PT	1 ½"	Codo 90°	2
		Tees	1
Envases	1 ½"	Codo 90°	1
MP	2"	Codo 90°	1
		Tees	2
Bomba	4" a 1 ½"	Tees	2
		Válvula de paso	1
		Válvula de retención	1

Nota: Elaboración propia en base a los planos de diseño de rociadores y el conteo de accesorios (2025).

Figura 9
Nomograma de pérdida en accesorios



Nota: Elaboración propia, rescatada y adaptada de la información de la firma Goulds Pumps para tuberías (2025).

Cálculo del caudal mínimo (escenario de funcionamiento parcial del sistema):

$$Q_{i\phi} = 54,9 \left(\frac{h}{109,8} \right)^{0,8} \left(\frac{Q}{i} \right)^{2,2} * 0,06 \left(\frac{Q}{h} \right)^3$$

$$Q_{i\phi} = 6,589 \frac{h^3}{h}$$

4.4.2. Altura manométrica

La altura manométrica total de la bomba (Hm) proviene de la ecuación de energía de Bernoulli aplicada entre el depósito/aspiración y el punto de entrega:

$$H_m = \Delta_z + PCT + h_{PCA} + h_{servicio}$$

Datos:

- Δ_z : diferencia de nivel geométrica. De “piso a techo” (2,85 m).
- PCT : pérdidas por fricción en tubería recta.
- h_{PCA} : pérdidas en accesorios (codos, válvulas, etc.)
- $H_{servicio}$: presión que debe existir en el rociador para descargar bien

Cálculo de la Altura Manométrica Máxima (escenario más desfavorable):

$$H_{m\max} = 2,85 + 4,7 + 1,67 + 0,478$$

$$H_{m\max} = 9,698$$

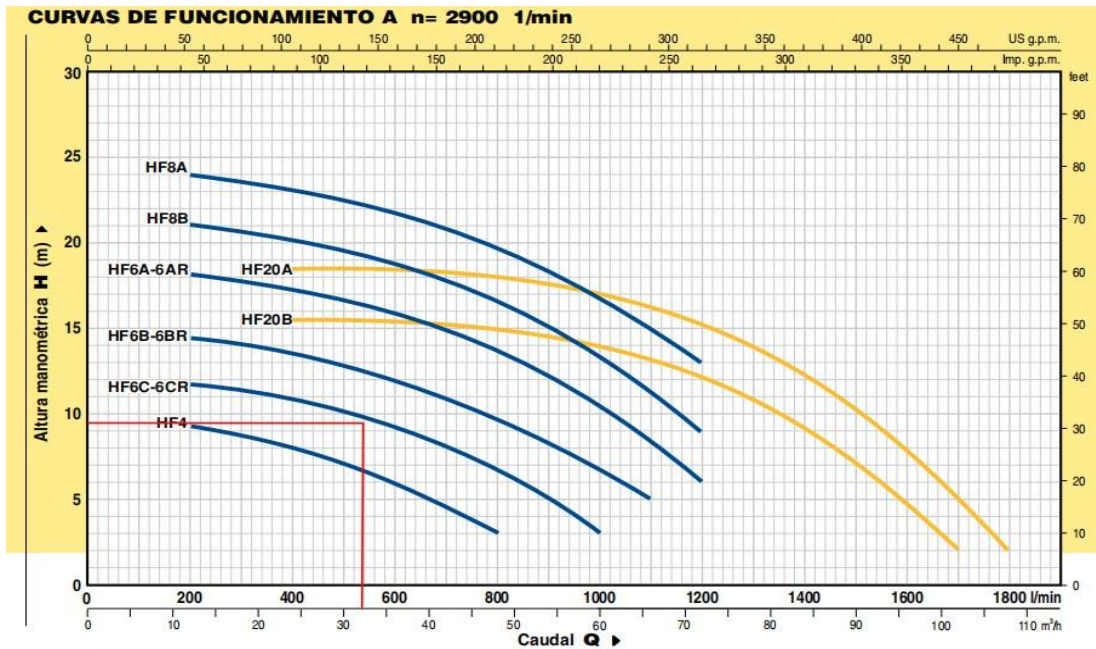
Cálculo de la Altura Manométrica Mínima (escenario de menor demanda):

$$H_{m\min} = 2,85 + 4,7 + 0,77 + 0,09$$

$$81 = 9^2$$

Figura 10

Curvas características y datos de funcionamiento de la bomba seleccionada



DATOS DE FUNCIONAMIENTO A n= 2900 1/min

MODELO BOMBA		POTENCIA		Q m³/h																		
Monofásica	Trifásica	kW	HP	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108
				0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
HFm 4	HF 4	0.75	1	10	9.8	9.3	8.7	8	7	6	4.7	3										
HFm 6C	HF 6C	1.1	1.5	11.9	—	11.7	11.3	10.7	10.2	9.2	8	6.7	5	3								
HFm 6B	HF 6B	1.5	2	14.7	—	14.5	14	13.5	12.8	12	11	9.7	8.2	6.7	5							
—	HF 6A	2.2	3	18.5	—	18.1	17.8	17.2	16.8	16	15	13.8	12.2	10.5	8.3	6						
HFm 6CR	HF 6CR	1.1	1.5	11.9	—	11.7	11.3	10.7	10.2	9.2	8	6.7	5	3								
HFm 6BR	HF 6BR	1.5	2	14.7	—	14.5	14	13.5	12.8	12	11	9.7	8.2	6.7	5							
—	HF 6AR	2.2	3	18.5	—	18.1	17.8	17.2	16.8	16	15	13.8	12.2	10.5	8.3	6						
—	HF 8B	3	4	21.5	—	21	20.7	20	19.5	18.8	17.8	16.5	15	13.5	11.2	9						
—	HF 8A	4	5.5	24.5	—	24	23.5	23	22.5	21.8	20.8	19.5	18.3	16.8	15	13						
—	HF 20B	3	4	16	—	—	—	15.5	15.4	15.3	15.2	15	14.5	14	13	12	10.7	9	7	4.8	2	
—	HF 20A	4	5.5	19	—	—	—	18.5	18.4	18.3	18.2	18	17.5	17	16.2	15.2	13.7	12	10	7.8	5	2

Q = CAUDAL H = ALTURA MANOMETRICA TOTAL

Tolerancia de las curvas de prestaciones según ISO 2548.

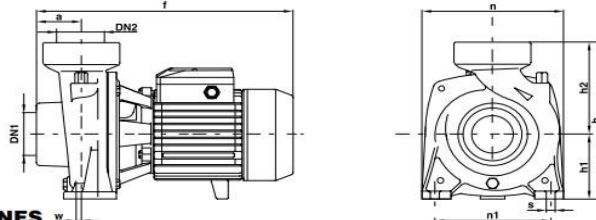


TABLA DE DIMENSIONES

MODELO BOMBA		DN1	DN2	DIMENSIONES mm									
Monofásica	Trifásica			a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	
HFm 4	HF 4	2 1/2"	2 1/2"	55	323	240	97	143	190	155	-	10	
HFm 6C	HF 6C	3"	3"	68	385	312	120	192	240	190	6	12	
HFm 6B	—	3"	3"	68	405	312	120	192	240	190	6	12	
—	HF 6B	3"	3"	68	385	312	120	192	240	190	6	12	
—	HF 6A	3"	3"	68	405	312	120	192	240	190	6	12	
HFm 6CR	HF 6CR	4"	4"	70	387	312	120	192	240	190	6	12	
HFm 6BR	—	4"	4"	70	407	312	120	192	240	190	6	12	

Nota: Elaboración propia a partir del nomograma de curvas de funcionamiento del fabricante Pedrollo.

Al graficar el punto de operación hidráulico ($Q = 32,94 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 9,34 \text{ m}$) sobre las curvas del fabricante Pedrollo, éste coincidió con el rango de trabajo de los modelos HF-6C y HF-6CR, ambos de 1,1 kW (1,5 HP).

Se seleccionó la HF-6C por su cuerpo de hierro fundido, adecuado para agua limpia, ofreciendo buena durabilidad, rendimiento y menor costo. (Pedrollo, s.f.)

4.5. Cálculo del tanque de agua

Para el diseño del sistema de rociadores en las áreas de producto terminado, envases y materia prima, se estableció un tiempo de funcionamiento de 45 minutos para el suministro de agua contra incendios. Aunque la NFPA 13 indica un mínimo de 30 minutos para riesgos ordinarios, el proyecto adopta un valor mayor con el fin de incrementar el nivel de seguridad en sectores con alta carga de fuego y presencia de numerosos rociadores. Esta decisión proporciona un margen adicional frente a posibles retardos en la detección, en la intervención de los servicios de emergencia y en la propagación del fuego en zonas con materiales combustibles y empaques. Con este criterio, se procede al dimensionamiento del tanque de agua:

a) Volumen en litros:

$$V = Q \times t = \frac{32,94}{60} \times 45 \text{ min} = 24,750 \text{ L}$$

b) Volumen mínimo útil del tanque

$$V_{\text{útil}} = 24,750 \text{ L} = 24,74 \text{ m}^3$$

4.6. Sistema de detección y alarma

Para la detección temprana se emplean detectores de humo fotoeléctricos inalámbricos Tuya Wi-Fi, con sirena integrada y comunicación a 2,4 GHz. En cielos rasos lisos se instalan directamente sobre la superficie, manteniendo 0,50 m de

separación respecto a elementos estructurales; en techos de calamina, se fijan sobre las correas metálicas, ubicándolos en la parte alta y evitando obstrucciones.

La distribución se definió con una cobertura de 20 m² por detector, priorizando áreas con mayor permanencia de personal y carga de fuego, resultando en 18 detectores en total.

Tabla 25

Número de detectores en planta

Área	Superficie aprox. (m²)	Nº de detectores de humo
Almacén de producto terminado	23,09	2
Recepción	12,80	1
Oficinas	53,72	3
Producción 2	120,22	6
Producción 1	86,54	5
Almacén de materias primas	49,68	3
Almacén de envases	19,67	1
Vestidores / baño	15,12	1
TOTAL		22

Nota: Elaboración propia a partir de la cobertura mínima recomendada por el fabricante (2025). Fuente: Detectores de humo Tuya y distribución de áreas de la planta.

Se decidió no instalar un sistema independiente de sirenas o horn-strobes, ya que los detectores Tuya generan 80–85 dB(A), cumpliendo con NFPA 72 al superar en 15–25 dB el ruido típico de la planta (60–65 dB).

Por lo anterior, los detectores autónomos se consideran una solución técnicamente válida, segura y costo-efectiva para la alerta de humo e incendio dentro del alcance del proyecto.

4.7. Estación manual

El botón de pánico inalámbrico Tuya se configura como un disparador maestro capaz de activar varios elementos del sistema. Está destinado a emergencias mayores, cuando el sistema automático ha fallado por completo, funcionando como última línea de acción manual para que el personal pueda generar la alarma.

4.7.1. Rol del botón de pánico como mando único e intuitivo

El diseño operativo se basa en una instrucción clara: ante la presencia de humo o fuego sin activación automática, el trabajador debe presionar el botón rojo. Esta acción única minimiza errores bajo estrés y estandariza la respuesta del personal en situaciones críticas.

4.7.2. Interacción con el sistema a través del grupo electrógeno

La planta contará con un grupo electrógeno que respaldará los circuitos críticos del sistema contra incendios:

- la bomba de agua,
- las válvulas asociadas al sistema de rociadores o tuberías principales,
- el router Wi-Fi y repetidor de señal Wi-Fi.
- y los dispositivos inteligentes (detectores, botones, relés Wi-Fi).

En este contexto, el botón de pánico se integra de la siguiente manera:

a) Continuidad energética garantizada

El grupo electrógeno garantiza que, ante un corte de energía de la red pública, los dispositivos del sistema contra incendios sigan operativos, asegurando que el trabajador aún cuente con el botón para activar manualmente el estado de alarma.

b) Señal lógica hacia elementos hidráulicos (bomba y válvulas)

Aunque la activación hidráulica del sistema de rociadores es automática, la señal del botón puede emplearse como mando auxiliar para forzar el arranque de la bomba mediante un relé Wi-Fi o emitir una indicación de “incendio confirmado manualmente”, facilitando la toma de decisiones del personal de operaciones.

c) Visibilidad, accesibilidad y vínculo con el procedimiento de evacuación

El botón se instala conforme a NFPA 72, a una altura aproximada de 1,10 m, próximo a las salidas ($\leq 1,5$ m de la puerta) y con distancias máximas de 61 m entre dispositivos. Esto garantiza una ubicación accesible y visible durante la evacuación, incluso en condiciones de humo. (NFPA72, s.f.)

d) Funcionamiento del sistema

Aunque es un único dispositivo, el botón inalámbrico puede:

- Activar su alarma local de 85 dB, aun sin detección automática.
- Disparar las alarmas de los detectores inteligentes.
- Generar una señal lógica para notificaciones a responsables y accionar relés Wi-Fi vinculados a la bomba o a indicadores del sistema.

En conjunto, el botón funciona como una herramienta de respaldo extremo, destinada a garantizar una señalización mínima y apoyo operativo cuando el sistema automático ha fallado por completo y la respuesta depende de la intervención humana.

4.8. Soft-Starter y grupo electrógeno

Para garantizar el arranque seguro y estable de la bomba contra incendios, se determina la capacidad mínima del generador considerando la demanda en régimen y el pico de arranque del motor. Como el sistema utilizará un soft-starter, el cálculo incorpora la reducción de la corriente inicial, permitiendo elegir un generador más eficiente y adecuado a las condiciones de operación de la planta. Para el cálculo:

Primero se convierte la potencia eléctrica del motor a potencia aparente:

$$\begin{aligned}
 & \frac{4,4 \text{ kW}}{0,90} = 4,888 \text{ kVA}; & \frac{4,4 \text{ kW}}{0,85} = 5,23 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

El soft-starter limita la corriente de arranque a $\approx 1,4$ veces la corriente nominal, por lo que el pico de potencia aparente es:

$$\frac{5,23 \text{ kVA} \times 1,4}{1} = 7,32 \text{ kVA}$$

Aplicando un margen de seguridad del 25 %:

$$\frac{7,32 \text{ kVA} \times 1,25}{1} = 9,15 \text{ kVA}$$

Con soft-starter el pico de arranque baja a $\approx 9,1$ kVA, por lo que un generador comercial de 10–12 kVA es suficiente para arrancar y alimentar la bomba sin problemas.

4.9. Mantenimiento del sistema contra incendios

Como parte de la propuesta del sistema de seguridad contra incendios, se establece un Plan de Mantenimiento de Equipos Críticos, orientado a garantizar la operatividad continua de la bomba principal, rociadores, etc. El programa define frecuencias de inspección, tareas de mantenimiento preventivo y responsables, resumidos en la Tabla 27 y desarrollados en el Anexo 2 punto N°

Tabla 26

Plan de mantenimiento preventivo – Sistema contra incendios

	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO									
	EMPRESA: RUBALS.R.L.		EQUIPO				CÓDIGO: RU-MAN-SCI-001			
	ACTIVIDAD		SISTEMA FIJO Y PORTÁTIL				REVISIÓN: 01			
	MANTENIMIENTO SISTEMA CONTRA INCENDIOS						HOJA: 1 de 1			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI	
EXTINTORES PORTÁTILES	Verificar ubicación, acceso libre y señalización (pictograma visible).			X						
	Revisar manómetro, sello de seguridad, manguera/boquilla, estado físico (corrosión, golpes).			X						
	Mantenimiento integral y recarga por empresa autorizada NB 58002 (etiqueta y certificado).						X			
ROCIADORES AUTOMÁTICOS	Inspección visual de cabezales (no pintados, sin golpes ni obstrucciones, limpio de polvo/grasas).			X						
	Verificar que no existan fugas visibles en tuberías, soportes flojos o golpes en la red.			X						
	Prueba funcional por sector (apertura de válvula de prueba, verificación de caudal y presión en manómetros).				X					
BOMBA CONTRA INCENDIOS	Prueba de arranque en vacío y en recirculación (verificar sentido de giro, ruidos anómalos, vibraciones).			X						
	Revisar protecciones eléctricas, indicadores, bornes apretados, limpieza de tablero y ventilación.			X						
	Mantenimiento preventivo: revisión de sello mecánico, alineación, lubricación de rodamientos, cambio de empaques.					X				
TANQUE Y VÁLVULAS DE CONTROL	Verificar nivel de agua en tanque, estado de boya/sensores, limpieza general.			X						
	Comprobar posición (abierta), rotular, operar parcialmente para evitar agarrotamiento.				X					
	Inspección interna, cambio de empaques y limpieza de sedimentos en válvulas principales.					X				
DETECTORES DE HUMO WI-FI	Prueba de funcionamiento (botón "test") verificando alarma local y notificación en app.			X						
	Limpieza exterior (retirar polvo) sin dañar sensores ni electrónica.			X						
	Reemplazo de baterías / verificación de autonomía según fabricante.						X			
BOTÓN DE EMERGENCIA / ESTACIÓN MANUAL	Prueba de activación simulada (con llave de prueba), comprobando sirena, señal en app y reseteo.			X						
	Revisar fijación, integridad de gabinete, señalización visible, acceso libre.			X						
GRUPO ELECTRÓGENO	Arranque de prueba en vacío (10–15 min), verificación de tensión, frecuencia y alarmas.			X						
	Revisar niveles de aceite, refrigerante, combustible; fugas y estado de correas.			X						
	Mantenimiento preventivo por servicio técnico (cambio de filtros, aceite, ajuste general).						X			
SEÑALIZACIÓN Y RUTAS	Verificar legibilidad de señales, flechas de evacuación y luces de emergencia.			X						
	Reemplazo de señales dañadas o decoloradas; actualización por cambios en la planta.					X				
REGISTROS Y DOCUMENTOS	Actualizar registro de pruebas, certificados de mantenimiento, informe de observaciones.			X						

Leyenda: DI = Diario; SE = Semanal; ME = Mensual; TR = Trimestral; SEM = Semestral; AN = Anual; BI = Cada 2 años; TRI = Cada 3 años.

Nota: Elaboración propia. Planilla general de mantenimiento del sistema contra incendios de la empresa. A mayor detalle en el Anexo 2, punto N°8 (2025). Fuente: Recursos de la materia de Instalaciones electromecánicas.

4.10. Adecuación de instalaciones en la fábrica

4.10.1. Adecuación de instalaciones eléctricas

Se propone la canalización del cableado visible mediante ductos/canaletas para instalaciones eléctricas PLASMAR (certificados por IBNORCA), con las siguientes directrices de diseño:

- a) Emplear ductos de PVC para instalaciones eléctricas certificados, no propagadores de llama, con calidad equivalente a los utilizados en proyectos institucionales. (Shinahota, s.f.)
- b) Fijar las canaletas a paramentos o estructuras existentes, evitando apoyos directos sobre maquinaria o superficies expuestas a calor.
- c) Mantener separación respecto a fuentes de calor, tableros y equipos generadores de chispas, respetando las distancias mínimas de seguridad entre partes energizadas y estructuras establecidas en la NB 148014.
- d) Evitar tendidos a nivel de piso o colgantes sobre áreas de circulación de personal y pasillos de evacuación. (NB148014, s.f.)

Con esta adecuación se disminuye la probabilidad de cortocircuitos y contactos accidentales, mejorando la integridad de la infraestructura eléctrica sin intervenir en el esquema interno de tableros ni en la documentación privada de la empresa.

Nota: Por motivos de confidencialidad y resguardo de la información técnica de la empresa, no se presentan los planos eléctricos de la planta; las propuestas se formulan en base a las condiciones observadas y la normativa vigente.

4.10.2. Adecuación de instalaciones de gas

La red de gas de la fábrica se ejecuta principalmente en tubería rígida; sin embargo, la conexión final a los hornos se realiza mediante chicotillos flexibles, identificados como tramo crítico por su exposición a daños mecánicos, vibraciones y

proximidad a fuentes de calor. De acuerdo con los lineamientos de seguridad de la ANH, los tramos flexibles deben emplearse únicamente aguas abajo de la válvula de corte, ser específicos para gas y contar con resistencia mecánica adecuada.

En el marco del plan de seguridad contra incendios se plantea:


- a) Mantener la distribución principal en tubería rígida hasta las inmediaciones de cada horno.
- b) Sustituir los chicotillos existentes por conectores flexibles certificados para gas (acero inoxidable corrugado o manguera flexible certificada), con terminales roscados de ½", aptos para gas natural y GLP, disponibles en el mercado local.
- c) Incorporar válvula de corte manual antes de cada tramo flexible, en posición accesible y claramente señalizada.
- d) Limitar la longitud del tramo flexible a la mínima necesaria, evitando cruces por zonas de paso y contacto directo con superficies calientes.

Estas acciones permiten controlar el tramo más vulnerable de la instalación de gas y mejorar la seguridad frente a incendios, sin modificar el trazado original ni requerir la presentación de planos privados de la empresa para un rediseño.

A continuación, se presenta la ficha de mantenimiento y cuidado de las conexiones flexibles de gas, propuesta para su aplicación ante inspecciones periódicas e incidentes asociados.

Tabla 27

Ficha de mantenimiento preventivo – conexiones de gas

FICHA DE MANTENIMIENTO – CONEXIONES FLEXIBLES DE GAS						
	Equipo / Tramo de gas:				Código: RUB-GAS-MAN-001	
	Unidad / Área de instalación:				Fecha:	
	Ubicación exacta (línea / horno):				Hora:	
	Tipo de intervención:					
<input type="checkbox"/> Inspección visual mensual <input type="checkbox"/> Verificación trimestral de estanqueidad <input type="checkbox"/> Reemplazo preventivo <input type="checkbox"/> Mantenimiento extraordinario						
1. CONDICIONES DE SEGURIDAD PREVIAS						
<input type="checkbox"/> Válvula de corte previa al chicotillo cerrada (cuando corresponda).						
<input type="checkbox"/> Área ventilada y libre de fuentes de ignición.						
<input type="checkbox"/> Señalización temporal de 'No fumar / No encender llamas' colocada.						
Observaciones:						
2. INSPECCIÓN VISUAL DE LA CONEXIÓN FLEXIBLE						
Ítem	Criterio de inspección	SÍ	NO	N.A.	Comentarios	
1	Manguera instalada sin torsiones, dobleces ni aplastamientos.					
2	El chicotillo no pasa por zonas de paso ni por detrás del horno.					
3	Recubrimiento externo sin cortes, fisuras, quemaduras ni corrosión.					
4	Uniones roscadas firmes, sin juego ni signos de fuga.					
5	No se percibe olor a gas en la zona inspeccionada					
3. VERIFICACIÓN DE ESTANQUEIDAD (cuando aplique)						
Método utilizado (ej.: agua jabonosa en uniones):						
Resultado: <input type="checkbox"/> Sin indicios de fuga <input type="checkbox"/> Fuga detectada (describir ubicación):						
4. ACCIONES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS						
<input type="checkbox"/> Sin novedad – conexión apta						
<input type="checkbox"/> Ajuste / reapriete de uniones						
<input type="checkbox"/> Reemplazo de chicotillo flexible						
<input type="checkbox"/> Protección mecánica adicional instalada						
<input type="checkbox"/> Otra acción:						
Descripción breve de las acciones realizadas:						
5. EVALUACIÓN FINAL Y PROGRAMACIÓN						
Estado de la conexión al finalizar: <input type="checkbox"/> Apta <input type="checkbox"/> Apta con observaciones <input type="checkbox"/> No apta – equipo fuera de servicio						
Fecha propuesta para próxima inspección: ____ / ____ / ____						
Observaciones adicionales / recomendaciones:						
Responsable que ejecuta el mantenimiento:				Visto bueno SST / Responsable de área:		
Nombre:				Nombre:		
Firma:				Firma:		
Fecha: / /				Fecha: / /		

Nota: Elaboración propia en base a dichos recursos. Planilla general de mantenimiento de las conexiones de gas de la empresa (2025). Fuente: Recursos de la materia de Instalaciones electromecánicas.

4.11. Capacitación del personal

Como parte del Plan de Seguridad contra Incendios, se implementa un programa de capacitación anual para todo el personal de RUBAL S.R.L., orientado a corregir la deficiencia detectada en el diagnóstico sobre baja cultura de seguridad. El programa incluye una capacitación inicial en seguridad contra incendios, un simulacro anual de evacuación y el registro y evaluación de la participación, cuyo detalle se desarrolla en el Plan de Emergencias (Anexo 3, sección 5.9.1) y en el presupuesto de certificación y capacitación del proyecto.

4.12. Extintores portátiles

El dimensionamiento y la distribución de extintores en RUBAL se desarrollan de manera integrada al estudio de carga de fuego incluido en el Capítulo 3, por tratarse de una variable de diagnóstico y no únicamente de diseño. Conforme a la NB 58005 (Carga de Fuego) y la NB 58002 (Extintores portátiles), el tipo, número, potencial y espaciamiento de los extintores se definen en función de la densidad de carga de fuego y la categoría de riesgo de cada sector; por tanto, dichos cálculos dependen directamente de los resultados del diagnóstico de riesgos y deben mantenerse en ese capítulo para asegurar trazabilidad técnica.

En consecuencia, el Capítulo 4 se limita a consolidar las decisiones de ingeniería del sistema contra incendios (configuración del sistema fijo, detección y alarma), remitiéndose explícitamente a los resultados del Capítulo 3 como condición de borde para la selección final de los equipos portátiles, evitando redundancias y preservando la coherencia metodológica del proyecto.

CAPÍTULO 5

PRESUPUESTO Y

CRONOGRAMA

5. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

5.1. Desglose de costos de inversión

Las cantidades y precios unitarios provienen de cotizaciones de mercado en Tarija, referencias de proveedores nacionales y plataformas de comercio electrónico (Alibaba, Banggood, etc.), ajustados a valores promedio en bolivianos.

Tabla 28

Desglose de costos de inversión

Tipo	Detalle
Sistema fijo de protección contra incendios	los elementos hidráulicos, eléctricos y de respaldo energético esenciales para el sistema.
Equipos portátiles y apoyo a la emergencia	Incluye extintores, botiquines, detección local, señalización de seguridad, etc.
Certificación y documentación	SIPPCI, Costos “blandos” necesarios para que el sistema sea legalmente operativo y el personal esté entrenado
Costos indirectos administrativos	y Primas de seguro y gastos generales de gestión y supervisión de obra

Nota: Elaboración propia Fuente: Capítulo 3 y 4 del presente documento.

5.2. Presupuesto consolidado del proyecto

Tabla 29

Presupuesto total del proyecto

Ítem	Costo (Bs)
Sistema fijo de protección contra incendios	51.300,00
Equipos portátiles y apoyo a la emergencia	13.640,00

Certificación SIPPCI y capacitación	7.400,00
Costos de accidentabilidad con proyecto (seguros, administración)	13.000,00
TOTAL INVERSIÓN DEL PROYECTO	85.340,00

Nota: Elaboración propia; el detalle está en el Anexo N°5 (2025). Fuente: Cotizaciones en línea (Alibaba, Marketplace, etc.).

5.3. Costos operacionales sin la implementación del proyecto

Tabla 30

Costos de no implementar el proyecto

Concepto	Costo anual (Bs)
Multas de seguridad y señalización por incumplimiento NB / SIPPCI	45.000,00
Indemnizaciones por accidentes (método H. W. Heinrich, accidentes graves y moderados)	90.000,00
Pérdidas por paros de producción y daños a equipos eléctricos (sin generador ni protección adecuada)	20.000,00
TOTAL COSTOS SIN PROYECTO	155.000,00

Nota: Elaboración propia (2025). Fuente: Estimaciones económicas de multas, pérdidas por siniestros y afectación operativa en RUBAL S.R.L.

5.4. Costos de operación y mantenimiento

El sistema requerirá un gasto anual para conservar su funcionalidad:

- Recarga y mantenimiento de extintores.
- Pruebas periódicas de bombas, rociadores y válvulas.
- Reemplazo de baterías en detectores y estaciones manuales Wi-Fi.

- Consumo de combustible del grupo electrógeno en pruebas funcionales.
- Renovación de señalización dañada y pequeños repuestos.

Se estima un costo de operación y mantenimiento de 4.500 Bs/año, equivalente a aproximadamente un 5 % de la inversión inicial.

5.5. Evaluación económica del proyecto

5.5.1. Supuestos de análisis

Para evaluar la conveniencia económica se adoptan los siguientes supuestos:

- Horizonte de evaluación: 10 años.
- Tasa de descuento (i): 10 % anual (aprox. costo de oportunidad del capital de RUBAL).
- Inversión inicial: $I_0 = 85.340$ Bs.
- Costo anual de O&M: $C_{O\&M} = 4.500$ Bs/año.
- Costo de no implementar el proyecto: 155.000 Bs

5.5.2. Relación Beneficio/Costo (RBC)

Valor Presente de Beneficios (VP_B):

$$VP_B = \sum_{t=1}^{10} \frac{155.000}{(1 + 0,10)^t} = 952.408$$

Valor Presente de los Costos (VP_C):

$$VP_C = I_0 + \sum_{t=1}^{10} \frac{4.500}{(1 + 0,10)^t} = 85.340 + 27.651 = 112.991$$

Relación Beneficio/Costo (RBC):

$$\text{Beneficio por boliviano invertido} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Costo}} = \frac{952.408}{112.991} = 8,43$$

Por cada 1 boliviano invertido, RUBAL obtiene 8,43 bolivianos en beneficios, demostrando que el proyecto es altamente rentable y prioritario.

5.5.3. Valor Actual Neto (VAN)

$$\text{VAN} = \text{Beneficio neto} - \text{Costo} \\ \text{VAN} = 952.408 - 112.991 = 839.417$$

Un VAN considerablemente positivo confirma que el proyecto genera un valor económico muy superior a su costo total actualizado.

5.5.4. Retorno de la Inversión (ROI)

Primero determinamos el beneficio neto anual:

$$\text{Beneficio neto anual} = \text{Ingresos} - \text{Costos} = 155.000 - 4.500 = 150.500$$

El ROI se obtiene como:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Beneficio neto anual}}{\text{Costo}} = \frac{150.500}{85.340} = 1,76$$

El sistema ofrece un retorno del 176 % anual respecto a la inversión inicial.

En otras palabras, RUBAL recupera su inversión en menos de un año y, a partir de entonces, obtiene casi el doble de ese valor como utilidad económica anual.

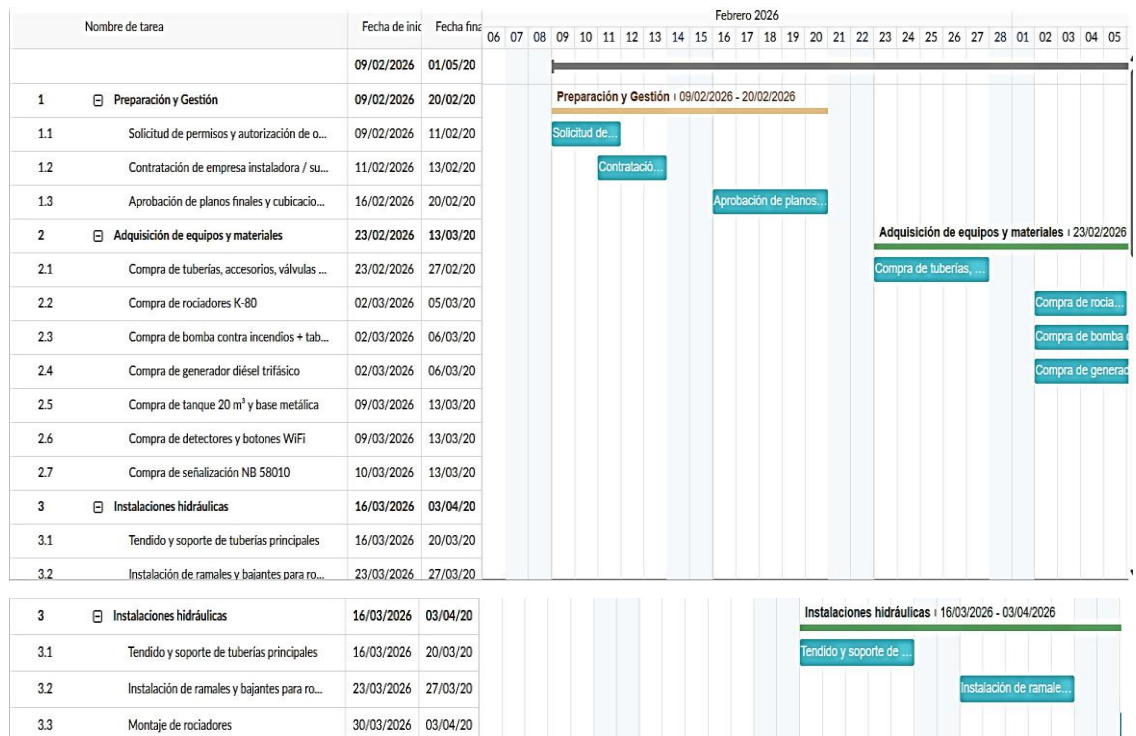
5.6. Cronograma de implementación del sistema contra incendios

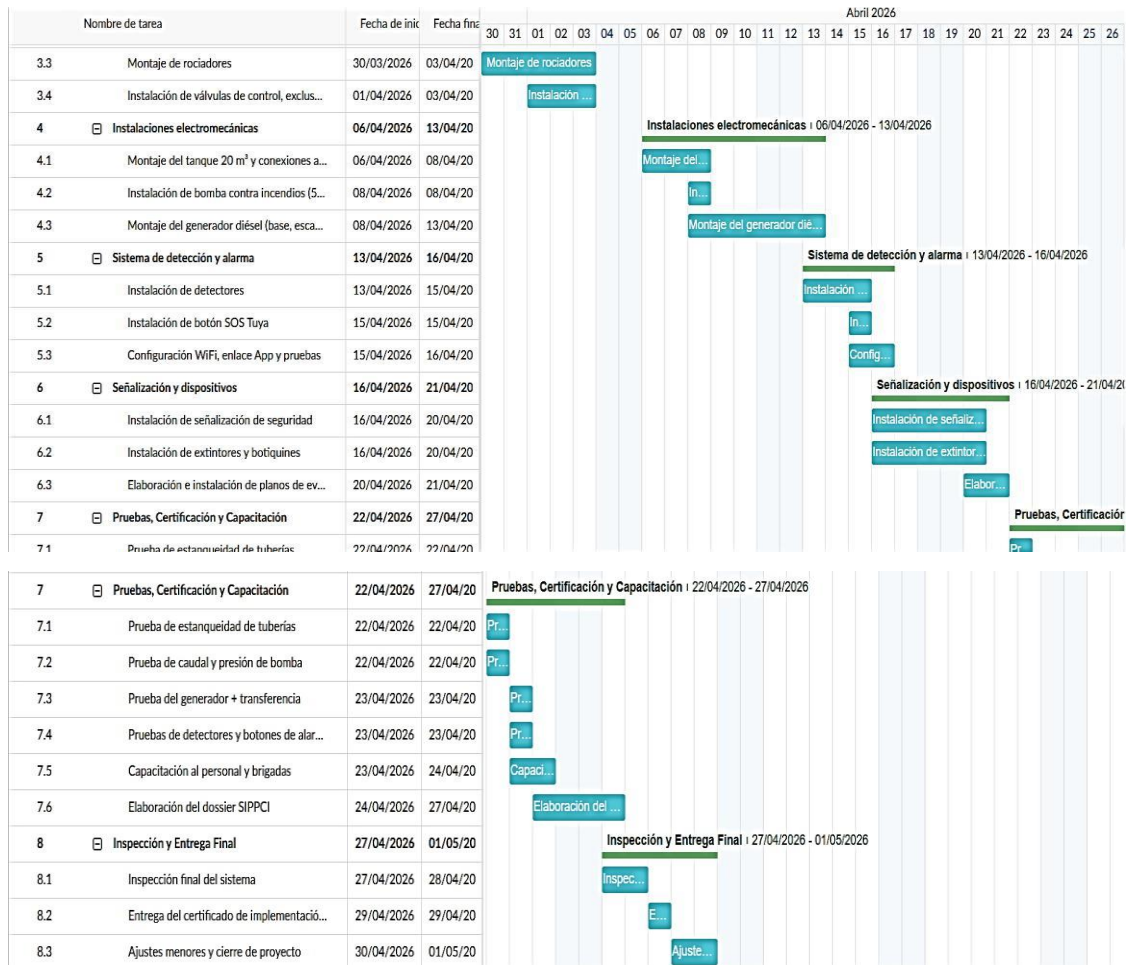
El cronograma propuesto considera tiempos reales de adquisición, fabricación, instalación y pruebas del sistema contra incendios de RUBAL S.R.L. Además,

incorpora holguras razonables para evitar retrasos críticos en caso de contingencias logísticas, fallas menores en obra, correcciones técnicas o inspecciones internas.

Figura 11

Cronograma de proyecto





Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se logró diseñar un plan contra incendios para RUBAL S.R.L., que integra sistema fijo, detección y alarma capaces de prevenir, detectar y responder eficazmente a incendios en las áreas críticas, en cumplimiento del Reglamento SIPPCI y la normativa boliviana. No obstante, el plan va más allá del simple requisito normativo: incorpora tecnología actual, automatización y criterios de industria avanzada, conformando un sistema de protección multicapa, donde cada componente está diseñado estratégicamente para que, si una barrera falla, otras entren en acción y mantengan el control del evento y la continuidad operativa de la planta.
- El diagnóstico de las condiciones actuales de seguridad contra incendios, apoyado en la matriz IPER, evidenció deficiencias en orden, almacenamiento, control de fuentes de ignición, señalización y cultura de seguridad. Se identificó una brecha relevante entre el riesgo percibido y el riesgo real, ya que varios sectores catalogados como “poco peligrosos” presentaban características equivalentes a recintos industriales de riesgo medio–alto.
- El análisis de carga de fuego y nivel de riesgo permitió determinar que las áreas de producción y almacenamiento constituyen los principales focos de peligro, no solo por la cantidad de combustibles, sino por la combinación de materiales inflamables, temperaturas de proceso y continuidad operativa. Esto implica que un incendio en estas zonas podría alcanzar alta severidad y rápida propagación, comprometiendo la nave industrial en un corto tiempo si no se cuenta con medidas de protección adecuadas.
- Se dimensionó y diseñó un sistema de protección contra incendios que integra rociadores automáticos en los almacenes críticos, red hidráulica, detección y alarma, extintores portátiles, señalización y sectorización

eléctrica e hidráulica, reforzado por un generador de respaldo. Este diseño establece un sistema multicapa, con redundancias que evitan el colapso total ante la falla de un solo componente y que permiten reducir de forma significativa los tiempos de detección, supresión y respuesta.

- La evaluación económica demostró que las pérdidas potenciales asociadas a un único incendio superarían la inversión total necesaria para implementar el sistema propuesto, por lo que el proyecto se confirma como una decisión financiera y estratégica acertada, además de una exigencia normativa.

6.2. Recomendaciones

- **Establecer un programa anual de pruebas integrales del sistema (Hidráulico–Eléctrico–Detección).** No basta con instalar el sistema; las pruebas de presión, caudal, autonomía del generador, funcionamiento del tablero y respuesta de detectores deben realizarse conjunta y secuencialmente, simulando un incendio real para validar confiabilidad y tiempos de respuesta.
- **Crear un sistema interno de indicadores de seguridad y comportamiento del riesgo.** Se recomienda desarrollar KPIs como: tiempo de activación, tiempo de respuesta de brigadas, tiempo de evacuación, porcentaje de señalización vigente, porcentaje de equipos operativos y cumplimiento de mantenimiento. Esto permite tomar decisiones basadas en datos y anticipar fallas.
- **Institucionalizar la cultura de seguridad y las brigadas como parte activa del proceso productivo.** La seguridad no debe ser un evento anual sino una dinámica constante. Se recomienda integrar las brigadas a reuniones mensuales, simulacros trimestrales y revisión semestral del plan de emergencia. Un equipo entrenado reduce hasta un 40 % el tiempo de reacción ante incidentes

- **Implementar un sistema digital de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema contra incendios.** Se recomienda utilizar un software o ficha digital donde se registre cada inspección, prueba, mantenimiento y anomalía del sistema, incluyendo fechas y responsables. Esto facilita auditorías SIPPCI y asegura trazabilidad completa.
- **Actualizar análisis de carga de fuego cada vez que cambien materiales, procesos o volúmenes de producción.** Debido a que la carga de fuego está directamente vinculada al riesgo real, cualquier cambio en almacenamiento, tipo de producto o densidad de ocupación puede alterar la clasificación del recinto. Se recomienda actualización anual o cada modificación significativa.
- **Incorporar mejoras progresivas basadas en desempeño.** Con el sistema instalado, es posible identificar cuellos de botella reales durante pruebas. Se recomienda una política de mejora continua donde se ajusten diámetros, caudales, distribución de rociadores o automatización según comportamiento observado.
- **Gestionar certificaciones complementarias para elevar el estándar de la planta.** Tras la certificación SIPPCI, se recomienda avanzar hacia normas de gestión como ISO 45001 (Seguridad y Salud en el Trabajo) o actualización documental NB 50005, lo cual fortalece la competitividad de la empresa y reduce sanciones futura

