UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA Y OPTIMIZACIÓN DE LA CARGA DE FUEGO PONDERADA EN COMPARACIÓN CON MÉTODOS ALTERNATIVOS SEGÚN NORMATIVAS NFPA10 DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN EL ALMACÉN DE QUÍMICOS Y SUSTANCIAS PELIGROSAS DE LA SUBESTACIÓN ISA BOLIVIA S.A.

TRABAJO EN OPCIÓN AL DIPLOMADO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL, SALUD EN EL TRABAJO Y RESPONSABILIDAD SOCIAL VERSIÓN II

MATURANO PEREZ JORGE LUIS

Sucre - Bolivia

2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del Diploma en Seguridad Industrial, Salud en el Trabajo y Responsabilidad Social, Versión II, de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Jorge Luis Maturano Perez

Sucre, mayo de 2024

DEDICATORIA

A mis padres, quienes están todo el tiempo a mi lado, brindando su comprensión y su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, sin ustedes, este logro no habría sido posible, mi orgullo para mí y también para ellos.

A mis abuelos Juan y Rosa, vuestra experiencia y paciencia han sido para mí una inspiración constante, por enseñarme que la curiosidad y el aprendizaje son tesoros que se mantienen a lo largo de la vida.

A mis hermanos Jhonny, Henry y Yessy de quienes he compartido risas, y aventuras a lo largo de toda mi vida, y por escucharme cuando más lo necesito y ser mi refugio en momentos difíciles.

A mi querida familia, fuente incansable de amor, apoyo y complicidad, vuestra presencia ha sido mi fortaleza, les dedico esta monografía con profundo agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo deseo agradecer a Dios de toda fe, iluminando cada paso y brindándome fortaleza en los momentos más desafiantes.

A mis padres por ser mis primeros maestros, vuestra dedicación y sacrificio son el cimiento de mi éxito.

A la ingeniera Nancy Edna Petersen por brindarme la oportunidad de realizar mi monografía.

A la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por haberme permitido incrementar mis conocimientos.

Al selecto plantel Docente de la carrera de Ingeniería industrial, por la transmisión de sus conocimientos.

A todas las personas que confiaron en mí, jamás hubiera dado este gran paso si no fuera por ellos que me han dado fuerza y convicción.

RESUMEN

Una subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos diseñados para modificar los parámetros de la potencia eléctrica. Su función es controlar el flujo de energía, brindando seguridad tanto al sistema eléctrico como al personal de operación y mantenimiento. En esta monografía, busca comprender y abordar la carga de fuego en una subestación eléctrica, mediante un análisis de la eficiencia y optimización de la carga de fuego ponderada en comparación con métodos alternativos según normativas NFPA 10 de seguridad contra incendios en el almacén de químicos y sustancias peligrosas de la subestación Isa Bolivia S.A., al igual analizaremos su impacto desde la perspectiva técnica, económica, y social, que se encuentra dividido en partes desarrollados.

El estudio realizado aborda la evaluación de la carga de fuego y el riesgo de incendio en instalaciones eléctricas, centrándose en subestaciones de potencia. Se recopilaron datos sobre la superficie, la actividad industrial y los materiales combustibles presentes en diferentes áreas de las instalaciones. Utilizando métodos de análisis basados en normativas nacionales e internacionales, se calcularon la carga de fuego y el nivel de riesgo asociado a cada área. Los resultados mostraron una variación significativa en los niveles de riesgo según la metodología utilizada. En el caso del almacén de químicos y sustancias peligrosas presentó el total de carga de fuego ponderada con un total de 939,55 Mcal/m2, y se clasificó como de Alto Riesgo de nivel 6 según el método nacional NB 58005, mientras que según el método europeo R.D. 2267/2004 se consideró al igual de Alto Riesgo con una carga de fuego total de 3577,22 Mcal/m2 con un nivel de riesgo mayor en comparación a la NB 58005. Se propusieron medidas de seguridad contra incendios personalizadas para cada área, considerando los resultados de la evaluación de riesgos. Además, se compararon los métodos de cálculo utilizados, resaltando sus fortalezas y limitaciones en términos de tiempo, dificultad, exactitud y costo. Este estudio proporciona una visión integral de los riesgos de incendio en instalaciones eléctricas y ofrece recomendaciones para mejorar la seguridad en estos entornos críticos, al igual la distribución física de los extintores para una respuesta eficaz ante una emergencia, según tipo y capacidad del extintor para la prevención contra incendios.

Palabras Clave: Carga de fuego, riesgo, peligro, químico, nivel de riesgo, combustible, eficiencia, prevención.

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA Y OPTIMIZACIÓN DE LA CARGA DE FUEGO PONDERADA EN COMPARACIÓN CON MÉTODOS ALTERNATIVOS SEGÚN NORMATIVAS NFPA - 10 DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN EL ALMACEN DE QUÍMICOS Y SUSTANCIAS PELIGROSAS DE LA SUBESTACIÓN ISA BOLIVIA S.A.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCION. 1
1.1. ANTECEDENTES. 1
1.1.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA. 3
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. 5
1.2. OBJETIVOS. 5
1.2.1. Objetivo General 5
1.2.2. Objetivos Específicos. 6
1.3. JUSTIFICACIÓN. 6
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA. 6
1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA. 7
1.3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL. 7
1.4. METODOLOGÍA. 7
1.4.1. Métodos. 7
1.4.2. Técnicas y/o instrumentos aplicados. 8
CAPÍTULO II: DESARROLLO. 12
2.1. MARCO TEÓRICO (CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL) 12
2.1.1. Marco teórico. 12
2.1.1.1. Carga de fuego. 12
2.1.1.2. Cálculo de carga de fuego ponderada. 12
2.1.1.3. Metodología para el cálculo de carga de fuego. 13
2.1.1.4. Parámetros para coeficientes adimensionales. 14
2.1.1.5. Nivel de riesgo intrínseco del sector 17
2.1.1.6. Tipos de incendio asociación nacional de protección contra el fuego 17
2.1.1.7. Eficiencia mínima requerida según el espacio cubierto. 19
2.1.1.8. Selección del tipo de químico de un extintor según tipo de fuego. 20
2.1.1.9. Características en peso o volumen del extintor 20
2.1.2. Marco contextual. 23
2.1.2.1. Descripción de la subestación Isa Sucre Bolivia S.A. 23

2.1.2.2. Organización de la empresa. 27
2.1.2.3. Descripción de áreas principales de la subestación. 28
2.1.3. Marco conceptual. 31
2.1.3.1. Peligro. 31
2.1.3.2. Riesgo. 31
2.1.3.3. Fuego. 31
2.1.3.4. Reacción química 31
2.1.3.5. Agentes activos y pasivos 31
2.1.3.6. Triangulo de fuego. 32
2.1.3.7. Combustible. 32
2.1.3.8. El calor 32
2.1.3.9. Oxigeno 32
2.1.3.10. Prevención 32
2.2. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS 33
2.2.1. Análisis de método y cálculos numéricos en los métodos utilizados. 33
2.2.2. Listado y cálculo del peso total de los combustibles. 33
2.2.3. Poderes caloríficos. 34
2.2.4. Cálculo de Peso y Carga de Fuego Ponderada de los Materiales de las instalaciones de ISA BOLIVIA S.A 35
2.2.5. Cálculo de Fuego Total y Ponderada del almacén de químicos de la subestación eléctrica. 42
2.2.6. Cálculo del Nivel de Riesgo del almacén de químicos y sustancias toxicas de ISA BOLIVIA S.A. 44
2.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN. 44
2.3.1. Comparación y discusión de métodos 44
2.3.2. Comparación de Metodologías según criterios de evaluación 46
CAPÍTULO III: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 50
3.1. RESULTADOS. 50
3.1.1. Resultados de la metodología de cálculo de carga de fuego, nivel de riesgo y su propuesta para los extintores según Normativa vigente (NB 58005). 50
3.1.2. Resultados de la metodología de cálculo de carga de fuego, nivel de riesgo y su propuesta para los extintores según Norma europea (R.D. 2267/2004). 52
3.1.2. Propuesta de distribución de extintores para el almacén de químicos y sustancias peligrosas. 53
3.2. CONCLUSIONES. 54
3.3. RECOMENDACIONES. 55
BIBLIOGRAFÍA. 53

ANEXOS 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño Metodológico. *8*
Tabla 2. Grado de Peligrosidad. *14*
Tabla 3. Valores del coeficiente de Riesgo de Activación. *15*
Tabla 4. Riesgo de Activación según tipo de proceso trabajado. *15*
Tabla 5. Valores para la clasificación del Riesgo Intrínseco. *17*
Tabla 6. Tipos de incendio. *18*
Tabla 7. Eficiencia de extintores según tipo de fuego. *19*
Tabla 8. Tipo de agente químico de extintores según tipo de fuego. *20*
Tabla 9. Eficacia de extinción requerida para la selección de extintores, según la clase de fuego. *21*
Tabla 10. Descripción de la subestación. *24*
Tabla 11. Sectores por Área. *33*
Tabla 12. Poderes caloríficos relevantes del estudio de carga de fuego. *34*
Tabla 13. Poderes caloríficos de las sustancias combustibles del almacén de químicos de ISA BOLIVIA S.A. *35*
Tabla 14. Datos de la actividad en el área de almacén químico y sustancias peligrosas mediante NB 58005. ..... *36*
Tabla 15. Datos de la actividad en el área de almacén químico y sustancias peligrosas mediante norma europea R.D. 2267/2004. ..... *37*
Tabla 16. Datos de la actividad en el área de administración mediante NB 58005. ..... *38*
Tabla 17. Datos de la actividad en el área de administración mediante norma europea R.D. 2267/2004. ..... *39*
Tabla 18. Datos de la actividad en el área de mantenimiento mediante NB 58005. ..... *40*
Tabla 19. Datos de la actividad en el área de mantenimiento mediante norma europea R.D. 2267/2004. ..... *41*
Tabla 20. Datos de la actividad en el área de suministro mediante NB 58005. ..... *41*
Tabla 21. Datos de la actividad en el área de suministro mediante norma europea R.D. 2267/2004. ..... *42*
Tabla 22. Cálculo de Fuego Total y Ponderada del almacén de químicos de la subestación eléctrica. *42*

Tabla 23. Cálculo del Nivel de Riesgo del almacén de químicos y sustancias toxicas de ISA BOLIVIA S.A. *44*
Tabla 24. Resumen de Cálculos de Carga de fuego y Nivel de Riesgo de incendio obtenidos de la subestación eléctrica. *45*
Tabla 25. Análisis y comparación entre métodos estudiados según el Tiempo. *46*
Tabla 26. Análisis y comparación entre métodos estudiados según la Dificultad. *47*
Tabla 27. Análisis y comparación entre métodos estudiados según La exactitud. *47*
Tabla 28. Análisis y comparación entre métodos estudiados según el Costo. *48*
Tabla 29. Resultados y comparación según NB 58005 y la norma europea R.D. 2267/2004. ..... *49*
Tabla 30. Resultados de cálculo de carga de fuego y nivel de riesgo para el requerimiento de extintores en cada sector según NB 58005. ..... *51*
Tabla 31. Resultados de cálculo de carga de fuego y nivel de riesgo para el requerimiento de extintores en cada sector según R.D. 2267/2004. ..... *52*

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de Ishikawa en el cuarto de almacenamiento de químicos y sustancias peligrosos en la subestación electrica isa Bolivia S.A. aplicando las 4M. *5*
Ilustración 2. Ubicación Satelital Isa Sucre Bolivia S.A. *23*
Ilustración 3. Organigrama de la empresa ISA Bolivia S.A. *27*
Ilustración 4. Triangulo de Fuego. *32*
Ilustración 5. Distribución de extintores en el almacén de químicos y sustancias peligrosas. *53*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de Administración. *28*
Figura 2. Área de mantenimiento. *29*
Figura 3. Área de suministro. *29*
Figura 4. Área de almacén de productos químicos y sustancias peligrosas. *30*
Figura 5. Área de acopio de residuos sólidos. *30*

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Estudio de carga de fuego y cálculo de número de extintores. *55*
ANEXO 2. Clasificación de los materiales según su combustión. *57*
ANEXO 3. Densidades de materiales según R.D. 2267/2004. ..... *58*

CAPÍTULO I: INTRODUCCION.

La industria eléctrica en Bolivia se encuentra dividida en tres grandes actividades principales que vienen siendo la Generación, Transmisión y Distribución eléctrica. Cada una de estas actividades juega un papel importante. Además, una subestación eléctrica es una estación subsidiaria de un sistema donde se transforma de alta a baja tensión o viceversa empleando transformadores.

Su principal función es la producción, conversión, regulación y distribución de la energía eléctrica, una subestación debe de modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida.

La carga de fuego en una subestación eléctrica desempeña un papel fundamental, esta representa la energía liberada por la combustión completa de los materiales inflamables presentes en un incendio, por cual es crucial evaluarla para garantizar la seguridad y prevenir riesgos de incendio en una subestación.

1.1. ANTECEDENTES.

Interconexión Eléctrica ISA Bolivia S.A., es una sociedad anónima constituida bajo las leyes de la República de Bolivia el 14 de Julio de 2003, dedicada al servicio de transmisión de energía eléctrica a través de la administración, operación y mantenimiento de la infraestructura de cuatro (4) circuitos en el nivel de tensión de 230 KV y cinco subestaciones:

Subestación Santibáñez con una configuración de barra principal y barra de transferencia en nivel de 230 KV, tiene cuatro campos de línea, uno propiedad de ISA Bolivia y tres de Ende Transmisión. Subestación Sucre, su configuración es de barra principal y barra de transferencia en nivel de 230 KV. Tiene dos campos de línea a 230 KV y uno de transformación 230/69 KV, 60 MVA. Se conecta por el lado de 69 KV a la línea hacia la subestación Aranjuez de la Ende Transmisión.

Subestación Punutuma, tiene una configuración de barra principal y barra de transferencia en el nivel de 230 kV. Posee dos campos de línea, una propiedad de ISA Bolivia y otra propiedad de San Cristóbal – TESA, un campo de transformación 230/69 KV, 60 MVA y la previsión de un espacio para la futura línea Punutuma – Tarija a 230 KV. Por el lado de 69 KV se conecta a la subestación de TDE 69 KV.

Subestación Urubó, tiene una configuración de dos interruptores en paralelo en el nivel de 230 KV que conforman el campo de línea y el campo de transformación 230 KV/69 KV, 150 MVA. En el nivel de 69 KV se conecta a la subestación de CRE 69 KV. Subestación Arboleda, tiene una configuración de barra principal y barra de transferencia en el nivel de 230 KV. Posee dos campos de línea a 230 KV y uno de transformación 230/115 KV, 100 MVA. En el nivel de 115 KV se conecta a la subestación de CRE 115 KV.

Cada una cuenta con subestaciones de distribución y transmisión, transforman la energía de alta tensión a niveles aptos para distribución local y se conectan diferentes líneas de transmisión. Por ello se abarcan aspectos como la ubicación de la subestación, el entorno que le rodea, factores de riesgo que influyen en la carga de fuego donde se encuentran los materiales que son combustibles, la disposición de equipos y la vulnerabilidad de la estructura, los recursos disponibles que cuenta la empresa y las normativas aplicables.

Las subestaciones también cuentan con medidas preventivas y sistemas de extinción, para mitigar el riesgo de incendio en las áreas donde se encuentran los transformadores, sala de baterías, interruptores, generadores de diésel de emergencia mediante señalización, alarmas, sistemas de detección y extinción, medidas preventivas y evacuación especifica.

El estudio de carga de fuego realizado en las instalaciones de la subestación Isa Sucre Bolivia S.A., se llevó a cabo con el objetivo de cumplir con la normativa legal vigente y establecer medidas preventivas contra incendios. Se aplicaron diversas normativas como el Decreto Ley N° 16998 sobre higiene, seguridad ocupacional y bienestar, SIPPCI sobre sistema de prevención y protección contra incendios, y entre otras. El estudio se dividió en varias etapas, incluyendo la recopilación de datos, determinación del nivel de riesgo, cálculo de la carga de fuego, evaluación de los equipos de extinción de incendios presentes en las instalaciones y la revisión periódica de los equipos de extinción. Este estudio proporciona una base sólida para establecer medidas preventivas contra incendios y garantizar la seguridad de las instalaciones y el personal de Isa Bolivia S.A.

.

Estudios similares previos

Se lleva a cabo un estudio de carga de fuego para evaluar la efectividad de las medidas de extinción existentes, y se proponen mejoras concretas, como la implementación de sistemas de protección con hidrantes y rociadores automáticos. Se concluye que, si bien la empresa cumple en gran medida con los requisitos legales, existen oportunidades para mejorar continuamente la gestión en salud y seguridad. Se resalta la importancia de concientizar a quienes toman decisiones sobre la importancia de mantener altos estándares de prevención y protección contra incendios para garantizar la seguridad de las personas y las instalaciones en todo momento. (Pettarin F, 2021).

En su estudio, se investigaron los riesgos y peligros de incendio en la estación de transformación de energía y el centro de control de motores de la central térmica eléctrica de la subestación. A través de un análisis detallado, evaluaron las deficiencias básicas y constitutivas de los equipos dentro de la planta, aplicando métodos cualitativos y cuantitativos para determinar el nivel de riesgo. Utilizando normativas como el NB 58005, y NFPA 10, identificaron áreas de mejora en las medidas de seguridad, con el objetivo de reducir el riesgo de incendio y garantizar la seguridad tanto del personal como de los equipos involucrados. (Cedeño L, 2022).

Además, el estudio examina las fuentes de incendios y propone medidas de control, incluyendo equipos de detección y extinción. Se destacan también métodos de evaluación de riesgos para determinar la efectividad de las salvaguardas implementadas. Este análisis proporciona una visión detallada de los desafíos de seguridad en instalaciones de energía, sirviendo como base para mejorar la seguridad y optimizar las operaciones en este tipo de entornos industriales. (Clavijo V, 2009).

1.1.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA.

El almacén de químicos y sustancias peligrosas en la subestación ISA Bolivia S.A. actualmente no se encuentra con la debida protección contra incendios. Si bien en el resto de los ambientes de la subestación si se ha aplicado un estudio de fuego y tienen instalados extintores, el personal de seguridad contra incendios no ha cubierto el riesgo en el almacén de químicos y sustancias peligrosas debido a la falta de espacio que puede dificultar la ventilación adecuada para evitar acumulación de vapores tóxicos o inflamables en dicho almacén y al igual debido a la distribución física de extintores que están mal distribuidos o alejados, que pueden producir consecuencias graves ante una

emergencia, y últimamente se ha evitado simulacros periódicos que se solía hacer para practicar la respuesta ante un incendio, debido al nuevo personal contratado como la de limpieza, jardinería, choferes y también a la rotación semanal del personal técnico y administrativo, lo que produce un contratiempo para las capacitaciones correspondientes, por ello se debe tomar medidas para realizar el estudio de la carga de fuego en el almacén de químicos y sustancias peligrosas y en las instalaciones de la subestación para identificar el nivel de riesgo que se produce en cada uno de los ambiente, al igual para determinar su distribución adecuada de extintores.

- **Falta de protección contra incendios en el almacén de químicos y sustancias peligrosas en ISA Bolivia**: Este es el problema principal. La falta de medidas adecuadas representar un riesgo significativo para la seguridad de la subestación y su entorno.

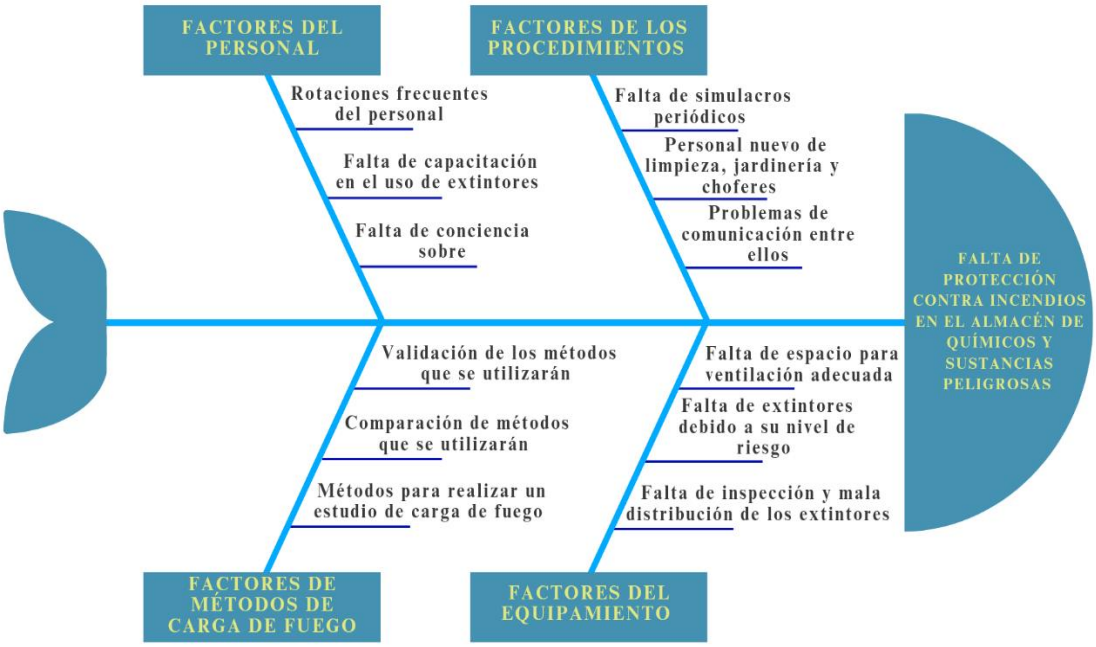
- **Falta de espacio para ventilación adecuada:** La falta de espacio en el almacén puede dificultar la ventilación adecuada, lo que a su vez puede contribuir a la acumulación de vapores tóxicos o inflamables, aumentando el riesgo de un incendio o explosión.

- **Falta de distribución adecuada de extintores:** Aunque se han instalado extintores en diferentes áreas de la subestación, algunos de ellos están mal distribuidos o alejados. Esto podría dificultar la respuesta rápida y efectiva en caso de un incendio, lo que aumenta el riesgo de que el fuego se propague y cause consecuencias graves.

- **Ausencia de simulacros periódicos:** La falta de simulacros periódicos para practicar la respuesta y la ubicación de los extintores puede resultar en una respuesta inadecuada en caso de emergencia. Esto podría deberse al cambio frecuente del personal y la rotación semanal, lo que dificulta la organización y realización de capacitaciones.

- **Necesidad de calcular la carga de fuego:** El hecho de que se esté realizando el cálculo de la carga de fuego para la subestación sugiere una preocupación por la seguridad contra incendios, pero también indica que este análisis se está realizando como respuesta a los problemas identificados anteriormente.

Ilustración 1. Diagrama de Ishikawa en el cuarto de almacenamiento de químicos y sustancias peligrosos en la subestación electrica isa Bolivia S.A. aplicando las 4M.



FUENTE: Elaboración propia.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuál de los dos métodos de estudio de carga (método NB 58005 o método R.D. 2267/2004) de fuego es más efectivo para prevenir accidentes en el cuarto de almacenamiento de químicos y sustancias peligrosas de la interconexión electrica S.A. de la ciudad de Sucre?

1.2. OBJETIVOS.

1.2.1. Objetivo General.

Determinar el estudio de carga de fuego más adecuado en el sector de químicos almacenados de la subestación Sucre Bolivia S.A. mediante la comparación de su aplicación con otros métodos de cargas ponderadas, niveles de riesgo, conforme a las normativas vigentes de protección contra incendios para optimizar la seguridad y eficiencia en el manejo de productos químicos.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico exhaustivo para identificar la situación actual del cuarto de almacenamiento de químicos y sustancias peligrosas la subestación eléctrica de ISA Bolivia S.A., incluyendo el análisis de sus condiciones físicas, operativas y de seguridad.
- Establecer criterios técnicos precisos para determinar el estudio de carga de fuego de los materiales y sustancias presentes en el área de almacenamiento de químicos y sustancias peligrosas de la subestación, así como para calcular la carga ponderada de fuego (Qp) y su nivel de riesgo de acuerdo con estándares reconocidos como la norma boliviana NB 58005 o la norma europea R.D. 2267/2004, y NFPA 10 para la distribución adecuada de los extintores.
- Recopilar datos reales sobre el poder calorífico de las sustancias presentes en el área estudiada de la subestación, utilizando tablas reconocidas y conforme a las normas vigentes de protección contra incendios.
- Obtener resultados objetivos en términos de carga de fuego, a través de métodos de análisis rigurosos y verificables, con el fin de informar de manera precisa sobre las medidas de mitigación necesarias para contrarrestar el riesgo de incendio en las diferentes áreas de la subestación.
- Propuesta detallada de diseño y distribución adecuada para los extintores en el área del almacén de químicos y sustancias peligrosas, incluyendo su ubicación estratégica, tipo y capacidad de extintor, con el objetivo de garantizar una respuesta eficaz contra incendios.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.

La carga de fuego en una subestación eléctrica es crucial para garantizar la seguridad y prevenir riesgos de incendio. Se evalúa la densidad de carga de fuego ponderada y corregida en función de los materiales combustibles presentes. Esta carga influye en el diseño de sistemas de protección, determina el riesgo y afecta la seguridad humana, y en cuanto al cumplimiento de la normativa, el cálculo de carga de fuego nos ayuda para proteger tanto a las personas como a los equipos en la subestación debido al nivel de riesgo en cada una de las instalaciones.

.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.

La carga de fuego en una subestación eléctrica es fundamental para reducir daños materiales, la inversión en sistemas de detección temprana, como rociadores, extintores y sistemas de detección, y capacitación al personal en medidas de seguridad pueden prevenir daños significativos en los equipos eléctricos, pruebas en bahía de alta tensión, existencia de químicos y sustancias peligrosas, y reducir la carga de fuego mediante medidas de seguridad disminuye el riesgo de incendio y esto ahorra costos de reparación o reemplazo, en lo contrario pueden incluir pérdida de equipos, interrupciones en la distribución eléctrica, gastos médicos y daños a la reputación de la empresa.

1.3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.

La carga de fuego en una subestación eléctrica es importante para comprender su impacto en la comunidad, la seguridad de las personas que interactúan con la instalación y el entorno. De igual manera en las instalaciones se exponen a riesgos, tanto sus vidas y la salud de los trabajadores que operan y mantienen dentro de la subestación eléctrica, si no se cuenta con la capacitación periódica y mantenimiento de las instalaciones. Además, si ocurre un posible incendio, puede afectar a las comunidades cercanas, por ello se debe demostrar su compromiso con la seguridad y la responsabilidad social, una subestación segura contribuye a una percepción positiva.

1.4. METODOLOGÍA.

1.4.1. Métodos.

- El tipo de investigación es descriptiva, método que se basa en la observación y descripción de fenómenos o situaciones sin manipulación directa, en el contexto de carga de fuego, se utilizará para describir las condiciones físicas, materiales presentes, observar y registrar la disposición de equipos, materiales inflamables, sistemas de detección, áreas de las instalaciones, y distribución actual de los extintores.
- Es de enfoque cuantitativo, debido a que se a que se realizan cálculos numéricos para determinar la carga de fuego y evaluar el nivel riesgo de incendio en cada sector, con los poderes caloríficos de las sustancias de cada instalación de la subestación según la NB 58005 o norma europea R.D. 2267/2004, y considerando NFPA - 10 para la distribución física de los extintores.

- Método inductivo, es un proceso de razonamiento basado en la observación y la experimentación para llegar a una conclusión general a partir de casos específicos, comienza observando los materiales presentes en la subestación eléctrica, examinando los materiales combustibles, densidades de los materiales, equipos, y a partir de la información recopilada, infiere la carga de fuego total.
- El tipo de monografía es de compilación, no se trata solo de recopilar información, sino evaluarla y sintetizarla. Describe la importancia del almacenamiento seguro de químicos y sustancias peligrosas en la subestación, organiza la información de manera lógica mediante los aspectos específicos como los poderes caloríficos de las sustancias, densidades de los materiales, tipo de químicos, nivel de riesgo y entre otras.

1.4.2. Técnicas y/o instrumentos aplicados.

Para el análisis de carga de fuego en la subestación eléctrica Isa Bolivia S.A., se utilizarán técnicas e instrumentos para evaluar la cantidad de energía calorífica liberada por los materiales combustibles presentes en la subestación, y se ve representado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Diseño Metodológico.

TIPO DE MONOGRAFIA: De compilación			**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Descriptiva, con enfoque Cuantitativo	
OBJETIVOS	**MÉTODOS**	**TECNICAS**	**INSTRUMENTOS**	**RESULTADO ESPERADO**
Describir la fundamentación teórica, contextual, y conceptual de la subestación Isa Sucre Bolivia S.A.	TEÓRICO	Recopilar documentos relevantes sobre la fundamentación teórica, contextual y conceptual de Isa Sucre Bolivia S.A.	Indagación documental	Síntesis detallada de la fundamentación teórica, contextual y conceptual de Isa Bolivia S.A., incluyendo sus características y proceso operativo actual.

Diagnóstico exhaustivo de la situación actual del cuarto del almacenamiento de químicos y sustancias peligrosas en la subestación ISA Bolivia S.A.	DEDUCTIVO Y SINTÉTICO	Entrevistar a los operadores de la subestación Isa Sucre S.A. para obtener información sobre su funcionamiento y condiciones.	Observación y entrevista.	Registro detallado de las características y condiciones actuales del almacén de la subestación Isa Sucre S.A.
Recopilación de datos sobre el poder calorífico de las sustancias y las densidades de los materiales presentes en cada una de las instalaciones de la subestación.	DEDUCTIVO Y SINTÉTICO	Realizar un registro de poderes caloríficos y densidades de materiales combustibles en cada una de las áreas con la ayuda del supervisor de turno.	Observación y entrevista.	Datos precisos sobre el poder calorífico de las sustancias presentes de cada instalación de toda la subestación.
Establecimiento de criterios técnicos para determinar la resistencia al fuego y calcular la carga ponderada de fuego (Qp)	ANALÍTICO Y SINTÉTICO	Análisis comparativo y síntesis de información técnica recopilada para su respectiva validación (NB 58005 o R.D. 2267/2004).	Indagación documental	Criterios técnicos precisos para la evaluación de la resistencia al fuego y el cálculo de la carga ponderada de fuego mediante normas vigentes de protección contra incendios.

Obtención de resultados objetivos en términos de carga de fuego mediante métodos rigurosos y verificables	ANALÍTICO	Análisis cuantitativo de datos del estudio de carga de fuego, mediante el uso de dos métodos para su validación con una de ella y posteriormente determinar el nivel de riesgo de cada instalación.	Indagación documental	Resultados precisos y comparables sobre la carga de fuego, así mismo identificar el método valido en cuanto al nivel de riesgo que genera cada una de las instalaciones de la subestación, al igual con esto podemos notar la eficiencia entre ambos métodos.
Explicación detallada de la distribución física de los extintores en el área del almacén de químicos y sustancias peligrosas de Isa Sucre S.A.	ANALÍTICO Y SINTÉTICO	Análisis de distribución física de los extintores en el almacén de químicos y sustancias peligrosas, para determinar el número de extintores recomendables y características según NFPA 10,	Observación e Indagación documental	Descripción detallada de la distribución de los extintores según tipo, capacidad y su eficacia en situaciones de emergencia mediante un plano.

FUENTE: Elaboración Propia.

CAPÍTULO II: DESARROLLO.

2.1. MARCO TEÓRICO (CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL)

2.1.1. Marco teórico.

2.1.1.1. Carga de fuego.

La carga de fuego se define como "la cantidad de calorías por kilogramo de combustible. Se toma como referencia la masa de madera por unidad de superficie, expresada en Kg/m^2, capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la de los materiales contenidos en el incendio. Como patrón de referencia se considera madera con poder calorífico inferior de 18,4 MJ/kg. Los materiales líquidos o gaseosos en tuberías, barriles y depósitos, se consideran como uniformemente repartidos sobre la superficie del sector de incendio". (NB 58005, 2007, p. 1)

"Cantidad total de combustible contenido en un edificio, espacio o área de incendio incluyendo el acabado inferior expresado en unidades de calor o su equivalente en madera". (NFPA 10, 2011, p. 2)

La sumatoria del producto de la cantidad de cada materia combustible de cada materia combustible por su poder calorífico respectivo y dividido por la superficie total". (INSST; NTP 766, 2007, p. 1)

$$\mathrm{Q}_s = \frac{\text{superficie } (\mathrm{m}^2)}{\text{peso equivalente en madera } \left(4400\,\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{kg}}\right)} \left[\frac{kg}{m^2}\right] \quad (\mathrm{E.1})$$

2.1.1.2. Cálculo de carga de fuego ponderada.

La fórmula de cálculo practico de la carga térmica ponderada o de la densidad de carga de fuego ponderada o de la densidad de la carga de fuego, ponderada y corregida de un sector de incendio, es decir representa la energía calorífica por unidad de superficie en el caso de incendio todo el material combustible existente en el lugar, tal como se denomina en el reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, se expresa mediante la ecuación:

$$\mathrm{Q_p} = \frac{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{P_i} * \mathrm{H_i} * \mathrm{C_i}}{\mathrm{A}} * \mathrm{R_a} \left[\frac{Mcal}{m^2}\right] \quad (\mathrm{E.2})$$

Donde:

Q_p = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.

P_i = peso en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio.

H_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i = coeficiente adimensional que ponderada el grado de peligrosidad (por combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector del incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el frado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Según las siguientes tablas:

(1) Tabla 2 – Grado de peligrosidad; Pág. 7; NB 58005

(2) Tabla 3,4 - Riesgo de activación; Pág. 8; NB 58005

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2.

n = número de materiales combustibles.

2.1.1.3. Metodología para el cálculo de carga de fuego.

Para evaluar el riesgo de incendio se requiere de una metodología para determinar el estudio de carga de fuego óptima para la subestación Isa Sucre Bolivia S.A. con la finalidad de obtener un valor número de carga de fuego y determinar el número de extintores en cada área de la subestación, cual nos ayudará a ubicar adecuadamente e instalar extintores si es necesario, ante una posibilidad de un incendio, es indispensable reducir al mínimo las consecuencias.

2.1.1.4. Parámetros para coeficientes adimensionales.

- ***Coeficiente de peligrosidad "ci":*** Reduce la peligrosidad de los materiales conforme al siguiente cuadro:

Tabla 2. Grado de Peligrosidad.

	GRADO DE PELIGROSIDAD		
	ALTA	**MODERADA**	**BAJA**
TIPO DE MATERIAL	- Cualquier liquido o gas licuado a presión de vapor de 1 Kg/cm2 y 23 ºC. - Materiales criogénicos. - Materiales que pueden formar mezclas explosivas en el aire. - Liquido cuyo punto de inflamación sea a 23 ºC. - Materiales de combustión espontánea en su exposición al aire. - Todos los sólidos capaces de inflamarse por debajo de los 100 ºC.	- Los líquidos cuyo punto de inflamación este compendio entre los 23 ºC y 61 º. - Los sólidos que comienzan su ignición entre los 100 ºC y 200 ºC. - Los sólidos y semisólidos que emiten gases inflamables.	- Productos solidos que requieren para comenzar su ignición estar sometidos a una temperatura superior a 200 ºC. - Líquidos con punto de inflamación superior a los 61 ºC.
Valor "c"	**1.6**	**1.2**	**1**

FUENTE: Elaboración en base a la NB 58005, Pág. 7

- ***Riesgo de activación "Ra":*** Es un coeficiente adimensional y pondera el riesgo de activación inherente a la activación industrial conforme al siguiente cuadro:

Tabla 3. Valores del coeficiente de Riesgo de Activación.

	RIESGO DE ACTIVACIÓN		
NIVEL	ALTO	MODERADO	BAJO
Valor "c"	**3**	**1.5**	**1**

FUENTE: Elaboración en base a la NB 58005, Pág. 8

Este será aplicable conforme al tipo de proceso que se trabaje, para ello la NB 58005 los clasifica de acuerdo a los niveles de Alto (A), Medio (M) o Bajo (B), se facilita el listado de actividades en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Riesgo de Activación según tipo de proceso trabajado.

Proceso trabajado	**Clase**	**Proceso trabajado**	**Clase**
Aceites comestibles	**M**	Embarcaciones – fabricación	**M**
Almacenes – en general	**B**	Escobas – fabricación (fabr.)	**B**
Barnices – fabricación	**M**	Esterillas – fabricación	**B**
Barnizados – taller	**M**	Fertilizantes químicos – fabr.	**M**
Bebidas – sin alcohol	**B**	Fibras artificiales – producción y manipulación	**M**
Bebidas alcohólicas – preparar	**M**	Forjas y herrerías	**B**
Bebidas carbonatadas – fabricación	**B**	Frigoríficos – cámaras	**B**
Betún – preparación	**B**	Fundición de metales	**B**
Carpintería	**M**	Galvanoplástica	**B**
Café – torrefacto	**M**	Géneros de punto fabricación	**M**
Cartón – fabricación de cajas y elementos	**M**	Grasa comestibles – fabricación	**M**

Caucho – fabricación de objetos	**M**	Imprentas	**M**
Celuloide – fabricación	**M**	Industrias químicas	**A**
Cera – fabricación de artículos	**B**	Juguetes – fabricación	**M**
Cerámica – taller	**B**	Laboratorios eléctricos	**B**
Cerveza – fabricación	**M**	Laboratorios físicos y metalúrgicos	**B**
Chocolate – fabricación	**M**	Laboratorios fotográficos	**B**
Colas – fabricación	**B**	Laboratorios químicos	**M**
Confección – talleres	**B**	Licores – fabricación	**M**
Conservas – fabricación	**B**	Madera – fabr. Contrachapados	**M**
Corcho – tratamiento	**--**	Mampostería – fabricación	**B**
Cuerdas – fabricación	**M**	Mantequilla – fabricación	**B**
Cosméticos	**B**	Maquinas – fabricación	**M**
Cuero – tratamiento y objetos	**M**	Marcos – fabricación	**M**
Destilerías – mat. inflamables	**M**	**Materiales usados – tratamiento**	**M**
Disolventes – destilación	**M**	**Mecanización de metales**	**B**
Ebanistería (sin alm. Madera)	**B**	**Medias – fabricación**	**M**
Electricista – taller	**M**	**Medicamentos – laboratorios**	**B**
Electricidad – fabr. aparatos	**B**	**Metales – fabr. De artículos**	**B**
Electricidad – rep. Aparatos	**M**	**Muebles – fabricación (madera)**	**M**
Electrónica - fabr. Aparatos	**B**	**Muebles – fabricación (metal)**	**B**
Electrónica – rep. Aparatos	**M**	**Molinos harineros**	**M**
Motores eléctricos – fabr.	**--**	**Resinas sintéticas – Fabr.**	**M**

FUENTE: Elaboración en base a la NB 58005, pág. 8

2.1.1.5. Nivel de riesgo intrínseco del sector

El nivel de riesgo intrínseco, categoriza el grado de riesgo de un determinado sector, en caso de que llegase a ocurrir un incendio, es decir de un sector de incendio refleja cual es el riesgo en este ante un posible incendio, derivado de la cantidad de materiales combustibles presentes. Para determinar el Nivel de Riesgo Intrínseco del sector sujeto a evaluación se debe tener calculada su carga de fuego ponderada (Qp), y deberá compararse el valor obtenido en Mcal/m2 o MJ/m2 de dicha carga con los valores establecidos según el nivel del riesgo, tal como se indica en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Valores para la clasificación del Riesgo Intrínseco.

Nivel de Riesgo Intrínseco		**Densidad de carga de fuego ponderada**	
Tipo	**Valor**	**Mcal/m^2**	**MJ/m^2**
Bajo	**1**	**Qp ≤ 100**	**Qp ≤ 425**
	2	**100 < Qp ≤ 200**	**425 < Qp ≤ 850**
Medio	**3**	**200 < Qp ≤ 300**	**850 < Qp ≤ 1275**
	4	**300 < Qp ≤ 400**	**1275 < Qp ≤ 1700**
	5	**400 < Qp ≤ 800**	**1700 < Qp ≤ 3400**
Alto	**6**	**800 < Qp ≤ 1600**	**3400 < Qp ≤ 6800**
	7	**1600 < Qp ≤ 3200**	**6800 < Qp ≤ 13600**
	8	**Qp > 3200**	**13600 < Qp**

FUENTE: Elaboración en base al instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales.

2.1.1.6. Tipos de incendio asociación nacional de protección contra el fuego

Se determinó el tipo de extintor que se debe instalar en un determinado sector, se debe realizar el posible tipo de fuego con la que se debe tratar. La siguiente tabla sacada de la NFPA 10 (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego), norma que hace referencia a la operatividad de los extintores portátiles e indica que deben mantenerse totalmente cargados, en condiciones operables y en sus lugares asignados en todo momento. A continuación, se muestra la clasificación de fuegos según el tipo de material sometido a un incendio:

Tabla 6. Tipos de incendio.

TIPO DE INCENDIO	CARACTERÍSTICAS	CHECK SEGÚN EXISTENCIA EN LA EMPRESA
Incendio Clase A	Los incendios de Clase A son incendios de materiales combustibles sólidos, como la madera, tela, papel, caucho y plástico.	Aplicable al estudio
Incendio Clase B	Los incendios de Clase B son incendios de líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas, a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.	Aplicable al estudio
Incendio Clase C	Los incendios de Clase C son incendios que involucran combustibles gaseosos como acetileno, metano, propano, butano, gas natural.	Aplicable al estudio
Incendio Clase D	Los incendios de Clase D son incendios de metales combustibles como el magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.	No aplicable al estudio
Incendio Clase K	Los incendios Clase K son incendios de electrodomésticos que involucran combustibles para cocinas (aceites y grasa vegetales o animales)	Aplicable al estudio

FUENTE: Elaboración en base a datos de la Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego (NFPA 10).

2.1.1.7. Eficiencia mínima requerida según el espacio cubierto.

Se determinó la eficacia requerida para la dotación de extintores portátiles que se aplicara en un determinado sector de la subestación, se verifica el nivel de riesgo de cada sector según su carga de fuego y al espacio del área del sector, por ello se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Eficiencia de extintores según tipo de fuego.

INCENDIOS CLASE A						
Grado de Riesgo Intrínseco del sector de incendio		**Eficacia mínima del extintor**		**Área máxima protegida del sector de incendio**		
BAJO		21 A		Hasta 600 m^2 (añadir un extintor más por cada 200 m^2, o fracción en exceso)		
MEDIO		21 A		Hasta 400 m^2 (añadir un extintor más por cada 200 m^2, o fracción en exceso)		
ALTO		34 A		Hasta 300 m^2 (añadir un extintor más por cada 200 m^2, o fracción en exceso)		
INCENDIOS CLASE B						
Volumen máximo de combustibles líquidos en un sector de incendio (litros)						
V ≤ 2000	20 < V ≤ 50	50 < V ≤ 100	100 < V ≤ 200	200 < V ≤ 750	750 ≤ V ≤ 200	2000 < V
Eficiencia mínima del extintor				**Condición de instalación**		
113B	113B	144B	233B	Un extintor adicional tipo BC o ABC de 50 kg.	Dos extintores adicionales tipo BC o ABC de 50 kg.	Añadir hidrante, detector de fuego, etc.

FUENTE: Elaboración en base a los datos del Real Decreto 2267/2004. España.

2.1.1.8. Selección del tipo de químico de un extintor según tipo de fuego.

Se determinó la composición del agente químico del extintor expuesto, se deberá repasar el tipo de fuego con el que se trate en el sector estudiado. Es importante conocer las características de los diferentes tipos de extintores, clasificado por su agente extintor, que es el material dentro del extintor que se aplica al fuego y está relacionado con la siguiente tabla:

Tabla 8. Tipo de agente químico de extintores según tipo de fuego.

Agente químico	**Tipo de Fuego Según NFPA - 10**		
	A	**B**	**C**
Agua pulverizada	Excelente	Aceptable	-
Agua en chorro	Adecuado	-	-
Polvo BC	-	Excelente	Adecuado
Polvo ABC	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Espuma física	Adecuado	Adecuado	-
Anhídrido carbónico	Aceptable	Aceptable	-
Hidrocarburos halogenados	Aceptable	Adecuado	-
Acetato de Potasio	Exclusivo para fuegos tipo K		

FUENTE: Elaboración en base a los datos de la Asociación Nacional de Protección.

2.1.1.9. Características en peso o volumen del extintor

Una vez determinado el tipo de extintor y su agente químico, se procede a continuar determinando la clase de fuego en cada sector, todos los extintores deberán tener sobre su superficie, un rotulado autoadhesivo resistente a la intemperie indicando el tipo de agente extintor, capacidad de extinción en rating, clase de fuego en el que puede ser utilizado e instrucciones y manejo que se encuentran extintores de clase A y B, cual ayuda la eficacia de extintor necesario en la siguiente tabla:

Tabla 9. Eficacia de extinción requerida para la selección de extintores, según la clase de fuego.

Selección de extintores para fuegos de Clase A									
Agente extintor	**Eficiencia de Extinción necesaria**								
	5 A	8 A	13 A	21 A	27 A	34 A	43 A	55 A	
Agua y espuma (l)									
Polvo (kg)	1	2	4	6	9	9	12	12	
Selección de extintores para fuegos de Clase B									
	Eficiencia de Extinción necesaria								
Agente extintor	21 B	34 B	55 B	70 B	89 B	113 B	144 B	183 B	233 B
Agua y espuma (l)	-	2	3	3	3	6	6	9	9
Polvo (kg)	1	2	3	4	4	6	9	12	12
CO_2 (kg)	2	2	5	5	5	5	5	5	5
Hidrocarburos halogenados (kg)	1	2	4	6	6	6	6	6	6

Fuente: Elaboración en base a los datos del Real Decreto 2267/2004. España.

- **Riesgo bajo.**

  "Las ocupaciones de riesgo bajo se deben clasificar como localizaciones donde la cantidad y combustibilidad de materiales combustibles. Clase A e inflamables clase B es baja y se esperan incendios con tasas de liberación de calor relativamente bajas. Estas ocupaciones consisten en riesgos de incendio que normalmente contienen cantidades esperadas de mobiliarios combustibles clase A y/o la cantidad total anticipada de inflamables clase B, se espera sea menor a 4 litros en cualquier ambiente o área." (NB 58005, 2007)

- **Riesgo medio.**

  "Las ocupaciones de riesgo medio se deben clasificar como lugares donde la cantidad y combustibilidad de materiales de materiales combustibles clase A e inflables clase B es moderada y se esperan incendios con tasas de moderadas de liberación de calor. Estas ocupaciones consisten en riesgos de incendio que solo contienen ocasionalmente materiales combustibles clase A más allá del mobiliario normal esperado y/o la cantidad total de inflamable clase B esperados típicamente es de 4 litros a 19 litros en cualquier cuarto o área." (NB 58005, 2007)

- **Riesgo alto.**

  "Las ocupaciones de riesgo alto se deben clasificar como lugares donde la cantidad y combustibilidad de material combustible clase A son altas o donde existen grandes cantidades de inflamables clase B y se esperan incendios de crecimiento rápido con tasas de liberación de calor. Estas ocupaciones tienen riesgo de incendio relacionados con el almacenamiento, empaque, manejo o fabricación de combustible clase A y/o la cantidad total de inflamables clase B esperada es mayor de 19 litros en cualquier cuarto o área." (NB 58005, 2007)

- **Resistencia al fuego.**

  "Es el tiempo que un elemento pierde la capacidad de cumplir la función para la cual fue diseñado. El concepto de resistencia al fuego esta en relación con la capacidad de evacuación del humo de incendio y por consiguiente del calor de la combustión, cuando menos capacidad de evacuar humo tenga un sector de incendio, o cuanto más rápido se genera el calor, más tiempo de resistencia al fuego necesita para compensar la mayor velocidad de aumento de la temperatura de la estructura". (NB 58005, 2007)

- **Sector de incendio.**

  "Local o conjunto de locales, delimitados por muros y entrepisos de resistencia al fuego, acorde con el riesgo y la carga de fuego que contiene, comunicado con un medio de escape.

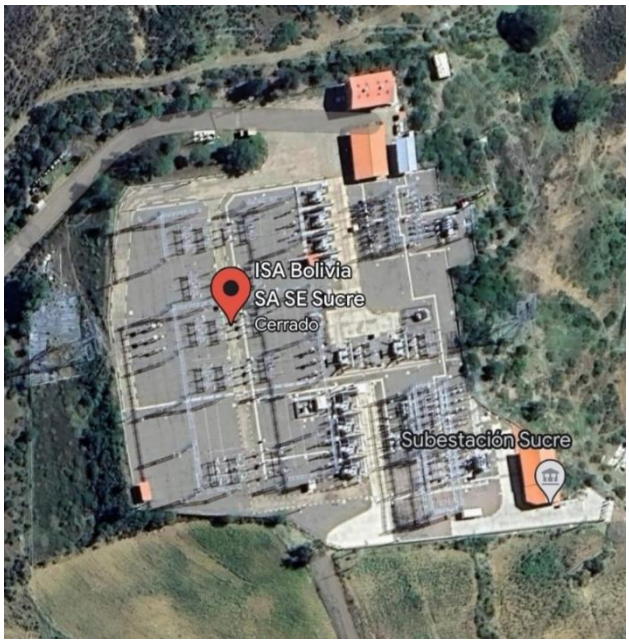
  Un sector de incendio es aquel capaz de contener un fuego, en el sentido que no permite que avance el fuego, es decir, el sector de incendio es un lugar con una resistencia al fuego durante el tiempo de resistencia al fuego y da tiempo a la respuesta de los servicios de emergencia". (NB 58005, 2007).

2.1.2. Marco contextual.

2.1.2.1. Descripción de la subestación Isa Sucre Bolivia S.A.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Interconexión Electrica Sucre S.A. de la ciudad de Sucre, cual se encuentra en Chuquisaca, camino a Cochabamba, a unos 7 kilómetros de la Ciudad de Sucre, dentro de la comunidad Zapatera distrito 6, que tiene alrededor de 165 habitantes. ISA BOLIVIA es una empresa prestadora de servicio público de transporte de energía en alta tensión del país con una participación aproximada del 13 % en transmisión en 230 kV y del 8,3 % en el Sistema de Transmisión Interconectado en Bolivia. ISA Bolivia es una sociedad anónima constituida en Bolivia bajo la razón de Interconexión Electrica ISA Bolivia S.A., el 14 de julio de 2003 con testimonio 666/2003 ante la Notaria de Fe publica Nº 61 de La Paz, con NIT 1025259028 e inscrita ante el Servicio de Registro de Comercio con la matricula Nº 00104625. La subestación está construida en 10632 m^2, área construida para la distribución, generación, transmisión y de energía eléctrica donde se dividen en diferentes bloques: sala de control, oficinas, taller, y el almacén de químicos y sustancias peligrosas.

Ilustración 2. Ubicación Satelital Isa Sucre Bolivia S.A.



FUENTE: Fotografía satelital en Google Maps

Tabla 10. Descripción de la subestación.

IDENTIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN	
Razón Social de la empresa:	Interconexión Electrica ISA BOLIVIA S.A.
Nombre del Representante:	Fernando Almario Argüello
Nº de RUC (NIT):	CE 0024123 CO
Nº de matrícula:	0186603
Actividad principal:	Distribución, generación, transmisión y de energía eléctrica
Domicilio legal:	Comunidad Zapatera, distrito 6, CA S/N
Ciudad:	Sucre
Zona:	CAL ORKO
Teléfono:	3 3701323
Correo:	Correspondencia@isa.com.bo
Total, de superficie ocupada:	10632.00 m^2
Numero de Edificaciones o pisos:	3 BLOQUES: planta de diésel, sala de baterías, sala de control, oficinas
Área construida para:	Distribución, generación, transmisión y de energía eléctrica
Turnos y horas de trabajo:	**LUNES A JUEVES (2 TURNOS):** Entrada: 07:30 Salida: 17:30 **VIERNES (1 TURNO):** Entrada: 07:30 Salida: 12:30

FUENTE: Elaboración e investigación propia.

La subestación ISA Bolivia S.A. está ubicada en una trayectoria de aire limpio a unos kilómetros de la ciudad de Sucre, lo que permite que los vientos dominantes alejen cualquier escape de gas o vapor inflamable de los equipos eléctricos, cual es importante para evitar la acumulación de gases inflamables cerca de los transformadores y otros componentes eléctricos, el estado de las tuberías de transporte de gas natural están en buen estado a pesar de eso se presentan signos de oxidación debido al ambiente salino, y es crucial evaluar su integridad y considerar medidas de protección contra la corrosión para evitar fuga de la misma, la penetración de humedad en los cables bajo tierra, en presencia de un campo eléctrico, pueden reducir la fuerza dieléctrica del aislamiento del cable y esto puede resultar en descomposturas dieléctricas debido a transitorios causados por rayos o cambios en la carga eléctrica, los transformadores son vitales en la subestación, por ello el estrés físico extremo en los devanados es una causa común de descomposturas y el calentamiento excesivo acelera la degradación del aislamiento, por 10 ºC de aumento en temperatura, la tasa de descomposición térmica se duplica, el almacenamiento de materiales inflamables dentro de las instalaciones pueden aumentar el riesgo de explosiones en la subestación, y según norma NFPA existen tipos de puertas para evitar la entrada de luz, llamas o gases, por ello en el análisis se debe considerar la carga de fuego como también los riesgos eléctricos específicos de la subestación.

La subestación Sucre, cuenta con una configuración de barra principal y barra de transferencia en nivel de 230 Kv. Tiene dos campos de línea a 230 Kv y uno d transformación 230/69 kV, 60 MVA. Se conecta por el lado de 69 Kv a la línea hacia la subestación Aranjuez de la TDE. El terreno está divido en secciones, donde se encuentra la sala de control, sala de baterías, planta de diésel, taller, almacenamiento de residuos y sustancias peligrosas, y dos oficinas que están dentro de la subestación.

Dentro de la misma infraestructura para oficina, aunque no son el componente principal, desempeñan funciones esenciales para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de la subestación como ser el monitoreo y control de los equipos, y también se lleva a cabo la documentación de inspecciones, mantenimiento y fallas.

Un factor a considerar que es bastante importante, es que la mayor parte de la superficie está expuesta al aire libre, entonces en caso de que se inicie un incendio este podría avivarse más en poco tiempo, por el oxígeno que va fluyendo por la corriente de viento.

Actualmente se realizaron cuatro simulacros de evacuación de incendios y primeros auxilios en las subestaciones de ISA BOLIVIA con presencia de colaboradores y contratistas, detectando oportunidades de mejora y definiendo planes de acción para el cierre de estas, y contar con extintores en diferentes áreas de la infraestructura, pero que no se encontraban posicionados correctamente en lugares propensos a un incendio.

En cumplimiento con el reglamento de Prevención y Control Ambiental de la Ley de Medio Ambiente Nº 1333, se realizó el seguimiento ambiental correspondiente, para lo cual se presentaron ante el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y al Ministerio de Hidrocarburos y Energía los informes de Monitoreo Ambiental anuales correspondientes a todos los proyectos que se tienen actualmente, cumpliendo con los plazos definidos.

De acuerdo a lo establecido en los compromisos asumidos en cada licencia ambiental, se realizó la medición de ruido en la subestación Sucre. Las mediciones se encuentran dentro de los límites permisibles de acuerdo ley.

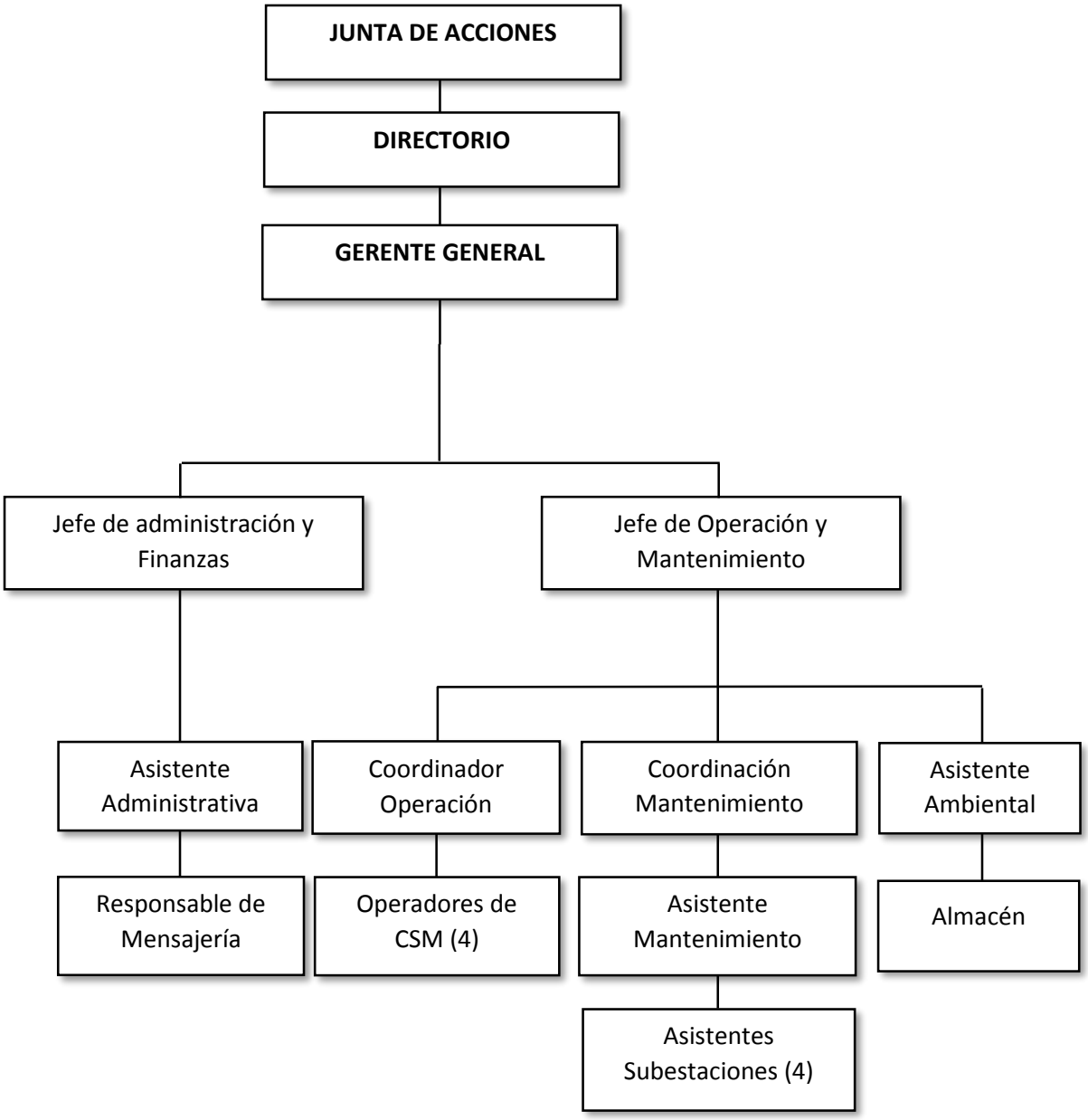
En la presente gestión no se tuvieron accidentes ambientales y por consiguiente no se registraron multas ni sanciones por esta razón, pero si se reportó un accidente de un contratista de ISA Bolivia. La tasa de incidencia de enfermedades profesionales (TIEP) equivale a un 0 %.

ISA Bolivia tiene establecidas prácticas de medicina preventiva y salud laboral que fortalecen el compromiso incorporando también prácticas y competencias para la atención de emergencias de seguridad y salud en el trabajo. Por ello anualmente se entrega al personal los elementos de protección personal para realizar las actividades relacionadas a sus cargos y de acuerdo con la regulación se cumple con la afiliación de todo el personal a la seguridad social en la Caja Petrolera de Salud.

Por otra parte, ISA Bolivia ejecutó la construcción de un proyecto para ampliar la subestación Sucre a 230/115 kV, el cual forma parte del plan de expansión del Sistema Interconectado Nacional. El proyecto aprobado por una inversión de USD 8 millones, comprende la instalación de un banco de transformadores 230/115 kV, con una capacidad de 100 MVA y la línea de transmisión Sucre – Padilla a 115 kV, para evitar racionamientos en el área rural de Sucre, y de la línea Sucre – Karachipampa – Potosí a 115 kV, que aumentará la confiabilidad del servicio en el país.

2.1.2.2. Organización de la empresa.

Ilustración 3. Organigrama de la empresa ISA Bolivia S.A.



FUENTE: Elaboración propia.

2.1.2.3. Descripción de áreas principales de la subestación.

Como se puede observar en el organigrama de la empresa, que cuenta con 4 áreas principales dentro de la subestación, a su vez apoyadas cada una por una sub áreas auxiliares y distribuidas de la siguiente manera:

- Área de administración.
- Área de mantenimiento.
- Área de suministro.
- Área de almacenamiento.

2.1.2.4. Área de administración.

La administración en una subestación se encarga de asegurar que la energía eléctrica se distribuya de manera segura y eficiente, contribuyendo al funcionamiento óptimo del sistema eléctrico, es decir tiene la función de adaptar los parámetros eléctricos de la energía, proteger y controlar el flujo de energía, y regular la calidad de electricidad suministrada, en ella se encuentran los tableros eléctricos que permiten detectar problemas y fijar soluciones para un correcto funcionamiento del sistema, si ocurre un fallo eléctrico, se realiza el debido reporte para actuar sobre una falla electrica en el suministro de energía, posterior a ello se realiza una evaluación de fallas para garantizar su eficiencia y seguridad, y por último se incluye en los registros, se documentan y almacenan detalles relevantes sobre la operación, mantenimiento y eventos relacionados con sistemas eléctricos. Estos registros son esenciales para el seguimiento, análisis y mejora de la confiabilidad del sistema.

Figura 1. Área de Administración.

FUENTE: Fotografía tomada en visita a la subestación Isa Sucre S.A.

2.1.2.5. Área de mantenimiento.

El mantenimiento en una subestación eléctrica incluye inspecciones como la observación detalladamente de la subestación y los equipos, pruebas para conocer el estado actual de los equipos y predecir posibles fallas, ajustes, verificaciones periódicas para comprobar el funcionamiento de los equipos y detectar fallas progresivas y reparaciones para garantizar su confiabilidad y seguridad.

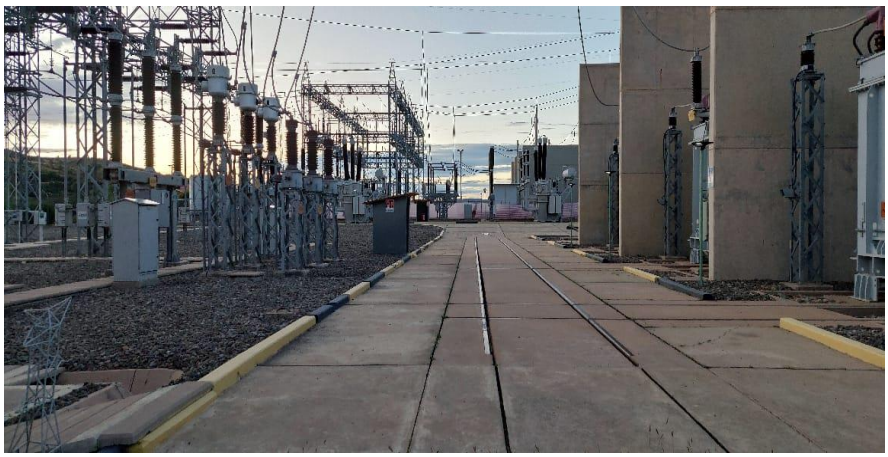
Figura 2. Área de mantenimiento.

FUENTE: fotografía tomada en visita a la subestación Isa Sucre S.A.

2.1.2.6. Área de suministro.

El suministro en una subestación eléctrica tiene una función principal que es recibir energía generada en centrales y la planta eléctrica, elevando su tensión y conectarla a las grandes líneas que distribuyen la electricidad a ciudades, en el caso de la subestación Sucre cuenta con dos campos de línea a 230 kV, y uno de transformación 230/69 kV, 60 MVA.

Figura 3. Área de suministro.

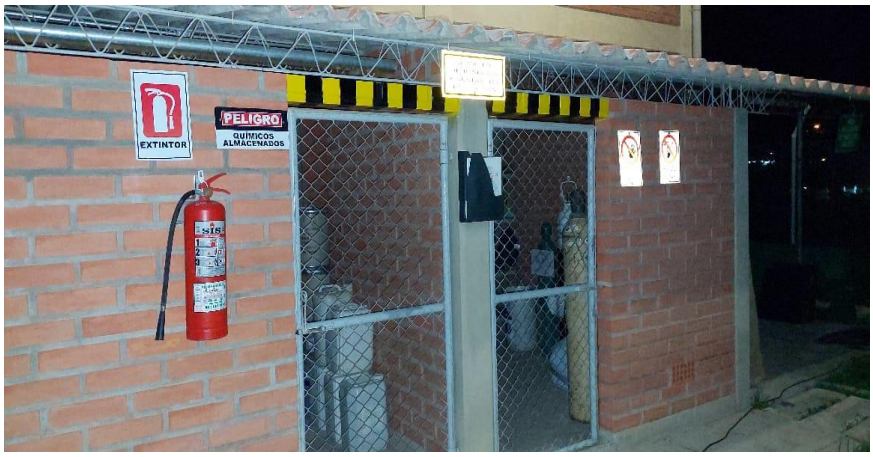


FUENTE: fotografía tomada en visita a la subestación Isa Sucre S.A.

2.1.2.7. Área de almacenamiento

Un almacén en una subestación eléctrica, se encuentra la recepción de todos los materiales de las mercancías, es decir control e inventario de los productos almacenados como aceites dieléctricos, transformadores, interruptores, condensadores, herramientas y equipos de mantenimiento ante un derrame en el suelo por decir, porque existe un taller en la subestación, con el espacio adecuado a parte de las herramientas en orden que se encuentra, donde se realiza el mantenimiento de los equipos**.**

Figura 4. Área de almacén de productos químicos y sustancias peligrosas.



FUENTE: fotografía tomada en visita a la subestación Isa Sucre S.A.

A su lado se encuentra el área de acopio de residuos sólidos, donde se recibe o se recolecta residuos como plásticos, latas, papel, cartón, metal, vidrio o incluso residuos no aprovechables como papel higiénico, servilletas, papeles y cartones contaminados con comida, desechos peligrosos como las pilas, baterías, aerosoles.

Figura 5. Área de acopio de residuos sólidos.

FUENTE: fotografía tomada en visita a la subestación Isa Sucre S.A.

2.1.3. Marco conceptual.

2.1.3.1. Peligro.

Se denomina así a la fuente, situación o acto con el potencial del daño en términos de lesiones o enfermedades o la combinación de ellas.

Esto implica evaluar los materiales presentes y su potencial inflamabilidad, al igual para mitigar el peligro de carga de fuego, se debe implementar medidas preventivas.

2.1.3.2. Riesgo.

El riesgo es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento o exposición peligrosa y la severidad de las lesiones o daños o enfermedad que pueden provocar el evento o la exposición.

El riesgo puede ser crítico para la seguridad y prevención de incendios, y se debe de considerar la carga de fuego ponderada y corregida al diseñar sistemas de protección contra incendios.

2.1.3.3. Fuego.

Es la consecuencia del calor y luz que producen durante las reacciones químicas, denominadas estas de combustión. En la mayoría de los fuegos, la reacción de combustión se basa en el oxígeno del aire, al reaccionar este con un material inflamable, tan como el petróleo, la madera, la ropa, o los solventes, los cuales entran en la clasificación química general.

2.1.3.4. Reacción química

Una reacción química en cadena puede ocurrir cuando los otros tres elementos están presentes en las condiciones y proporciones apropiadas. El fuego ocurre cuando se lleva a cabo esta rápida oxidación.

2.1.3.5. Agentes activos y pasivos

La protección activa se centra en detectar y extinguir el fuego, así como controlar el fuego como los sistemas de detección, extintores y rociadores, y la protección pasiva busca contener y limitar la propagación del fuego y humo. No requiere intervención humana.

2.1.3.6. Triangulo de fuego.

Es un modelo que describe los tres elementos necesarios para que se produzca fuego o combustión, que son el oxígeno, calor y combustible, sin uno de estos tres elementos, no puede existir un fuego.

En general la reacción de combustión, reside en el oxígeno del aire para que este apoye la combustión, pero esta no es la única fuente de oxígeno, en su estructura para quemarse sin que el aire ayude, solamente requiere calor.

Ilustración 4. Triangulo de Fuego.

FUENTE. Imagen sacada de la página de la página Nociones Básicas sobre el Fenómeno de fuego https://iutsi.wordpress.com/1077-2/

2.1.3.7. Combustible.

Este puede ser cualquier material combustible, ya sea sólido, líquido o gas. La mayoría de los sólidos y líquidos se convierten en vapores o gases antes de entrar en combustión.

2.1.3.8. El calor

Es la energía requerida para elevar la temperatura del combustible hasta el punto en que se despiden suficientes vapores que permiten que ocurra la ignición.

2.1.3.9. Oxigeno

Es energía que respiramos, está compuesto de 21% de oxígeno. El fuego requiere una atmosfera de por lo menos 16% de oxígeno, al igual es un carburante.

2.1.3.10. Prevención

Conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo (INSST).

2.2. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

En esta sección, se presentarán la información de las instalaciones de la subestación como las áreas de cada uno de ellos, poderes caloríficos de los combustibles presentes en cada área, y posteriormente se tienen los resultados obtenidos del cálculo de la carga de fuego total y el nivel de riesgo para cada sector, utilizando tanto la metodología vigente (NB 58005) como la normativa europea (R.D. 2267/2004). Además, se compararán y discutirán los resultados obtenidos a partir de ambas metodologías.

2.2.1. Análisis de método y cálculos numéricos en los métodos utilizados.

Datos de ingreso:

Tabla 11. Sectores por Área.

Sectores	Superficie útil en m^2	
Sala de control (suministro)	8.5 m. x 6 m.	51
Taller (mantenimiento)	12 m. x 8 m.	96
Almacén de químicos almacenados (almacén)	8 m. x 3 m.	24
Oficinas (administración)	9 m. x 4.5 m.	40.5
Sala de baterías	5.5 m. x 4 m.	22
Planta diésel	5.5 m. x 4 m.	22
Bahía	100 m. x 95 m.	9500
Total, de superficie		**9755.5 m^2**

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.2. Listado y cálculo del peso total de los combustibles.

Todo aquel material combustible con la capacidad de provocar ignición en la subestación eléctrica Isa Sucre Bolivia S.A. fue identificado de acuerdo a sus sectores y se encuentran registrados en un listado.

Terminando, el cálculo del peso total de los materiales solidos fue registrado y los líquidos, se registró su volumen para luego calcular su peso a través de su densidad.

2.2.3. Poderes caloríficos.

Dada la infinidad de materiales combustibles, de acuerdo al tipo de material registrado, se realizó una recopilación de datos de los poderes caloríficos de los combustibles sometidos al estudio, en cual se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 12. Poderes caloríficos relevantes del estudio de carga de fuego.

Combustibles relevantes	Poder calorífico (MJ/kg)	Poder calorífico (Mcal/kg)
Cartón	300	72
Pallets de madera	16,75	4
Papelería	16,75	4
Electricidad, almacén de materiales de	400	96
Materiales usados, tratamiento	800	192
Materiales sintéticos	2010	480
Tacho plástico para basura	25	6
Cajas plásticas de productos	25	6
Computadora	41.88	10
Estantes metálicos	4.19	1
Cables con aislamiento	25.13	6

FUENTE: Elaboración en base a NB 58005, Pág. 28.

La tabla presenta los poderes caloríficos de combustibles relevantes del estudio de carga de fuego, expresados en unidades de energía por unidad de masa, tanto en kilocalorías por kilogramo (kcal/kg) como en mega julios por kilogramo (MJ/kg).

Estos valores son fundamentales para comprender la capacidad de cada combustible para liberar energía cuando se quema proporciona información valiosa para comprender las características y el potencial energético de diferentes combustibles, lo que puede ser fundamental en la planificación y gestión de sistemas energéticos y en la evaluación de riesgos relacionados con la seguridad contra incendios y la salud ambiental**.**

2.2.4. Cálculo de Peso y Carga de Fuego Ponderada de los Materiales de las instalaciones de ISA BOLIVIA S.A

Tabla 13. Poderes caloríficos de las sustancias combustibles del almacén de químicos de ISA BOLIVIA S.A.

Material combustible	Peso Total (Kg)	Poder calorífico (MJ/Kg)
Gasolina	11	46
Diésel	10.7	44.80
PVC	4.29	17.96
Plástico	9.8	41.03
GLP	13	54.43

FUENTE: Elaboración Propia

La tabla muestra el peso total de cada material en kilogramos y su correspondiente poder calorífico en (MJ/Kg). La carga de fuego es una medida de la energía liberada durante la combustión completa de un material. Para proceder a calcular la carga de fuego a partir de un estudio, es necesario los poderes caloríficos de los materiales combustibles y su relevancia, para determinar la cantidad de energía que puede liberarse en caso de un incendio. Observamos que la GLP tiene el mayor poder calorífico entre los materiales listados, con 54.43 MJ/Kg, seguida por la gasolina con 46 MJ/Kg y así sucesivamente. Esto indica que, en caso de incendio, estos materiales pueden liberar una gran cantidad de energía, lo que los hace altamente inflamables y peligrosos en entornos donde pueda ocurrir una combustión no controlada.

Por otro lado, el PVC tiene el poder calorífico más baja entre los materiales listados, con solo 17.96 MJ/Kg. Esto significa que el PVC es menos inflamable en comparación con los demás materiales, lo que lo convierte en un material más seguro en términos de riesgo de incendio. Es importante considerar los poderes caloríficos al diseñar sistemas de seguridad contra incendios y al almacenar o manipular estos materiales para minimizar el riesgo de accidentes.

Tabla 14. Datos de la actividad en el área de almacén químico y sustancias peligrosas mediante NB 58005.

Material	Peso/unidad (kg)	Cantidad	Peso total (kg)	Hi (Mcal/kg)	Ci	$\sum P_i * H_i * C_i$	Área (m2)	Ra	Qp (Mcal/m2)	Nivel de riesgo
Basureros de plástico	4,5	6	27	10	1,2	324	24	1	13,5	1 - Bajo
Pallets de madera	15,6	2	31,2	4	1,2	149,76	24	1	6,24	1 - Bajo
Residuos de plásticos	10	1	10	10	1,2	120	24	1	5	1 - Bajo
Residuos metálicos	20	1	20	6	1	120	24	1	5	1 - Bajo
Cajas de cartón	1,2	10	12	1	1,5	18	24	1,5	1,125	1 - Bajo
Aceite de lubricante	266,5	2	533	11	1,2	7035,6	24	3	879,45	6 - Alto
Cajas plásticas de producto	1,88	4	7,52	6	1	45,12	24	1,5	2,82	1 - Bajo
Papelería	40	1	40	4	1	160	24	1	6,666666667	1 - Bajo
Medios Bidones plásticos	2	1	2	8	1	16	24	1,5	1	1 - Bajo
Envases de 1/2 bidones	1	5	5	6	1	30	24	1,5	1,875	1 - Bajo
Cilindro de Gas Carbónico	90	3	270	1	1	270	24	1,5	16,875	1 - Bajo
								TOTAL	**939,55**	

FUENTE: Elaboración propia

Esta tabla proporciona información sobre el área del almacén de químicos y sustancias peligrosas dentro de la subestación Sucre Isa Bolivia, para ello primero se multiplica el peso del material por la cantidad de la misma, una vez teniendo el peso total se procede a multiplicar la misma por su poder calorífico (Hi) y su factor de peligrosidad (Ci), posteriormente el resultado entre ellos es multiplicado por el factor de Riesgo (Ra) y dividido entre la área de la instalación, por último se tiene la carga de fuego calculado y su nivel de riesgo de incendio que produce en dicha área de la subestación. En este caso se procede a calcular el total de carga de fuego en el área de almacén de químicos y sustancias peligrosas con un total de 939,55 Mcal/m2 y así sucesivamente para las áreas de administración, mantenimiento y suministro.

Tabla 15. Datos de la actividad en el área de almacén químico y sustancias peligrosas mediante norma europea R.D. 2267/2004.

La superficie total del sector o establecimiento, **A = 24 m²**

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m³ o MJ/m²	Ci	hi m	Si m²	Suma
1	Produc.	Sacos de plástico	2	600	1.3		24	18720
2	Produc.	Paletas de madera	2	1000	1.3		24	31200
3	Produc.	Artículos metálicos, chatarras	1	80	1		24	1920
4	Produc.	Cartón	1.5	300	1.3		24	9360
5	Produc.	Sacos de papel	1.5	800	1.3		24	24960
6	Produc.	Materias sintéticas, artículos de	1.5	600	1.3		24	18720
7	Almac.	Depósitos Merc. incomb. en cajas de plástico	1	200	1.3	2	24	12480
8	Almac.	Productos químicos combustibles	2	1000	1.3	2	24	62400
		Mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa más del 10% de la suma de superficies **Ra**	**2**				**Total**	**179760**

$$QS = \frac{179760\ MJ}{24\ m^2} * 2 = 14980 \frac{MJ}{m^2}$$

$$QS = 14980 \frac{MJ}{m^2} * \frac{0{,}2388\ Kcal}{1\ MJ} = 3577{,}22 \frac{Mcal}{m^2}$$

FUENTE: Elaboración propia mediante el software konstruir

A diferencia del método NB 58005, este método se apoya de un software que se encuentra en línea con el nombre de kontruir, esta aplicación realiza el cálculo de la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Qs, de un establecimiento o sector de incendio, para actividades de almacenamiento o producción, transformación, reparación según R.D. 2267/2004 del reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales. Los cálculos que realiza los hace mediante datos del área del sector o establecimiento, altura de actividad, seleccionando la actividad industrial y su tipo, y de acuerdo a eso el software tomara los datos relacionando con el coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (Ci), coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (Ra), y así termina calculando la densidad de carga de fuego ponderada (Qs) y corregida en MJ/m2 y la carga de fuego aportada por cada m3 o m2 (qvi = MJ/m3 o qsi = MJ/m2) de cada zona con diferente tipo de almacenamiento existente en el sector de incendio.

Tabla 16. Datos de la actividad en el área de administración mediante NB 58005.

Material	Peso/unidad (kg)	Cantidad	Peso total (kg)	Hi (Mcal/kg)	Ci	$\sum P_i * H_i * C_i$	Área (m2)	Ra	Qp (Mcal/m2)	Nivel de riesgo
Sillas de oficina	5,85	2	11,7	4	1	46,8	40,5	1,5	1,733333333	1-Bajo
Escritorio de madera	60	2	120	4	1	480	40,5	1,5	17,77777778	1-Bajo
Papelería	5	3	15	4	1,2	72	40,5	1	1,777777778	1-Bajo
Computadora	16,5	2	33	10	1,2	396	40,5	1	9,777777778	1-Bajo
Estante metálico	6,5	2	13	1	1	13	40,5	1	0,320987654	1-Bajo
Teléfono	0,4	1	0,4	10	1,2	4,8	40,5	1	0,118518519	1-Bajo
Impresoras	4,5	2	9	10	1,2	108	40,5	1	2,666666667	1-Bajo
Calculadoras	0,15	2	0,3	10	1,2	3,6	40,5	1	0,088888889	1-Bajo
Basureros plásticos pequeños	2,5	2	5	10	1,2	60	40,5	1	1,481481481	1-Bajo
								TOTAL	**35,74**	

FUENTE: Elaboración propia

La tabla proporciona una evaluación detallada de la carga de fuego ponderada, poderes caloríficos, el factor de peligrosidad, grado de peligrosidad y el área del sector de las oficinas que es de 40,5 m2, y los materiales presentes en el entorno al área de administración de la empresa ISA Bolivia. En este caso, se observa que los materiales como los escritorios de madera, la computadora con una carga de fuego ponderada más alta a comparación con los demás materiales, y sumando los demás materiales se tiene una carga de fuego ponderad de 35,75 Mcal/m2, estos datos son relevantes para evaluar y gestionar los riesgos de incendio en el área de trabajo.

Tabla 17. Datos de la actividad en el área de administración mediante norma europea R.D. 2267/2004.

La superficie total del sector o establecimiento, **A = 40.5 m²**

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m³ o MJ/m²	Ci	hi m	Si m²	Suma
1	Produc.	Teléfonos	1.5	400	1.3		40.5	21060
2	Produc.	Papelería	1.5	800	1.3		40.5	42120
3	Produc.	Estanterías metálicas	1	40	1		40.5	1620
4	Produc.	Aparatos electrónicos	1	400	1.3		40.5	21060
5	Produc.	Muebles de madera, barnizado	1.5	500	1.3		40.5	26325
6	Almac.	Cables	1.5	600	1	3	40.5	72900
		Mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa más del 10% de la suma de superficies **Ra**	**1.5**				**Total**	**185085**

$$QS = \frac{185085\ MJ}{40{,}5\ m^2} * 1{,}5 = 6855\frac{MJ}{m^2}$$

$$QS = 6855\frac{MJ}{m^2} * \frac{0{,}2388\ Kcal}{1\ MJ} = 1636{,}97\frac{Mcal}{m^2}$$

FUENTE: Elaboración propia mediante el software konstruir

En este caso con la ayuda del software se tiene un total de 185085 MJ, que pasa a dividir entre el área del sector y posteriormente se transforma en unidades en que se trabajó en la NB 58005, teniendo una carga de fuego ponderada de 1636,97 Mcal/m2, lo que excede a los resultados de la NB 58005, esto nos ayudara a decidir la metodología adecuada para el estudio de carga, al igual al requerimiento de los extintores. Es importante explicar que realizar los cálculos de manera manual pueden llegar a ser amplios pero precisos, esto debido a que se cuenta con los poderes caloríficos y la cantidad de materiales exacta dentro de la subestación electrica, mientras que un software toma datos de los materiales en un rango especifico, lo cual genera la comparación entre ambas metodologías que determinan la carga de fuego de cada sector y determina el requerimiento de extintores en cada sector de la subestación.

Tabla 18. Datos de la actividad en el área de mantenimiento mediante NB 58005.

Material	Peso/unidad (kg)	Cantidad	Peso total (kg)	Hi (Mcal/kg)	Ci	$\sum P_i * H_i * C_i$	Área (m2)	Ra	Qp (Mcal/m2)	Nivel de riesgo
Diésel	60	5	300	11	1,6	5280	96	1,5	82,5	1-Bajo
gasolina	20	2	40	11	1,6	704	96	1,5	11	1-Bajo
PVC	30	1	30	6	1	180	96	1	1,875	1-Bajo
Pallets de madera	15,6	8	124,8	4	1,2	599,04	96	1	6,24	1-Bajo
Repuestos metálicos	6,5	2	13	1	1	13	96	1	0,135416667	1-Bajo
Piezas y herramientas metálicas	480	1	480	1	1	480	96	1,5	7,5	1-Bajo
Estantes metálicos	65	4	260	1	1	260	96	1,5	4,0625	1-Bajo
Cables con aislamiento	45	5	225	6	1	1350	96	1,5	21,09375	1-Bajo
								TOTAL	**134,41**	

FUENTE: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra una lista de materiales presentes en el área de mantenimiento, junto con su peso total, índice de calor, factor de peligrosidad y su carga de fuego ponderada. Destacan materiales como el diésel y los pallets de madera, que tienen una carga de fuego más significativa debido a su mayor peso y factores de peligrosidad. En este caso, la carga de fuego ponderada para el diésel es de 82,5 Mcal/m2, mientras que para los cables de aislamiento es de aproximadamente 21,09 Mcal/m2. En contraste, materiales como el lubricante y las cajas plásticas tienen una carga de fuego mucho menor. Estos datos son importantes para evaluar y gestionar los riesgos de incendio en el área de mantenimiento.

Tabla 19. Datos de la actividad en el área de mantenimiento mediante norma europea R.D. 2267/2004.

La superficie total del sector o establecimiento, **A = 96 m²**

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m³ o MJ/m²	Ci	hi m	Si m²	Suma
1	Almac.	Productos químicos combustibles	2	1000	1.6	6	96	921600
2	Almac.	Aparatos eléctricos	1	400	1.3	6	96	299520
3	Almac.	Cables	1.5	600	1	6	96	345600
4	Almac.	Electricidad, almacén de materiales de	1	400	1	6	96	230400
5	Produc.	Estanterías metálicas	1	40	1		96	3840
6	Produc.	Paletas de madera	2	1000	1.3		96	124800
7	Produc.	Herramientas	1	200	1		96	19200
		Mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa más del 10% de la suma de superficies Ra	**2**				**Total**	**1944960**

$$QS = \frac{1944960\ MJ}{96\ m^2} * 2 = 40520 \frac{MJ}{m^2}$$

$$QS = 40520 \frac{MJ}{m^2} * \frac{0{,}2388\ Kcal}{1\ MJ} = 9676{,}18 \frac{Mcal}{m^2}$$

FUENTE: Elaboración propia mediante el software konstruir

Tabla 20. Datos de la actividad en el área de suministro mediante NB 58005.

Material	Peso/unidad (kg)	Cantidad	Peso total (kg)	Hi (Mcal/kg)	Ci	$\sum P_i * H_i * C_i$	Área (m2)	Ra	Qp (Mcal/m2)	Nivel de riesgo
Tableros eléctricos grandes con cableado adicional	85	21	1785	3	1,2	6426	51	1,5	189	2-Bajo
Cables con aislamiento	45	21	945	6	1	5670	51	1,5	166,764705 9	2-Bajo
Computadoras	16,5	2	33	10	1,2	396	51	1	7,7647058 2	1-Bajo
								TOTAL	**363,52941**	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 21. Datos de la actividad en el área de suministro mediante norma europea R.D. 2267/2004.

La superficie total del sector o establecimiento, **A = 51 m²**

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m³ o MJ/m²	Ci	hi m	Si m²	Suma
1	Produc.	Transformadores, estación de	1.5	300	1		51	15300
2	Produc.	Aparatos electrónicos	1	400	1.3		51	26520
3	Produc.	Aparatos eléctricos	1	400	1.3		51	26520
		Mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa más del 10% de la suma de superficies **Ra**	**1.5**				**Total**	**68340**

$$QS = \frac{68340\ MJ}{51\ m^2} * 1.5 = 2010 \frac{MJ}{m^2}$$

$$QS = 2010 \frac{MJ}{m^2} * \frac{0{,}2388\ Kcal}{1\ MJ} = 479{,}99 \frac{Mcal}{m^2}$$

FUENTE: Elaboración propia mediante el software konstruir

2.2.5. Cálculo de Fuego Total y Ponderada del almacén de químicos de la subestación eléctrica.

Tabla 22. Cálculo de Fuego Total y Ponderada del almacén de químicos de la subestación eléctrica.

Material	Peso total (kg)	Hi (Mcal/kg)	Hi (Kcal/kg)
Basureros de plástico	27	10	10000
Pallets de madera	31,2	4	4000
Residuos de plásticos	10	10	10000
Residuos metálicos	20	6	6000
Cajas de cartón	12	1	1000
Aceite de lubricante	533	11	11000
Cajas plásticas de producto	7,52	6	6000
Papelería	40	4	4000

Medios Bidones plásticos	2	8	8000
Envases de 1/2 bidones	5	6	6000
Cilindro de Gas Carbónico	270	1	1000
		TOTAL	**67000 kcal**

$$peso\ equivalente\ en\ madera = \frac{poder\ calorifico\ total}{4400 Kcal/kg}$$

$$\frac{67000\ Kcal}{4400 \frac{Kcal}{kg}\ de\ madera} = 15{,}23\ kg\ de\ madera$$

$$carga\ de\ fuego\ (Qs) = \frac{kg\ de\ madera}{área\ del\ sector}$$

$$\frac{15{,}23\ kg\ de\ madera}{24\ m^2} = 0{,}64\ kg/m^2$$

Por cada metro cuadrado en el almacén de químicos almacenados hay 0,64 kg/m2 de madera propensos a incendiarse.

Concepto	**Valor**
Carga de fuego total	**0,64 kg/m²**
Superficie del área del almacén de químicos	**24 m²**
Carga de fuego ponderada (Qp)	**939,55 Mcal/m²**

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla Resumen de Cálculos de Carga de Fuego y Carga de Fuego Ponderada muestra que los cálculos realizados para el almacén de químicos muestran que la carga de fuego total, que es la cantidad total de energía que puede liberarse en caso de un incendio, es de 0,63 kg/m2. Esto significa que, en caso de un incendio en el almacén de químicos, esta cantidad de energía podría ser liberada.

Además, la carga de fuego ponderada, que normaliza la carga de fuego total por la superficie del área del almacén, es de aproximadamente 939,55 Mcal/m2. Esta medida proporciona una indicación de la densidad de carga de fuego en el espacio del almacén. Una carga de fuego ponderada alta indica que hay una gran cantidad de energía disponible por metro cuadrado en caso de un incendio, lo que aumenta el riesgo de propagación del fuego y la magnitud del daño potencial.

2.2.6. Cálculo del Nivel de Riesgo del almacén de químicos y sustancias toxicas de ISA BOLIVIA S.A.

Tabla 23. Cálculo del Nivel de Riesgo del almacén de químicos y sustancias toxicas de ISA BOLIVIA S.A.

Sector	Carga de Fuego Ponderada (Mcal/m²)	Nivel de Riesgo
Almacén de Químicos	**939,55**	**6 - Alto**

FUENTE. Elaboración Propia.

En esta tabla, se presenta el nivel de riesgo para el almacén de químicos basado en su carga de fuego ponderada por metro cuadrado. El nivel de riesgo se determina según criterios predefinidos que pueden variar según las normativas aplicables o los estándares de seguridad.

Por lo tanto, estos resultados sugieren que el almacén de químicos presenta un alto riesgo de incendio debido a la cantidad significativa de energía almacenada en los materiales combustibles y a la alta densidad de carga de fuego en el área. Es crucial implementar medidas de seguridad adicionales, como sistemas automáticos de detección y extinción de incendios, capacitación del personal en prevención y control de incendios, y revisiones regulares de los equipos de seguridad, para mitigar el riesgo de incendio y proteger tanto a las personas como a los activos en el establecimiento.

2.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

2.3.1. Comparación y discusión de métodos

Una vez determinado el cálculo de la carga de fuego se obtuvieron resultados para su respectiva comparación de los métodos utilizados y al igual la discusión de ellas en cuanto al nivel de riesgo que produce en dicha área:

Se calcularon la carga de fuego total y el riesgo de incendio para cada sector del establecimiento según la normativa nacional (NB 58002; 58005) y la normativa europea (R.D. 2267/2004). Los cálculos se realizaron considerando la superficie de cada sector, el tipo de actividad industrial realizada, el peso y poder calorífico de los materiales combustibles presentes, entre otros factores.

Tabla 24. Resumen de Cálculos de Carga de fuego y Nivel de Riesgo de incendio obtenidos de la subestación eléctrica.

SECTOR	CARGA DE FUEGO PONDERADA (Mcal/m^2)	NIVEL DE RIESGO	NORMATIVA
Sala de Control	363,53	4 - MEDIO	Normativa Nacional
Taller	134,41	2 - BAJO	Normativa Nacional
Almacén de Químicos	939,55	6 - ALTO	Normativa Nacional
Oficinas	35,74	1 - BAJO	Normativa Nacional
Sala de Control	479,99	5 -MEDIO	Normativa Europea (R.D. 2267/2004)
Taller	9676,18	8 - ALTO	Normativa Europea (R.D. 2267/2004)
Almacén de Químicos	3577,22	8 - ALTO	Normativa Europea (R.D. 2267/2004)
Oficinas	1636,97	7 - ALTO	Normativa Europea (R.D. 2267/2004)

FUENTE. Elaboración Propia.

Se obtuvieron valores específicos de carga de fuego y se clasificaron los sectores según el nivel de riesgo, desde bajo hasta alto, lo que permitió identificar las áreas de mayor vulnerabilidad.

Los cálculos de carga de fuego y nivel de riesgo de incendio obtenidos de la subestación eléctrica se detallan en la Tabla 24 como resumen de ambos métodos utilizados. Esta tabla presenta una evaluación de los sectores, como la Sala de Control, Taller, Oficinas, y el Almacén de Químicos y Sustancias Peligrosas. Uno de los sectores destacados es el Almacén de Químicos, el cual tiene una carga de fuego ponderada significativa de 939,55 Mcal/m2, clasificándolo como un riesgo alto (6) según la normativa nacional. Esta carga de fuego elevada señala la importancia de implementar medidas preventivas y de seguridad adecuadas en el almacenamiento de sustancias químicas para mitigar el riesgo de incendio. Además, se proporciona información sobre la normativa europea (R.D. 2267/2004), donde se destaca nuevamente el riesgo alto asociado al Almacén de Químicos, con una carga de fuego de 3577,22 Mcal/m2, también clasificado como un riesgo alto (8). Estos resultados subrayan la

necesidad de seguir estrictamente las regulaciones y procedimientos de seguridad para garantizar un entorno de trabajo seguro, especialmente en áreas donde se manipulan y almacenan sustancias químicas.

El análisis de carga de fuego y riesgo para el almacén de químicos indica la presencia de una cantidad significativa de energía almacenada en los materiales combustibles, lo que representa un riesgo considerable de incendio. La alta densidad de carga de fuego en el área aumenta la probabilidad de propagación del fuego y la magnitud del daño potencial en caso de un incendio.

2.3.2. Comparación de Metodologías según criterios de evaluación

En cuanto a la Comparación de Metodologías **s**e compararon los resultados obtenidos mediante ambas metodologías, destacando las diferencias en los valores de carga de fuego y riesgo para cada sector. Se discutieron las ventajas y desventajas de cada método, así como las posibles discrepancias en los criterios de evaluación y los algoritmos de cálculo utilizados.

Tiempo:

Tabla 25. Análisis y comparación entre métodos estudiados según el Tiempo.

Método	Observación	Valoración
Método vigente (NB 58002; NB 58005)	Se demoró en obtener los datos de poderes calóricos.	**Normal**
Método Europea (R.D. 2267/2004)	Se determinó mediante el software la capacidad calorífica.	**Buena**

FUENTE: Elaboración Propia.

Se compararon dos métodos para determinar la capacidad calorífica de los elementos de una subestación eléctrica. El primer método, basado en las normas NB 58002 y NB 58005, implicó una demora en la evaluación, clasificada como "Normal". En contraste, el segundo método, utilizando tablas de capacidad calorífica europeas, demostró ser más eficiente, calificado como "Buena". Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar métodos eficaces y eficientes en la evaluación de la capacidad calorífica de los elementos de una subestación eléctrica.

Dificultad:

Tabla 26. Análisis y comparación entre métodos estudiados según la Dificultad.

Método	Observación	Valoración
Método vigente (NB 58002; NB 58005)	Los pasos para la determinación son amplio, pero son más precisos.	**Buena**
Método Europea (R.D. 2267/2004)	Se realiza fácilmente el cálculo debido a la ayuda de su software.	**Normal**

FUENTE: Elaboración Propia.

Se evaluaron dos métodos para determinar la capacidad calorífica de los elementos de una subestación eléctrica. Según el primer método, basado en las normas NB 58002 y NB 58005, se encontró que los pasos para la determinación son amplios, pero más precisos, lo que llevó a una valoración de "Buena". En contraste, el segundo método, utilizando la metodología europea, se destacó por su facilidad de cálculo gracias al software de apoyo, lo que resultó en una valoración de "Normal". Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto la precisión como la facilidad de uso al seleccionar un método.

Exactitud:

Tabla 27. Análisis y comparación entre métodos estudiados según La exactitud.

Método	Observación	Valoración
Método vigente (NB 58002; NB 58005)	Los cálculos son más exactos de acuerdo a los valores medidos in situ.	**Buena**
Método Europea (R.D. 2267/2004)	Los cálculos son aproximados debido a eso no nos da certeza.	**Normal**

FUENTE: Elaboración Propia.

El análisis de la exactitud de los métodos para determinar la capacidad calorífica en la primera tabla indica que el método basado en las normas NB 58002 y NB 58005 ofrece una mayor precisión, ya que los cálculos se basan en valores medidos in situ, lo que lleva a una valoración de "Buena". Por otro lado, el método europeo ofrece cálculos más aproximados, lo que disminuye la certeza de los resultados y recibe una valoración de "Normal". Esto resalta la importancia de considerar la precisión de los métodos utilizados al evaluar la capacidad calorífica en entornos específicos.

Costo:

Tabla 28. Análisis y comparación entre métodos estudiados según el Costo.

Método	Observación	Valoración
Método vigente (NB 58002; NB 58005)	Se determinó 4 extintores, cuales tiende a tener un costo menor a comparación con el método europeo.	**Buena**
Método Europea (R.D. 2267/2004)	Se determinó 7 extintores, cuales tiende a tener costo mayor a comparación con la NB 58005.	**Normal**

FUENTE: Elaboración Propia.

En cuanto al costo asociado a los métodos de determinación de la capacidad calorífica en la segunda tabla, se observa que el método basado en las normas NB 58002 y NB 58005 tiende a ser más económico, ya que se determina un menor número de extintores, lo que lleva a una valoración de "Buena". Por otro lado, el método europeo, al determinar un mayor número de extintores, tiende a tener un costo mayor en comparación con el primero, por lo que recibe una valoración de "Normal". Esto destaca la importancia de considerar tanto la eficacia como el costo al seleccionar un método para determinar la capacidad calorífica en entornos específicos.

Al comparar los resultados obtenidos mediante ambas metodologías, se observa una diferencia significativa en los valores de carga de fuego total y nivel de riesgo para cada sector. Esto puede atribuirse a las diferencias en los enfoques de cálculo y los criterios de evaluación utilizados en cada normativa.

La carga de fuego total calculada según la normativa vigente tiende a ser menor en comparación con la normativa europea. Esto puede deberse a diferencias en la consideración de ciertos factores de riesgo o algoritmos de cálculo utilizados en cada metodología.

La comparación de ambos métodos se explica en la siguiente tabla:

Tabla 29. Resultados y comparación según NB 58005 y la norma europea R.D. 2267/2004.

	Tiempo		**Dificultad**		**Exactitud**		**Costo**		**Comparación**
Método	**N**	**O**	**N**	**O**	**N**	**O**	**N**	**O**	
Método Boliviana vigente (NB 58005)	X			X		X		X	El método vigente es más preciso ya que la precisión y el costo beneficio para la empresa es una combinación que beneficia tanto a la empresa como a la seguridad.
Método Europeo (R.D. 2267/2004)		X			X		X		El método europeo es solamente de fácil cálculo donde la precisión no se ve reflejado ni el beneficio de costo hacia la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla compara dos métodos de cálculo de carga de fuego: el método vigente (NB 58002; 58005) y el método europeo. Cada método se evalúa en términos de tiempo, dificultad, exactitud y costo. El método vigente requiere más tiempo en comparación con el método europeo. Esto puede deberse a la complejidad de los cálculos o a los procedimientos involucrados. Ambos métodos son considerados difícil es en la aplicación del método vigente. Esto sugiere que tanto el método vigente como el europeo pueden presentar desafíos en términos de comprensión y aplicación.

El método vigente se considera más preciso que el método europeo, esto indica que el método vigente proporciona resultados más precisos o confiables en comparación con el método europeo. Así mismo el método vigente es más rentable que el método europeo, esto sugiere que el método vigente ofrece una mejor relación costo-beneficio para la empresa en comparación con el método europeo.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3.1. RESULTADOS.

3.1.1. Resultados de la metodología de cálculo de carga de fuego, nivel de riesgo y su propuesta para los extintores según Normativa vigente (NB 58005).

Se determinó la carga de fuego ponderada (Qp) para cada uno de los sectores de la subestación eléctrica sometidos al estudio en Mcal/m2. A partir de ese dato se trabajó en la toma de decisiones para definir el nivel de riesgo que produce en las áreas de administración, suministro, mantenimiento y almacenamiento, y determinar la cantidad de extintores para cada uno de los sectores de la subestación electrica, según el nivel de riesgo que puede generar, tipo y capacidad de extintor recomendado con todas sus características para controlar el respectivo riesgo de incendio.

Los resultados de los cálculos de los requerimientos de extintores para cada sector de la subestación de acuerdo a norma se establece un extintor cada 200 m2, al igual las características recomendables del extintor en cuanto al sector requiera, como resultados de ambos métodos utilizados como la Norma Boliviana (NB 58005) y Norma europea (R.D. 2267/2004) se resumen a través del siguiente cuadro:

Tabla 30. Resultados de cálculo de carga de fuego y nivel de riesgo para el requerimiento de extintores en cada sector según NB 58005.

Sector	Área del sector	Área por extintor (200 m2)	Cantidad de extintores	Características recomendables del extintor
Almacén de químicos y sustancias	24	0,12	1	- 34 AC - Con polvo ABC - Capacidad: 9 kg
Oficinas (administración)	40,5	0,20	1	- 21 AC - Con polvo ABC - Capacidad: 6 kg
Taller (mantenimiento)	96	0,48	1	- 21 A/233 BC - Con polvo ABC - Capacidad: 12 kg
Sala de control (suministro)	51	0,26	1	- 21 A/233 BC - Con polvo ABC - Capacidad: 12 kg
		TOTAL	**4**	

FUENTE: Elaboración propia.

Esta tabla proporciona una visión general de la evaluación de riesgos y las medidas de seguridad contra incendios recomendadas para diferentes áreas dentro del establecimiento. Permite identificar áreas de mayor riesgo y tomar las precauciones necesarias para proteger la seguridad de las personas y los activos.

Los datos presentados en la tabla, se recomienda la instalación de al menos 1 extintor en el almacenamiento con características de 34 AC - Con polvo ABC y una capacidad de 9 kg cada uno para mitigar el riesgo de incendio en este sector. Por otro lado, las oficinas sugieren la colocación de 1 extintor con características de 21 AC - Con polvo ABC y una capacidad de 6 kg para este espacio. Similarmente, el taller y la sala de control, para estos sectores se recomienda 1 extintor cada uno con características de 21 A/233 BC - Con polvo ABC y una capacidad de 12 kg. En resumen, la distribución de extintores y sus características se ajustan según la carga de fuego y el nivel de riesgo de cada área evaluada.

3.1.2. Resultados de la metodología de cálculo de carga de fuego, nivel de riesgo y su propuesta para los extintores según Norma europea (R.D. 2267/2004).

Se determinó la carga de fuego según el método aprobado por el real decreto 2267/2004 de 3 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, donde este método está vigente en España.

Los resultados obtenidos según la normativa europea se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 31. Resultados de cálculo de carga de fuego y nivel de riesgo para el requerimiento de extintores en cada sector según R.D. 2267/2004.

SECTOR	CARGA DE FUEGO	RIESGO	CANTIDAD DE EXTINTORES
Taller	9676,18	Alto	3
Sala de control	479,99	Medio	1
Almacén de químicos y sustancias	3577,22	Alto	2
Oficinas	1636,97	Alto	1
Total	-	-	**7**

FUENTE: Elaboración propia según normativa europea.

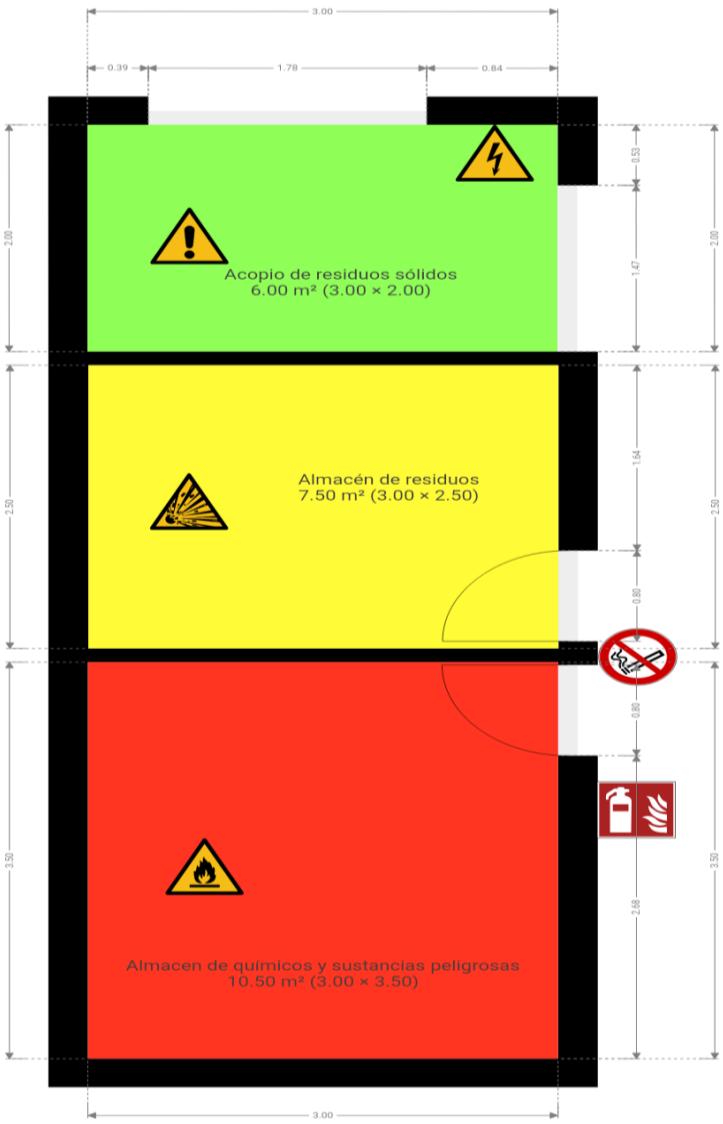
La tabla presenta datos sobre diferentes sectores o áreas dentro de un establecimiento, donde se ha evaluado la carga de fuego, el riesgo asociado y la cantidad de extintores recomendados para cada sector. Proporciona una visión general de la carga de fuego, el riesgo y los requisitos de extintores para cada sector dentro del establecimiento, lo que ayuda a planificar y mejorar las medidas de seguridad contra incendios en cada área.

3.1.2. Propuesta de distribución de extintores para el almacén de químicos y sustancias peligrosas.

El requerimiento de extintores en función de los resultados obtenidos a partir de la carga de fuego para el almacén de químico y sustancias peligrosas de la subestación según la Norma Vigente NB 58005 debido a la comparación entre las metodologías, y por ello se requiere un extintor tipo 34 AC; con polvo ABC; Capacidad: 9 kg.

En el Almacén de químicos y sustancias peligrosas presenta un nivel de riesgo alto – 6, lo cual se recomienda la instalación del extintor con características de 34 AC, con polvo ABC y una capacidad de 9 kg cada una para mitigar el riesgo de incendio en este sector.

Ilustración 5. Distribución de extintores en el almacén de químicos y sustancias peligrosas.



FUENTE: Elaboración propia.

3.2. CONCLUSIONES.

- Se concluye el diagnóstico según análisis de carga de fuego y riesgo para el almacén de químicos presenta un riesgo significativo de incendio debido a la alta densidad de carga de fuego en el área.
- Se concluyó que la evaluación de la resistencia de carga de fuego y riesgo es fundamental para la gestión eficaz de la seguridad contra incendios en el establecimiento y principalmente en el almacén de químicos y sustancias peligrosas.
- Se resaltó las tablas de poderes caloríficos para evaluar la eficiencia de los combustibles y su capacidad para generar calor en las instalaciones de la subestación, que nos ayudó a tomar decisiones informadas sobre el uso de combustibles, ejecutar evaluaciones periódicas de riesgos para garantizar un entorno seguro para el personal y los activos del establecimiento.
- Se destacó la relevancia de los resultados obtenidos para la toma de decisiones informadas en la gestión de riesgos y la planificación de medidas de seguridad contra incendios para garantizar una respuesta eficaz en caso de emergencia.
- Se resaltó la importancia de la distribución física de los extintores de acuerdo a cada área de la subestación, la cantidad de extintores y su clasificación, una distribución correcta de extintores contribuye significativamente a la seguridad y prevención de incendios en cada área de la subestación.
- Se concluye que el método vigente proporciona resultados más específicos y útiles para la toma de decisiones en seguridad contra incendios en comparación con el método europeo. Sin embargo, es fundamental considerar las particularidades de cada normativa al interpretar los resultados.

3.3. RECOMENDACIONES.

- Implementar medidas de seguridad adicionales en áreas con alto riesgo de incendio, como la Sala de Control y el Almacén de Químicos, según lo indicado por la normativa nacional y europea.
- Realizar simulacros de incendio periódicos para evaluar la eficacia de los planes de emergencia y la preparación del personal.
- Mantener un inventario actualizado de los poderes caloríficos de los materiales combustibles utilizados en el establecimiento para una evaluación precisa del riesgo de incendio.
- Se recomendaron medidas específicas para mejorar la seguridad, como la instalación de sistemas de detección y extinción de incendios, la capacitación del personal en prevención y control de incendios, y la revisión periódica de las medidas de seguridad implementadas.
- Se recomienda utilizar el método vigente (NB 58002; 58005) para evaluar la carga de fuego y el riesgo de incendio en el establecimiento debido a su mayor precisión y especificidad. Es fundamental mantenerse actualizado con las normativas y estándares pertinentes para garantizar el cumplimiento normativo y la seguridad contra incendios.

BIBLIOGRAFÍA.

ISA BOLIVIA. (2023). Sucre Bolivia. Recuperado de https://www.isa.com.bo/v2/index.php/quienes-somos/#:~:text=Subestaci%C3%B3n%20Punutuma.%20Tiene,CRE%20115%20kV.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2024). Vicepresidencia segunda del Gobierno de España- Ministerio de Trabajo y Economía Social. Recuperado de https://www.insst.es/

IPE BOLIVIA. (2024). Recuperado de https://ipe.bo

SIAC BOLIVIA. (2024). "SOMOS UNA EMPRESA DE PREVENCIÓN". Recuperado de https://siacbolivia.com

Comisión Federal de Electricidad. Recuperado de https://lapem.cfe.gob.mx

Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo. (Estudio de Carga de Fuego). Banco Unión. Recuperado de file:///C:/Users/usuario/Desktop/540225336-4-5-Est-Carga-de-Fuego-CBBA.pdf

Empresa Nacional de Electricidad. (Especificación Técnica del Sistema de Apantallamiento). Recuperado de https://www.ende.bo/public/licitaciones/DBC-SE3.pdf

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Grupo de Investigación XUÉ. (Semillero de Investigación Barión). (2020). Caracterización de las Subestaciones Eléctricas de Transmisión y Distribución que Hagan Parte del SIN, del STR o del SDL Dentro de la Región Central (Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Meta y Bogotá DC), Como Parte del Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional 064 de 2018. RAPE. Recuperado de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23828/Guti%E9rrezSalazarLuisAntonio2020;jsessionid=82A17A9F92268D9CB409AA8800417B21?sequence=1

Clavijo, R., Vera, V., & Lanfin, F. (2009). Análisis de los Riesgos y Peligros de Incendio en Estaciones de Transformación de Energía y Centro de Control de Motores. ESPOL. Recuperado de https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16151/1/TESIS%20CD.pdf

Pettarin, F. (2021). Análisis de los Riesgos de Incendio y Sistema de Protección contra Incendio en una Planta de Distribución YPF Agro Situada en la Ciudad de Balcarce. RINFI. INTMA. Facultad de Ingeniería. UNMDP. Recuperado de https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/633/FPettarin-TFI-EHS-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gallo, J., Clavijo, R., Vera, V., & Landin, F. (2021). Análisis de los Riesgos y Peligros de Incendio en Estaciones de Transformación de Energía y Centro de Control de Motores. Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7540/1/An%c3%a1lisis%20de%20los%20Riesgos%20y%20Peligros%20de%20Incendio%20en%20Estaciones%20de%20Transformaci%c3%b3n%20de%20Energ%c3%ada.pdf

Marani, R. (2023). La Paz Bolivia. Implementación de un Plan de Mantenimiento de Interruptores de Potencia Subestación Cota-Cota (DELAPAZ). UMSA. Recuperado de https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/32661/PG-2941

Ortega, J., & Valle, K. (2023). Propuesta de diseño de distribución de extintores a través del estudio de carga de fuego para los almacenes de la empresa Embol S.A. Tarija. CEFORPI. Recuperado de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22908/1/UPS-GT003879.pdf

IBNORCA. (2005). Norma Boliviana NB58002: Extintores contra incendios - Disposiciones generales. La Paz.

IBNORCA. (2005). Norma Boliviana NB58005: Criterios para determinar la resistencia al fuego de materiales constitutivos de los edificios y de la carga ponderada de fuego (Qp) en entrepisos. La Paz.

NFPA. (2013). Norma Internacional NFPA 10: Extintores portátiles contra incendios. Estados Unidos.

ANEXOS

ANEXO 1. Estudio de carga de fuego y cálculo de número de extintores.

ÁREA DE ADMINISTRACIÓN					
Combustibles	**Tipo**	**Unidad**	**Peso o volumen unitario**	**Cantidad**	**Peso Total (Kg)**
Sillas de oficina	Sólido	Kg	5,85	2	11,7
Escritorio de madera	Sólido	Kg	60	2	120
Papelería	Sólido	Kg	5	3	15
Computadoras	Sólido	Kg	16,5	2	33
Estante metálico	Sólido	Kg	6,5	2	13
Teléfono	Sólido	Kg	0,4	1	0,4
Impresoras	Sólido	Kg	4,5	2	9
Calculadoras	Sólido	Kg	0,15	2	0,3
Basureros plásticos pequeños	Sólido	Kg	2,5	2	5
ÁREA DE MANTENIMIENTO					
Combustibles	**Tipo**	**Unidad**	**Peso o volumen unitario**	**Cantidad**	**Peso Total (Kg)**
Diésel	Liquido	Kg	60	5	300
Gasolina	Liquido	Kg	20	2	40
PVC	Solido	Kg	30	1	30

Pallets de madera	Solido	Kg	15,6	8	124,8
Repuestos metálicos	Solido	Kg	6,5	2	13
Piezas y herramientas metálicas	Solido	Kg	480	1	480
Estantes metálicos	Solido	Kg	65	4	260
Cables con aislamiento	Solido	Kg	45	5	225
ÁREA DE SUMINISTRO					
Combustibles	**Tipo**	**Unidad**	**Peso o volumen unitario**	**Cantidad**	**Peso Total (Kg)**
Tableros eléctricos grande con cableado	Solido	Kg	85	21	1785
Cables con aislamiento	Solido	Kg	45	21	945
Computadoras	Solido	Kg	16,5	2	33
ÁREA DE ÁLMACEN QUÍMICO Y SUSTANCIAS PELIGROSAS					
Combustibles	**Tipo**	**Unidad**	**Peso o volumen unitario**	**Cantidad**	**Peso Total (Kg)**
Basureros de plástico	Sólido	Kg	4,5	6	27
Basureros de plástico	Sólido	Kg	15,6	2	31,2
Pallets de madera	Sólido	Kg	10	1	10

Residuos de plásticos	Sólido	Kg	20	1	20
Residuos metálicos	Sólido	Kg	1,2	10	12
Cajas de cartón	Sólido	Kg	266,5	2	533
Aceite de lubricante	Líquido	Kg	1,88	4	7,52
Cajas plásticas de producto	Sólido	Kg	40	1	40
Papelería	Sólido	Kg	2	1	2
Medios Bidones plásticos	Sólido	Kg	1	5	5
Envases de 1/2 bidones	Sólido	Kg	90	3	270
Cilindro de Gas Carbónico	Gas	Kg	4,5	6	27

FUENTE: Elaboración Propia.

ANEXO 2. Clasificación de los materiales según su combustión.

ACTIVIDAD PREDOMINATE	**CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN SU COMBUSTIÓN**						
	Riesgo 1	**Riesgo 2**	**Riesgo 3**	**Riesgo 4**	**Riesgo 5**	**Riesgo 6**	**Riesgo 7**
Residencial administrativo	NP	NP	R3	R4	-	-	-
Comercial 1 Industrial Deposito	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Espectáculos Cultura	NP	NP	R3	R4	-	-	-

Notas:

Riesgo 1: Explosivo **Riesgo 5:** Poco Combustible

Riesgo 2: Inflamable **Riesgo 6:** Incombustible

Riesgo 3: Muy Combustible **Riesgo 7:** Refractarios

Riesgo 4: Combustible **N.P.:** No permitido

FUENTE: Elaboración en base a NB 58005

ANEXO 3. Densidades de materiales según R.D. 2267/2004.

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra		
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$		Fabric.	Almac.
Abonos químicos	200	48	1,5	200	48	1	1,6	1,3
Aceites comestibles	1.000	240	1,5	18.900	4.543	2	1,6	1,3
Aceites comestibles, expedición	900	216	1,5	18.900	4.543	2	1,3	1,3
Aceites: mineral, vegetal y animal	1.000	240	2	18.900	4.543	2	1,6	1,3
Acero	40	10	1				1,0	
Acero, agujas de	200	48	1					
Acetileno, llenado de botellas	700	168	1				1,6	
Acido carbónico	40	10	1,5				1,0	
Acidos inorgánicos	80	19	1				1,3	
Acumuladores	400	96	1	800	192	1,5	1,3	1,0
Acumuladores, expedición	800	192	1,5				1,3	
Agua oxigenada	Especial	Especial	Especial					
Agujas de acero	200	48	Especial				1,0	
Alambre metálico aislado	300	72	1	1.000	240	2	1,0	1,3
Alambre metálico no aislado	80	19	1				1,0	
Alfarería	200	48	1				1,0	
Algodón en rama, guata	300	72	1,5	1.100	264	2	1,3	1,3
Algodón, almacén de				1.300	313	2		1,3
Alimentación, embalaje	800	192	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Alimentación, expedición	1.000	240	2				1,3	
Alimentación, materias primas				3.400	817	2		1,3
Alimentación, platos precocinados	200	48	1				1,3	
Almacenes, talleres, etc	1.200	288	2				1,3	
Almidón	2.000	481	2				1,6	
Alquitrán				3.400	817	2		1,6
Alquitran, productos de	800	192	1,5	3.400	817	2	1,6	1,6
Altos hornos	40	10	1				1,0	
Aluminio, producción de	40	10	1				1,0	
Aluminio, trabajos de	200	48	1				1,0	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra		
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$		Fabric.	Almac.
Antigüedades, venta de	700	168	1,5				1,3	
Aparatos de radio	300	72	1	200	48	1	1,3	1,3
Aparatos de radio, venta	400	96	1				1,3	
Aparatos de televisión	300	72	1	200	48	1	1,3	1,3
Aparatos domésticos	300	72	1	200	48	1	1,0	1,3
Aparatos eléctricos	400	96	1	400	96	1	1,0	1,3
Aparatos eléctricos, raparación	500	119	1				,1,0	
Aparatos electrónicos	400	96	1	400	96	1	1,0	1,3
Aparatos electrónicos, reparación	500	119	1				1,0	
Aparatos fotográficos	300	72	1	600	144	1,5	1,3	1,3
Aparatos mecánicos	400	96	1				1,3	
Aparatos pequeños, construcción de	300	72	1				1,0	
Aparatos sanitarios, taller	100	24	1				1,0	
Aparatos, expedición de	700	168	2				1,3	
Aparatos, prueba de	200	48	1				1,3	
Aparatos, taller de reparación	600	144	1				1,3	
Aparcamientos, edificios de	200	48	1,5				1,3	
Apósitos, fabricación de articulos	400	96	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Archivos	4.200	1.010	2	1.700	409	2	1,3	1,3
Armarios frigoríficos	1.000	240	2	300	72	1	1,3	1,3
Armas	300	72	1				1,3	
Artíc. metal fundidos por inyección	80	19	1				1,0	
Articulos de metal	200	48	1				1,0	
Articulos de yeso	80	19	1				1,0	
Artículos metálicos, amolado	80	19	1				1,0	
Artículos metálicos, barnizado	300	72	1				1,6	
Artículos metálicos, cerrajería	200	48	1				1,0	
Artículos metálicos, chatarras	80	19	1				1,0	
Artículos metálicos, dorado	80	19	1				1,0	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra		
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$		Fabric.	Almac.
Artículos metálicos, forjado	80	19	1				1,0	
Artículos metálicos, fresado	200	48	1				1,0	
Artículos metálicos, fundición	40	10	1				1,0	
Artículos metálicos, grabación	200	48	1				1,0	
Artículos metálicos, soldadura	80	19	1				1,0	
Artículos metálicos, soldadura ligera	300	72	1				1,0	
Artículos metálicos,estampado	100	24	1				1,0	
Artículos pirotécnicos	Especial	Especial	Especial	2.000	481	3		1,6
Aserraderos	400	96	1,5				1,3	
Asfalto (bidones, bloques)				3.400	817	2		1,0
Asfalto manipulació de	800	192	1,5	3.400	817	2	1,3	1,0
Automóviles, almacén de accesorios				800	192	1,5		1,3
Automóviles, carrocerías de	200	48	1				1,3	
Automóviles, guarnición	700	168	1,5				1,3	
Automóviles, montaje	300	72	1,5				1,3	
Automóviles, pintura	500	119	1,5				1,6	
Automóviles, reparación	300	72	1				1,6	
Automóviles, venta de accesorios	300	72	1				1,3	
Automóviles,garajes y aparcamientos	200	48	1				1,6	
Aviones	200	48	1				1,3	
Aviones. hangares	200	48	1,5				1,6	
Azúcar				8.400	2.019	2		1,0
Azúcar, productos de	800	192	1,5	800	192	1,5	1,3	1,0
Azufre	400	96	2	4.200	1.010	2	1,3	1,3
Balanzas	300	72	1				1,0	
Barcos de madera	600	144	1,5				1,3	
Barcos de plástico	600	144	1,5				1,3	
Barcos metálicos	200	48	1				1,0	
Barnices	5.000	1.202	2	2.500	601	2	1,6	1,6

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra		
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$		Fabric.	Almac.
Barnices a la cera	2.000	481	2	5.000	1.202	2	1,6	1,6
Barnices, expedición	1.000	240	2				1,6	
Barnizado	80	19	1,5				1,6	
Bebidas alcoholicas (licores)	500	119	1,5				1,6	
Bebidas alcoholicas, venta	700	168	1,5	800	192	1,5	1,6	1,3
Bebidas bajas o sin alcohol	80	19	1	125	30	1	1,0	
Bebidas sin alcohol, expedición de	300	72	1				1,3	
Bebidas sin alcohol, zumo de fruta	200	48	1	300	72	1	1,0	1,3
Bibliotecas	2.000	481	2	2.000	481	2	1,3	1,0
Bicicletas	200	48	1	400	96	1	1,0	1,3
Bodegas (vinos)	80	19	1				1,0	
Bramante	400	96	1,5	1.100	264	2	1,3	1,3
Bramante (almacén)				1.000	240	2		1,3
Cables	300	72	1	600	144	1,5	1,0	1,3
Cacao, productos de	800	192	1,5	5.800	1.394	2	1,3	1,0
Café crudo, sin refinar				2.900	697	2		1,0
Café, extracto	300	72	1	4.500	1.082	2	1,0	1,0
Café, tostadero	400	96	1,5				1,3	
Cajas de madera	1.000	240	2	600	144	1,5	1,3	1,3
Cajas fuertes	80	19	1				1,0	
Calderas, edificios de	200	48	1				1,0	
Calefacciones	300	72	1				1,3	
Calzado	500	119	1,5	400	96	1	1,3	1,3
Calzado, accesorios de				800	192	1,5		1,3
Calzados, expedición	600	144	1,5				1,3	
Calzados, venta	500	119	1				1,3	
Cantinas	300	72	1				1,0	
Caramelos	400	96	1	1.500	361	2	1,0	1,3
Caramelos, embalaje	800	192	1,5				1,3	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
Cochecillos de niño	300	72	1	800	192	1,5	1,3	1,0
Colchones no sintéticos	500	119	1,5	5.000	1197	2	1,6	1,3
Colores y barnices con diluyentes combustibles	4.000	962	2	2.500	601	2	1,6	1,6
Colores y barnices, manufacturas de	800	192	2				1,3	
Colores y barnices, mezclas	2.000	481	2				1,6	
Colores y barnices, venta	1.000	240	2				1,6	
Confiterías	400	96	1	1.700	409	2	1,3	1,0
Congelados	800	192	1,5				1,3	
Conservas	40	10	1				1,0	
Corcho				800	192	1,5		1,3
Corcho, artículos de	500	119	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Cordelerías	300	72	1,5	600	144	1,5	1,3	1,3
Cordelerías, venta	500	119	1,5				1,3	
Correas	500	119	1,5				1,3	
Cortinas en rollo	1.000	240	2				1,3	
Cosméticos	300	72	1,5	500	119	1,5	1,6	1,3
Crin, cerda de				600	144	1,5		1,3
Cristalerías	100	24	1				1,0	
Cuero				1.700	409	1,5		1,0
Cuero sintético	1.000	240	1,5	1.700	409	1,5	1,3	1,3
Cuero sintético, artículos de	400	96	1	800	192	1,5	1,3	1,3
Cuero sintético,recorte de artículos de	300	72	1				1,3	
Cuero, arttículos de	500	119	1,5	600	144	1,5	1,0	1,0
Cuero, recortes de artículos de	300	72	1				1,3	
Cuero, venta de artículos de	700	168	1,5				1,0	
Chapa, artículos de	100	24	1				1,0	
Chapa, embalaje de artículos de	200	48	1				1,3	
Chatarrería	300	72	1				1,3	
Chocolate	400	96	1,5	3.400	817	1,5	1,0	1,0

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
Chocolate, embalaje	500	119	2				1,3	
Chocolate,fabricación,sala de moldes	1.000	240	2				1,0	
Deportes, venta de artículos de	800	192	1,5				1,3	
Depósitos de hidrocarburos				43.700	10.505	2		
Depósitos de mercancías incombust.								
- en cajas de madera				200	48	1		1,0
- en cajas de plástico				200	48	1		1,0
- en casilleros de madera				100	24	1		1,0
- en estanterías de madera				100	24	1		1,0
- en estanterías metálicas				19	5	1		1,0
- en palets de madera				3.400	817	2		1,6
Diluyentes				3.400	817	2		1,6
Discos, discos compactos y similares	600	144	1,5	3.400	817	1,5	1,3	???
Droguerías	1.000	240	2	800	192	1,5	1,6	1,3
Edifícios frigoríficos	2.000	481	2				1,0	
Electricidad, almacén de materiales d				400	96	1		1,3
Electricidad, taller de	600	144	1,5				1,0	
Emabalaje de mercancías combustib.	600	144	1,5				1,3	
Embalaje de maercancías incombust.	400	96	1				1,6	
Embalaje de material impreso	1.700	409	2				1,3	
Embalaje de productos alimenticios	800	192	1,5				1,3	
Embalaje de textiles	600	144	1,5				1,3	
Emisoras de radio	80	19	1				1,0	
Encuadernación	100	240	2				1,3	
Escobas	700	168	1,5	400	96	1	1,3	1,3
Esculturas de piedra	40	10	1				1,0	
Especias	40	10	1				1,3	
Espumas sintéticas	3.000	721	2	2.500	601	2	1,6	1,3
Espumas sintéticas, artículos de	600	144	1,5	800	192	1,5	1,6	1,3

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
Estampación de productos sintéticos, cuero, etc	300	72	1	1.700	409	2	1,3	1,0
Estampado de materias sintéticas	400	96	1				1,3	
Estampado de metales	100	24	1				1,0	
Estilográficas	200	48	1				1,0	
Estudio de televisión	300	72	1				1,3	
Estufas de gas	200	48	1				1,0	
Expedición de aparatos parcialmente sintéticos	700	168	1,5				1,3	
Expedición de aparatos parcialmente sintéticos	1.000	240	1					
Expedición de artículoas impresos	1.700	409	2				1,3	
Expedición de artículoas sintéticos	1.000	240	2				1,3	
Expedición de artículos de cristal	700	168	1,5				1,3	
Expedición de artículos de hojalata	200	48	1					
Expedición de bebidas	300	72	1				1,3	
Expedición de cartonaje	600	144	1,5				1,3	
Expedición de ceras y barnices	1.300	313	2				1,6	
Expedición de muebles	600	144	1,5				1,3	
Expedición de pequeños art. madera	600	144	1,5				1,3	
Expedición de productos alimentícios	1.000	240	2				1,3	
Expedición de textiles	600	144	1,5				1,3	
Exposición de automóviles	200	48	1				1,3	
Exposición de cuadros	200	48	1				1,3	
Exposición de máquinas	80	19	1				1,0	
Exposición de muebles	500	119	1,5				1,3	
Farmacias (alamcenes incluidos)	800	192	1,5				1,6	
Féretros de madera	500	119	1,5				1,3	
Fibras de coco				8.400	2.019	2		1,3
Fieltro	600	144	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Fieltro, artículos de	500	119	1,5				1,3	
Flores artificiales	300	72	1,5	200	48	1,5	1,3	1,3

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
Flores, venta de	80	19	1				1,3	
Fontaneria	200	48	1				1,0	
Forraje	2.000	481	2	3.300	793	2	1,3	1,3
Fósforos	300	72	1,5	25.100	6.034	2	1,6	1,6
Fotocopias, talleres	400	96	1				1,3	
Fotografía, laboratorios	100	24	1				1,0	
Fotografía, películas	1.000	240	2				1,3	
Fotografía, talleres	300	72	1				1,3	
Fotografía, tienda	300	72	1				1,3	
Fraguas	80	19	1				1,0	
Fundición de metales	40	10	1				1,0	
Funiculares	300	72	1				1,0	
Galvanoplastia	200	48	1				1,0	
Gasolineras							1,6	
Grandes alamcenes	400	96	1,5				1,3	
Granos	600	144	1,5	800	192	1,5	1,0	1,3
Grasas	1.000	240	2	18.000	4.327	2	1,6	1,0
Grasas comestibles	1.000	240	2	18.900	4.543	2	1,6	1,0
Grasas comestibles, expedición	900	216	1,5				1,3	
Guantes	500	119	1,5				1,0	
Guardarropa, armarios de madera	400	96	1				1,3	
Guardarropa, armarios metálicos	80	19	1				1,0	
Harina en sacos	2.000	481	2	8.400	2.019	2	1,3	1,3
Harina, fábrica o comercio sin almac.	1.700	409	2	13.000	3.129	2	1,6	1,3
Heladería	80	19	1				1,0	
Heno, balas de				1.000	240	2		1,3
Herramientas	200	48	1				1,0	
Hidrógeno				130.800	31.442	2	1,6	1,6
Hilados, cardados	300	72	2				1,3	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
hilados, encanillado-bobinado	600	144	1,5				1,3	
Hilados, hilatura	300	72	1,5				1,3	
Hilados, productos de hilo				1.700	409	2		1,3
Hilados, productos de lana				1.900	457	2		1,3
Hilados, torcido	300	72	1,5				1,3	
Hojalaterías	100	24	1				1,0	
Hormigón, articulos de	100	24	1				1,0	
Hornos	200	48	1				1,0	
Hule	700	168	1,5	1.300	313	2	1,3	1,3
Hule, artículos de	700	168	1,5	2.100	505	2	1,3	1,3
Imprentas, almacén				8.000	1.923	2		1,0
Imprentas, embalaje	2.000	481	2				1,3	
Imprentas, expedición	200	48	1,5				1,3	
Imprentas, salas de máquinas	400	96	1,5				1,6	
Imprentas, taller tipográfico	300	72	1,5				1,0	
Incineración de basuras	200	48	1				1,0	
Instaladores electricistas	200	48	1				1,3	
Instaladores, talleres	100	24	1				1,0	
Instrumentos de óptica	200	48	1	200	48	1	1,3	
Instrumentos demúsica	600	144	1,5				1,0	1,3
Jabón	200	48	1	4.200	1.010	2	1,3	1,0
Joyas, fabricación	200	48	1				1,0	
Joyas, venta	300	72	1				1,3	
Juguetes	500	119	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Laboratorios bacteriológicos	200	48	1				1,0	
Laboratorios de física	200	48	1				1,3	
Laboratorios fotográficos	300	72	1,5				1,0	
Laboratorios metalúrgicos	200	48	1				1,0	
Laboratorios odontológicos	300	72	1				1,0	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
Laboratorios químicos	500	119	1,5				1,6	
Láminas de hojalata	40	10	1				1,0	
Lámparas de incandescencia	40	10	1				1,0	
Lapiceros	500	119	1,5				1,3	
Lavadoras	300	72	1	400	96	1	1,3	1,0
Lavanderías	200	48	1				1,3	
Leche condensada	200	48	1	9.000	2.163	1	1,0	1,0
Leche en polvo	200	48	1	9.000	2.163	2	1,0	1,0
Legumbres frescas, venta	200	48	1				1,0	
Legumbres secas	1.000	240	2	400	96	1,5	1,3	1,3
Leña				2.500	601	2		1,3
Levadura	800	192	1,5				1,3	
Librerías	1.000	240	1,5				1,3	
Limpieza química	300	72	1,5				1,3	
Linóleo	500	119	1,5				1,3	
Locales de desechos (div.mercancía)	500	119	1,5				1,3	
Lúpulo				1.700	409	2		1,3
Madera en troncos				6.300	1.514	2		1,0
Madera, artículos de, barnizado	500	119	1,5				1,6	
Madera, artículos de, carpintería	700	168	1,5				1,3	
Madera, artículos de, ebanistería	700	168	1,5				1,3	
Madera, artículos de, expedición	600	144	1,5				1,3	
Madera, artículos de, impregnación	3.000	721	2				1,0	
Madera, artículos de, marquetería	500	119	1,5				1,3	
Madera, artículos de, pulimentado	200	48	1				1,3	
Madera, artículos de, secado	800	192	1,5				1,0	
Madera, artículos de, serrado	400	96	1,5				1,3	
Madera, artículos de, tallado	600	144	1,5				1,3	
Madera, artículos de, torneado	500	119	1,5				1,3	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra		
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$		Fabric.	Almac.
Metales preciosos	200	48	1				1,0	
Metales, manufacturas en general	200	48	1				1,0	
Metálicas, grandes construcciones	80	19	1				1,0	
Minerales	40	10	1				1,0	
Mostaza	400	96	1				1,0	
Motocicletas	300	72	1				1,3	
Motores eléctricos	300	72	1				1,0	
Muebles de acero	300	72	1				1,0	
Muebles de carga con mercancías	800	192	1,5				1,3	1,3
Muebles de madera	500	119	1,5	800	192	1,5	1,6	
Muebles de madera, barnizado	500	119	1,5				1,3	
Muebles, barnizado de	200	48	1,5				1,3	
Muebles, carpientería	600	144	1,5				1,3	1,3
Muebles, tapizado sin espuma sintét.	500	119	1,5				1,3	
Muebles, venta	400	96	1,5				1,3	
Muesos	300	72	1				1,6	
Municiones	Especial	Especial	Especial	4.500	1.082	2	1,3	
Música, tienda de	300	72	1				1,3	
Negro de humo, en sacos				12.600	3.029	2		1,3
Neumáticos	700	168	1,5	1.800	433	2	1,3	1,3
neumáticos de automóviles	700	168	1,5	1.500	361	2	1,3	1,3
Nitrocelulosa			Especial	1.100	264	2	1,6	1,3
Oficinas comerciales	800	192	1,5				1,3	
Oficinas postales	400	96	1				1,3	
Oficinas técnicas	600	144	1				1,3	
Orfebrería	200	48	1				1,3	
Oxígeno	Especial	Especial	Especial					
Paja prensada				800	192	1,5		1,3
Paja, articulos de	400	96	1,5				1,3	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra		
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$		Fabric.	Almac.
Paja, embalajes de	400	96	1,5				1,3	
Paletas de madera	1.000	240	2	1.300	313	2	1,3	1,0
Palillos	500	119	1,5				1,3	
Panaderías industriales	1.000	240	1,5				1,3	
Panaderías, almacenes	300	72	1				1,3	
Panaderías, laboratorios y hornos	200	48	1				1,0	
Paneles de corcho	500	119	1,5				1,3	
Paneles de madera aglomerada	300	72	1,5	6.700	1.611	2	1,3	1,3
Paneles de madera contrachapada	800	192	1,5				1,3	
Papel	200	48	1	10.000	2.404	2	1,3	1,0
Papel, apresto	500	119	1,5				1,3	
Papel, barnizado de	80	19	1,5				???	
Papel, desechos prensados				2.100	505	2		1,3
Papel, tratam. de la madera y materias celulosicas	80	19	1,5				1,0	
Papel, tratamiento-fabricación	700	168	1,5				1,3	
Papel, viejo o granel				8.400	2.019	2		1,6
Papelería	800	192	1,5	1.100	264	2	1,3	1,3
Papelería, venta	700	168	1,5				1,3	
Paraguas	300	72	1	400	96	1	1,3	1,3
Paraguas, venta	300	72	1				1,3	
Parquets	2.000	481	2	1.200	288	2	1,3	1,0
Pastas alimenticias	1.300	313	2	1.700	409	2	1,3	1,3
Pastas alimenticias, expedición	1.00	240	2				1,3	
Pegamentos combustibles	1.00	240	2	3.400	817	2	1,6	1,6
Pegamentos incombustibles	800	192	1,5				1,3	
Peletería, productos de	500	119	1,5	1.200	288	1,5	1,0	1,0
Peletería, venta	200	48	1				1,3	
Películas, copias	600	144	1,5				1,3	
Películas, talleres de	300	72	1,5				1,3	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra	Fabric.	Almac.
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$			
Perfumería, artículos de	300	72	1	500	119	1,5	1,6	1,3
Perfumería, venta de artículos de	400	96	1				1,3	
Persianas, fabricación de	800	192	1,5	300	72	1	1,0	1,0
Piedras artificiales	40	10	1				1,0	
Piedras de afilar	80	19	1				1,0	
Piedras preciosas, tallado	80	19	1				1,0	
Piedras refractarias, artículos de	200	48	1				1,3	
Pieles, almacén				1.200	288	1,5		1,3
Pilas secas	400	96	1	600	144	1,5	1,0	1,3
Pinceles	700	168	1,5				1,3	
Placas de fibras blandas	300	72	1				1,3	
Placas de resinas sintética	300	72	1				1,0	
Planeadores	600	144	1,5				1,3	
Porcelana	200	48	1				1,0	
Proceso de datos, sala de ordenador	400	96	1,5				1,3	
Productos de amianto	80	19	1				1,0	
Productos de carnicería	40	10	1				1,0	
Productos de lavado (lejía materia prima)				500	119	1,5	1,0	1,3
Productos de lavado (lejía)	300	72	1	200	48	1		1,0
Productos de reparación del calzado	800	192	1,5	2.100	505	2	1,6	1,6
Productos farmacéuticos	200	48	1,5				1,6	
Productos lácteos	200	48	1,5				1,0	
Productos laminados salvo chapa y alambre	100	24	1				1,0	
Productos químicos combustibles	300	72	2	1.00	240	2	1,6	1,6
Puertas de madera	800	192	1,5	1.800	433	2	1,3	1,0
Puertas plásticas	700	168	1,5	4.200	1.010	2	1,3	1,0
Quesos	100	24	1,5	2.500	601	2	1,0	1,0
Quisocos de periódicos	1.300	313	2				1,3	
Radiología, gabinete de	200	48	1				1,0	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s		Ra	q_v		Ra	Fabric.	Almac.
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$		MJ/m^3	$Mcal/m^3$			
Refinerías de petróleo	Reglamentación especifica						1,6	
Refrigeradores	1.000	240	2	300	72	1	1,3	1,3
Rejilla, asientos y respaldos	400	96	1	1.300	313	2	1,3	
Relojes	300	72	1	400	96	1	1,0	1,3
Relojes, reparación de	300	72	1				1,3	
Relojes, venta	300	72	1				1,3	
Resinas naturales	3.300	793	2				1,6	
Resinas sintéticas	3.400	817	2	4.200	1.010	2	1,6	1,3
Resinas sintéticas, placas de	800	192	1,5	3.400	817	2	1,3	1,0
Restaurantes	300	72	1				1,3	
Revestimientos de suelos combustibles	500	119	1,5	6.000	1.442	2	1,3	1,0
Revestimientos de suelos combustibles, venta	1.000	240	2				1,3	
Rodamientos o cojinetes de bolas	200	48	1				1,0	
Sacos de papel	800	96	1,5	12.600	3.029	2	1,3	1,3
Sacos de plástico	600	144	2	25.200	6.058	2	1,3	1,3
Sacos de yute	500	120	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Salinas, productos de	80	19	1				1,0	
Servicios de mesa	200	48	1				1,0	
Silos				Según material almacenado				
Sombrererías	500	119	1,5				1,3	
Sosa	40	10	1				1,3	
Sótanos,bodegas casas residencial.	900	216	1				1,3	
Tabaco en bruto				1.700	409	2		1,3
Tabaco, venta de artículos	500	119	1,5				1,3	1,3
Tabacos, artículos de	200	48	1,5	2.100	505	2	1,3	
Talco	40	10	1				1,0	
Tallado de piedra	40	10	1				1,0	
Talleres de enchapado	800	192	1,5	2.900	697	1,5	1,3	1,3
Talleres de guarnicionería	300	72	1				1,3	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
Talleres de pintura	500	119	1,5				1,6	
Talleres de reparación	400	96	1				1,3	
Talleres eléctricos	600	144	1,5				1,0	
Talleres mecánicos	200	48	1				1,0	
Tapicerías	800	192	1,5				1,3	
Tapicerías, artículos de	300	72	1,5	1.000	240	2	1,3	1,3
Tapices	600	144	1,5	1.700	409	2	1,3	1,3
Tapices, tintura	500	119	1,5				1,0	
Tapices, venta	800	192	1,5				1,3	
Teatros	300	72	1				1,3	
teatros, bastidores				1.100	264	2		1,3
Tejares, cocción	40	10	1				1,0	
Tejares, hornos de secado y estanterías de madera	1.00	240	1,5				1,0	
Tejares, hornos de secado y estanterías metálicas	40	10	1				1,0	
Tejares, prensado	200	48	1				1,0	
Tejares, preparación de arcilla	40	10	1				1,0	
Tejares, secadero, estanterías mader	400	96	1				1,0	
Tejares, secado estanterías metalic.	40	10	1				1,0	
Tejidos de cañamo, yute, lino				1.300	313	2	1,3	
Tejidos de rafia	400	96	1,5					1,3
Tejidos en general, almacén				2.000	481	2	1,3	1,3
Tejidos sintéticos	300	72	1,5	1.300	313	2		1,3
Tejidos, depósitos balas de algodón				1.300	313	2		1,3
Tejidos, seda artificial	300	72	1,5	1.000	240	2	1,3	1,3
Teléfonos	400	96	1,5	200	48	1	1,3	1,3
Teléfonos, centrales de	80	19	1,5				1,3	
Televisión, estudios de	300	72	1,5				1,3	
Textiles				1.00	240	2		1,3
Textiles, apresto	300	72	1	1.100	264	2	1,3	

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004

Actividad	Fabricación y venta			Almancenamiento			C_i (valores orientativos)	
	q_s			q_v				
	MJ/m^2	$Mcal/m^2$	Ra	MJ/m^3	$Mcal/m^3$	Ra	Fabric.	Almac.
Toneles de plástico	600	144	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Torneado de piezas de cobre/bronce	300	72	1				1,0	
Transformadores	300	72	1,5				1,3	
Transformadores, bobinado	600	144	1,5				1,3	
Transformadores, estación de	300	72	1,5				1,3	
Tubos fluorescentes	300	72	1				1,0	
Vagones, fabricación de	200	48	1				1,3	
Vehículos	300	72	1,5				1,0	
Venta por correspondencia,empresas	400	96	1,5				1,3	
Ventanas de madera	800	192	1,5				1,3	
Ventanas de plástico	600	144	1,5				1,3	
Vidrio	80	19	1				1,0	
Vidrio, expedición	700	168	1				1,0	
Vidrio, plano, fabrica de	700	168	1				1,0	
Vidrio, talleres de soplado	200	48	1,5				1,3	
Vidrio, tintura de	300	72	1,5				1,0	
Vidrio, tratamiento de	200	48	1,5				1,0	
Vidrio, venta de artículos de	200	48	1				1,0	
Vinagre, producción de	80	19	1	100	24	1	1,3	
Virdrio, artículos de	200	48	1,5				1,0	1,0
Vulcanización	1.000	240	2				1,3	
Yeso	80	19	1				1,0	
Zulaque de vidrieros	1.000	240	2	1.300	313	2	1,3	1,0

FUENTE: Elaboración en base a la norma europea R.D. 2267/2004