

ESTUDIO CUANTITATIVO DE RIESGO DE INCENDIO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES

QUANTITATIVE STUDY OF FIRE RISK FOR INDUSTRIAL FACILITIES

 Franciosi Willis, Juan José¹

 Vidarte Llaja, Annié Mariella²



Fecha de recepción : 13/05/2021

Fecha de aprobación : 19/09/2021

Resumen

Un paradigma actual es la sostenibilidad, y esta tiene tres dimensiones, económica, social y ambiental. Lo económico tiene relación con la productividad de la organización, cuidando el patrimonio, preservándola de una contingencia grave como es un incendio, entre otros. En lo social, para evitar que la contingencia genere pérdida en la salud o vida de las personas, y en lo ambiental, evitando impactos al medio ambiente. Esta investigación aporta pautas para la elaboración de un estudio de riesgo de incendio para uso en industrias. El objetivo de este artículo es proponer un análisis de riesgo de incendio, según un modelo intrínseco y cuantitativo, con base en variables de combustibilidad y activación de los materiales para obtener un nivel de severidad de daño, aplicado a locales industriales fundamentalmente, y por vacíos normativos, también aplicable a los locales deportivos y de transporte. La población fue el conjunto de artículos científicos, normativas nacionales e internacionales, tesis y sitios web de empresas consultoras de proyectos contra incendio. La muestra fue la bibliografía que más profundiza respecto a modelos de riesgo de incendio en industrias. Se hizo comparación con investigaciones similares. El tipo de investigación es aplicada; el diseño es documental y el nivel es descriptivo. La recolección de datos fue por análisis documental. Para los cálculos necesarios se utilizó la hoja Excel de Office versión 2019. Para el análisis de riesgo de incendio, fue necesario diferenciar previamente las áreas de almacenamiento, de las áreas de actividades no destinadas a almacenaje.

Palabras clave: Estudios de riesgo de incendio, instalaciones industriales.

Abstract

A current paradigm is sustainability, and it has three dimensions: economic, social and environmental. The economic is related to the productivity of the organization, taking care of the heritage, preserving it from a serious contingency such as a fire, among others. In the social, to avoid that the contingency generates loss in the health or life of the people, and in the environmental, avoiding impacts to the environment. This research provides guidelines for the preparation of a fire risk study for use in industries. The objective of this article is to propose a fire risk analysis, according to an intrinsic and quantitative model, based on variables of combustibility and activation of the materials to obtain a level of severity of damage, mainly applied to industrial premises, and due to voids normative, also applicable to sports and transport venues. The population was the set of scientific articles, national and international regulations, theses and websites of consulting companies for fire fighting projects. The sample was the most in-depth bibliography regarding fire risk models in industries. Comparison was made with similar investigations. The type of research is applied; the design is documentary and the level is descriptive. Data collection was by documentary analysis. For the necessary calculations, the Office Excel sheet version 2019 was used. For the fire risk analysis, it was necessary to previously differentiate the storage areas from the areas of activities not intended for storage.

Keywords: Fire risk studies, industrial facilities.

¹ Magister en Administración, Escuela profesional de Ingeniería industrial, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Pimentel-Lambayeque-Perú, willisjj@crece.uss.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-6250-9369>

² Magister en Administración con Mención en Gerencia Empresarial, Escuela profesional de Ingeniería industrial, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Pimentel-Lambayeque-Perú, avidarte@crece.uss.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-8948-2899>

1. Introducción

La protección contra el incendio de tipo urbano, es una de las acciones cruciales para las contingencias graves que puede suceder a las personas, y también una problemática para el sistema de defensa civil; la base de tal protección debe orientarse a que cuando suceda dicha contingencia, se produzcan las menores pérdidas posibles, sea en personas o en materiales. Para ello, lo primero que se debe hacer es estimar la potencialidad de daño del incendio en el lugar donde se plantea tal hipótesis, con lo que, según la severidad estimada de daño, se puede instalar el sistema correcto para combatir el incendio en un espacio dado. Se puede decir que, estimar el riesgo de incendio de manera correcta, es el paso primario antes del equipamiento respectivo con el que se enfrentará el riesgo.

La normativa nacional es bien documentada, aunque ninguna plantea modelos de cálculo de riesgo; sin embargo, si establece claramente el equipamiento contra incendio para diversos usos en edificaciones, como el caso de vivienda multifamiliar, comercio, hospedaje, salud, oficinas, locales de reunión como casinos, teatros, discotecas. También para el uso en almacenes, donde factores como el área, la altura y la clase de material contenido en un recinto dado, especifican el equipamiento a instalar.

Para el uso industrial, a diferencia de los casos mencionados anteriormente, no hay reglamento que especifique el tipo de sistemas contra incendio a instalar, debido a que la industria tiene muchas modalidades e infinidad de productos y materia prima, cada uno con una combustibilidad y un nivel de riesgo de diferente nivel, así, la industria de solventes tiene mayor inflamabilidad y riesgo que la industria metalmecánica, o la industria láctea, etc. Por ello, es imposible estandarizar los riesgos y equipamiento de incendio para la industria, lo que obliga a plantear un análisis del riesgo de incendio, para definir su nivel. Al respecto, el Reglamento Nacional de Edificaciones, emitido el 23 de mayo del 2006, por el Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA del (Ministerio de Vivienda, 2006), que contiene diversas normas, entre ellas la A.060, referida a edificios destinados a la industria, establece en su artículo 12, que según el grado de riesgo (alto, medio o bajo) de la instalación industrial, esta deberá contar con los diferentes sistemas de extinción del fuego. La normativa contra incendios peruana presenta felizmente pocas exclusiones, por ejemplo, los usos de edificación destinados a terminales terrestres, aéreos o marítimos y del deporte; y ello en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

El fuego es una reacción de oxidación química, que produce calor, al suceder rápidamente, genera fuego y humo; tal reacción química requiere dos elementos: el combustible y el comburente u oxidante, que comúnmente es el oxígeno del aire (Duche Chaguay, 2021). Tiene un papel básico en la vida de las personas, pues está inserto a toda práctica social (Ramos-Rodríguez, Cedeño-Cedeño, & Batista, 2021)

El incendio es un fuego no controlado y de grandes proporciones, que se presenta de manera súbita o gradual, provoca daños (Duche Chaguay, 2021). Los incendios pueden ser de tres tipos según el lugar: forestales, urbanos y urbano-rural. Los forestales tienen diverso origen y se desplazan a través de amplia vegetación y ecosistemas. En el incendio urbano-rural, el fuego de la zona rural entra en contacto con las áreas edificadas, para minimizar este riesgo, se debe analizar su contexto para integrarlo al sistema de planificación urbano, a través de la cartografía respecto a la amenaza de incendios forestales, asociándola a la vegetación, el combustible, la topografía y clima (Gonzalez Mathiesen, March, & Stanley, 2019). Finalmente, el origen del incendio urbano, es generalmente eléctrico o tecnológico (índole mecánica, error humano). En esta investigación interesan sólo los incendios urbanos.

La construcción con madera, la quema de carbón y la existencia de industrias potencialmente peligrosas en las ciudades pre-industriales ya hacia preciso, estudiar el incendio para disponer de sistemas anti-incendios eficaces, rápidos y funcionales (Sanz de la Higuera, 2021).

A nivel mundial los motivos que han incidido en un aumento de incendios urbanos son: el crecimiento poblacional, los procesos propios del desarrollo industrial, comercial y otras actividades, uso de la energía eléctrica como base principal para la actividad fabril, el manejo de sustancias combustibles con escaso control, la soldadura, el rozamiento mecánico, el transporte y almacenamiento, todo lo anterior,

muy presente en la actividad industrial. La estadística demuestra que los incendios urbanos se deben, en gran cantidad de casos, a origen eléctrico, como cortocircuitos en instalaciones defectuosas, sobrecargas o manejo inadecuado de aparatos eléctricos (Velasco Pasapera, Moscol Seminario, Celi Zapata, & Cornejo Medina, 2020).

El análisis del riesgo de incendio es un proceso cualitativo o cuantitativo, tratando los escenarios del mismo, con probabilidades y consecuencias asociadas, para determinar un nivel de riesgo, utilizando uno o más umbrales de aceptabilidad (Kathleen & Almand, 2021).

Dentro de las metodologías para estimar el riesgo de incendio, es muy difundida la de Gustavo Purt, inclusive la asume el marco normativo español en sus Notas Técnicas de Prevención (NTP), particularmente la: Evaluación del riesgo de incendio, método de Gustav Purt (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. España, 1984). La limitación es que es una metodología cualitativa, derivada del modelo de Max Gretener, adoptado en los años 60 por el servicio de Bomberos de Suiza (Hahnemann, Corrêa, & Rabbani, 2017). El modelo ERIC, tal como los anteriores, sectoriza el riesgo de las personas y luego combina el mismo con los de la infraestructura. En cuanto nivel de complejidad, se tiene el modelo MESERI, es el más fácil y breve de aplicar; para la resolución FRAME es el más complejo; y a la vez es muy completo, pues fragmenta el nivel de riesgo en aspectos de infraestructura, personas y actividades (Astete & Cárcamo, 2015). Otro método es el de G.A. Herpol, que requiere tablas específicas pero que no son muy completas, y no está concluido por la muerte de su creador. Finalmente, el método ARICA, de Portugal, es simplificado y asume dos factores cualitativos: factores globales de riesgo y el factor global de eficacia (Ferreira, Baquedano, Graus, Nochebuena, & Socarrás, 2018).

Respecto a similitudes de la metodología presentada en este artículo, la mayor correspondencia es con el método CRAEH, que también se vale del uso de hoja de cálculo, asumiendo las mismas variables, con la diferencia de que este último asume una valoración algo cualitativa de los embalajes y de cómo influyen estos en la peligrosidad del almacenamiento (Álvarez Morales, 2018).

El objetivo de este artículo es proponer un análisis de riesgo de incendio, según un modelo de riesgo intrínseco, esto significa que se basa en la carga térmica; es cuantitativo, pues relaciona las variables de combustibilidad y activación de los materiales, para obtener un nivel de severidad de daño, aplicable a instalaciones de uso industrial básicamente, también para locales de transporte y deporte.

En este artículo se pretende actuar lo más cuantitativamente posible, pues así el resultado dependerá menos de la discrecionalidad del analista de incendio. Para ello, es necesario mencionar los distintos factores que inciden en el cálculo de la carga de fuego ponderada, que es lo que se logra con un modelo cuantitativo de evaluación de riesgo de incendio.

Dos líneas arriba se menciona la carga de fuego ponderada, lo que se pondera es cada sector o zona de fuego o incendio, cada uno de estos está diferenciado de otros por dos motivos, uno puede ser los muros de separación resistentes al fuego como son los confeccionados con ladrillo y cemento y otro motivo, es el tipo de actividad desarrollada, que, aunque no esté separada por muros, delimita un sector diferente a los sectores contiguos y cada sector tiene una dimensión superficial.

Para casos que excluyen el uso de almacenamiento, un factor es la carga térmica, de acuerdo al proceso, es la densidad de carga de fuego de cada zona según actividad, por ejemplo, sector de oficinas, de fabricación, de taller o de patio de maniobras, y su magnitud se mide en MJ/m² o en Mcal/m².

Para el caso de actividades de almacenamiento, la carga térmica aportada por cada m³ de sector de mercadería y que su magnitud se mide en MJ/m³ o en Mcal/m³.

Más factores a considerar respecto a las actividades o de las sustancias almacenadas:

Grado de peligrosidad por la combustibilidad: es adimensional y referido a la capacidad de deflagración de los productos existentes en un sector de la edificación dado. Se clasifica en tres niveles:

Alta con valor de C= 1.6, Media con C= 1.3, Baja con C= 1.0 (Flores Padilla, 2018).

Tabla 1
Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i

ALTA	MEDIA	BAJA
- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1.	- Líquidos clasificados como subclase B ₂ en la ITC MIE-APQ1.	- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.
- Líquidos clasificados como subclase B ₁ e ITC MIE-APQ1.	- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.	
- Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100°C.	- Sólidos que comienzan su ignición a temperatura comprendida entre 100°C y 200°C.	- Sólidos que comienzan su ignición a 200°C.
- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.	- Sólidos que emiten gases inflamables.	
- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.		
$C_i = 1.60$	$C_i = 1.30$	$C_i = 1.00$

Fuente: RD 2267/2004

Tabla 2
Relación entre modelo de Gretener y la clasificación de Flores Padilla respecto a la peligrosidad

Propuesto por Gretener (CEA) Fe (Ex)	Utilizar en NBE-CPI-82
I	Alta (A)
II	Media (M)
III...VI	Baja (B)

Fuente: NTP 36

Coeficiente de grado de activación relativo a la actividad, es un coeficiente adimensional, que corrige el grado de peligrosidad de la activación, inherente a la actividad a desarrollar en el sector de incendio, de producción, o almacenaje. Cuando existen varias actividades en un sector, se asume como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que tal actividad ocupe mínimo el 10 por ciento de la superficie del sector de incendio. Se clasifica en 3 valores:

Alta con valor de $R_a = 3$, Media con $R_a = 1.5$, Baja con $R_a = 1.0$ (Villanueva Muñoz, 1983)

Tabla 3
Riesgo de activación según normativa NTP española (Villanueva Muñoz)

Coeficiente R_a	Riesgo de activación		
	Alto	Medio	Bajo
	3	1,5	1

Fuente: NTP 36

Tabla 4
Relación entre Gretener y la clasificación de Villanueva Muñoz respecto al riesgo de activación R_a

Propuesto por Gretener (CEA) Fe (Ex)	Utilizar en NBE-CPI-82
1 y 2	Bajo (B)
3	Medio (M)
4 y 5	Alto (A)

Fuente: NTP 36: Riesgo intrínseco de incendio (I)

Esta investigación se justifica, porque en los últimos años, las empresas deben ser muy competitivas, y por ello la sostenibilidad es un pilar básico, debiendo cumplir metas en lo económico, ambiental y social. El ámbito económico tiene que ver con productividad de la organización, cuidar el patrimonio y la marca, por tanto, se tiene que proteger a la empresa de una contingencia grave como es un incendio. En el ámbito social, es primordial evitar que la contingencia genere pérdida en la salud o vida del personal trabajador, que es tan cuantioso y valioso en una instalación industrial y, en lo ambiental, mitigando o evitando impactos al medio ambiente por la contaminación del aire por humos y el consumo de agua inherente al incendio. Además, cuando ocurren incendios en el sector industria, las afectaciones son especialmente cuantiosas. La presente investigación ilustra el análisis de riesgo de incendio para casos de edificios industriales, ello servirá posteriormente para otros trabajos diferentes como la elección del sistema contra incendio a aplicar.

Se analizó otros estudios como la investigación de (Alarcon Rodriguez, 2020), que propone una Evaluación cuantitativa para el riesgo de incendio mediante el método Gretener en una fábrica dedicada a la elaboración de snacks, obtuvo un riesgo de incendio de 1,88 siendo este un riesgo alto debido a que supera el valor estándar de 1,3 y posteriormente recomendó medidas de control de riesgo respectivas.

La investigación (Ruiz Benavides, 2016), propone la determinación de la calificación del riesgo de incendio de la empresa gestora ambiental A.D.S del Ecuador S.A. empleando la NTP 599 y también la matriz de MESERI, resultando un nivel de riesgo de Malo, para luego diseñar el plan de contingencia.

El trabajo de (Sánchez Cruz, 2020), propone la Evaluación del riesgo de incendio mediante método de Gustav Purt y propuesta de un plan de contingencia contra incendios en la empresa INDUFARD E.I.R.L., obteniendo un riesgo del edificio GR de 1.986 y un riesgo del contenido IR igual a 3, concluyendo que el nivel de riesgo de incendio en la empresa es de 4.

2. Material y métodos

La población fue el conjunto de artículos científicos, normativas nacionales e internacionales, tesis y sitios web de empresas consultoras de proyectos contra incendio. Como muestra, se eligió la bibliografía que más profundiza en la aplicación de modelos de riesgo de incendio en casos industriales.

El tipo de investigación es aplicada; pretendiendo que su resultado genere conocimiento y beneficio social. El diseño es documental, basado en la recopilación de teoría y normas. El nivel del artículo es descriptivo, abordando las variables influyentes en la densidad de carga de fuego como: factor de combustibilidad, distribución física de los materiales presentes. Para recolectar datos se utilizó el análisis de documentos. Para procesar datos se utilizó la hoja de cálculo Excel de Office versión 2019.

3. Resultados

Los cálculos se realizan de manera metódica y rigurosa. La carga de energía calorífica por unidad de área define el riesgo, luego este se clasifica en 3 categorías: Bajo, Medio y Alto.

En el caso ilustrado para entender el modelo, se tiene una actividad industrial metal mecánica, que produce maquinaria para fabricación como tolvas, seleccionadoras, cubas, elevadores, etc. La edificación tiene un área de 6511.25 m², distribuida por zonas, indicando además las sustancias, su masa, superficies y alturas de apilamiento como se aprecia en la **Tabla 5**.

Tabla 5

Datos de distribución de las actividades y áreas de almacén en el caso de una industria metalmecánica

Sustancia	g (Kg.)	Zona del local	Superficie (m ²)	Área apilam. (m ²)	Altura apilam. (m)
Herramientas	300		97.6	4.5	1.43
Cepillos	1500		97.6	6.5	2.08
Pernos	1200		97.6	1.4	1.5
Motores eléctricos (stock)	300		97.6	2.9	0.85
Cables	1500		97.6	5	1.2
Tubería acero inoxidable	2276		97.6	24	0.48
Tubería de fierro	1800		97.6	24	0.48
Planchas acero inoxidable	1452		97.6	8	0.77
Planchas de fierro	1200		97.6	8	0.89
Pintura esmalte y acrílica	290		97.6	1	0.29
Pintura diluyente	210	Almacén	97.6	0.4	0.53
Espuma sintética	4		97.6	0.5	0.4
Malla Raschell	80		97.6	1	0.19
Mobiliario de madera	82		97.6	3	0.11
Cartón	48		97.6	2	0.12
Papel	10		97.6	0.3	0.25
Trapos de tela	70		97.6	1.8	0.3
Fajas de PVC	120		97.6	2	0.13
Plásticos PET	80		97.6	2	0.11
Propano (50 Gl.)	3.52		97.6	0.3	0.63
-----	-----	Plegado	70	-----	-----
-----	-----	Cortado	38	-----	-----
-----	-----	Taladrado	26	-----	-----
-----	-----	Torneado	92	-----	-----
-----	-----	Fresado y cepillado	35	-----	-----
-----	-----	Mesas montaje	178	-----	-----
-----	-----	Mesas soldadura	78	-----	-----
-----	-----	Pintado	36	-----	-----
-----	-----	Tránsito peatonal	349.1	-----	-----
-----	-----	Tránsito montacargas	157.5	-----	-----
-----	-----	Oficinas	164.23	-----	-----
-----	-----	Archivos - Data	9.58	-----	-----
-----	-----	Vestuarios	39.2	-----	-----
-----	-----	Patio de maniobras	4324.45	-----	-----
-----	-----	Plataforma y área expansión	816.59	-----	-----
Total	12525.52				

Fuente: Elaboración propia

3.1 Cálculo de la carga de fuego

a. Para actividades distintas al almacenamiento

Se asume la NTP 831, en cuyo modelo se considera los factores que inciden en la carga de fuego ponderada, y que se muestra a continuación:

1. Carga térmica según el proceso que se realiza en determinada zona (qs)
2. Coeficiente de grado de peligrosidad por la combustibilidad (c)
3. Coeficiente de grado de activación relativo a la actividad (Ra)
4. Superficie de la cada zona de proceso o actividad (s)
5. Superficie total de las zonas que implican uso distinto al almacenamiento (A)

La carga de fuego ponderada Q se establece según la expresión de abajo, de acuerdo a (Vega Giménez, Cristina , 2009), luego el cálculo será realizado en excel:

$$Q_{ac} = \frac{\sum q*s*c}{A} * Ra$$

b. Para sectores que son de almacenamiento

Los parámetros que inciden en la carga de fuego ponderada son los indicados a continuación:

1. Carga térmica aportada por cada m³ de sector de mercadería (qv)
2. Coeficiente de grado de peligrosidad por la combustibilidad (c)
3. Coeficiente de grado de activación relativo al sector de almacenamiento (Ra)
4. Superficie de apilamiento de cada material (s)
5. Altura de apilamiento de cada material (h)
6. Superficie total de las zonas dedicadas al almacenamiento (A)

El cálculo se realiza por esta expresión, según señala (Vega Giménez, Cristina , 2009):

$$Q_{al} = \frac{\sum q*c*h*s}{A} * Ra$$

3.1.1 Datos necesarios para calcular la carga de fuego de la instalación del caso

a. Para actividades distintas al almacenamiento

Tabla 6

Carga térmica, peligrosidad y grado de activación por actividades distintas al almacenamiento

Actividad	Fabricación y venta			Almacenamiento			C _i (valores orientativos)	
	q _s			q _v			Fabric.	Almac.
	MJ/m ²	Mcal/m ²	Ra	MJ/m ³	Mcal/m ³	Ra		
Artículos metálicos, amolado	80	19	1				1,0	
Artículos metálicos, barnizado	300	72	1				1,6	
Artículos metálicos, fresado	200	48	1				1,0	
Artículos metálicos, soldadura	80	19	1				1,0	
Artículos metálicos, estampado	100	24	1				1,0	
Artículos de metal	200	48	1				1,0	
Exposición de máquinas	80	19	1				1,0	
Oficinas técnicas	600	144	1				1,3	
Archivos	4200	1000	2	1700	409	2	1,3	1,3
Automóviles, aparcamientos	200	48	1				1,6	
Guardarropa, armarios metálicos	80	19	1				1,0	

Fuente: IDES Barcelona

Tabla 7

Carga térmica, peligrosidad y grado de activación del torneado de metales

Utilización de locales	q _m Mcal/m ²	c Fe (Ex)	a Cat
Torneadura (taller de torneado)	40	IV	2

Fuente: NTP 37: Riesgo intrínseco de incendio (II)

b. Para sectores que son de almacenamiento

Tabla 8

Carga térmica, peligrosidad y grado de activación por almacenamiento en nuestra investigación

Actividad	Fabricación y venta			Almacenamiento			C _i (valores orientativos)	
	q _s			q _v			Fabric.	Almac.
	MJ/m ²	Mcal/m ²	Ra	MJ/m ³	Mcal/m ³	Ra		
Herramientas	200	48	1				1,0	
Cepillos y brochas	700	168	1,5	800	192	1,5	1,3	1,3
Artículos de metal	200	48	1				1,0	
Cables	300	72	1	600	144	1,5	1,0	1,3
Chapa, artículos de	100	24	1				1,0	
Barnices	500	1202	2	2500	601	2	1,6	1,6
Diluyentes				3400	817	2		1,6

Espumas sintéticas	3000	721	2	2500	601	2	1,6	1,3
Muebles de acero	300	72	1				1,0	
Muebles de madera	500	119	1,5	800	192	1,5	1,6	
Cartón	300	72	1,5	4200	1010	1,5	1,3	1,3
Papel	200	48	1	10000	2404	2	1,3	1,0
Textiles				1000	240	2		1,3
Materias sintéticas, artículos de	600	144	1,5	800	192	1,5	1,3	
Materias sintéticas, inyectadas	500	119	1,5	3400	817	2	1,3	
Depósitos de hidrocarburos				43700	10505	2		

Fuente: IDES Barcelona

Tabla 9

Coefficiente de grado de peligrosidad por almacenamiento de materiales plásticos

	q_i (MJ/kg)	C_i	R_a
Poliéster, polietileno	42	1,3	2
caucho			
PVC	21	1,6	2

Fuente: María Augusta Trávez Padilla, Universidad San Francisco de Quito

3.1.2 Consolidación de las variables que intervienen en la carga de fuego ponderada

a. Para actividades distintas al almacenamiento

Tabla 10

Consolidado de variables en la densidad de carga de fuego por actividades distintas al almacenamiento

Zona	q (Mcal/m ²)	c	R_a
Plegado	24	1	1
Cortado	19	1	1
Taladrado	48	1	1
Torneado	40	1	1
Fresado y cepillado	48	1	1
Montaje en mesas	48	1	1
Soldadura en mesas y suelo	19	1	
Pintado	72	1,6	1
Tránsito peatonal en nave producción	48	1	1
Tránsito vehicular en nave producción	48	1,6	1
Oficinas administrativas	144	1,3	1
Archivos y Data	1010	1,3	2
Vestidores y SSHH trabajadores	19	1	1
Patio de maniobras y parqueo	48	1,6	1
Plataforma y áreas de expansión oficinas	19	1	1

Fuente: Elaboración propia

b. Para sectores de uso almacenamiento

Tabla 11

Consolidado de variables en la densidad de carga de fuego por almacenamiento

Zona	q (Mcal/m ³)	c	Ra
Herramientas	0		
Cepillos y brochas	192	1.3	1.5
Trasmisión (elementos metálicos)	0		
Cables	144	1.3	1.5
Tubería de acero inoxidable	0		
Tubería de hierro	0		
Planchas de acero inoxidable	0		
Planchas de hierro	0		
Pintura esmalte y acrílica	601	1.6	2
Pintura diluyente	817	1.6	2
Espuma sintética	601	1.3	2
Malla Raschell (polietileno)	817	1.3	2
Muebles de metal	0		
Estantes y muebles de madera	192	1.6	1.5
Cartón	1010	1.3	1.5
Papel	2404	1	2
Tapos de tela	240	1.3	2
Fajas de PVC	192	1.3	1.5
Plásticos	817	1.3	2

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Determinación de la carga de fuego de la carga de fuego ponderada

a. Para actividades distintas al almacenamiento

$$Q_{ac} = \frac{\sum q \cdot s \cdot c}{A} * Ra \quad (\alpha)$$

Tabla 12

Determinación de la carga de fuego por actividades distintas al almacenamiento presentes

ZONA	q (Mcal/m ²)	c	Ra	s (m ²)	q*s*c*	
Plegado	24	1	1	70	1680.00	
Cortado	19	1	1	38	722.00	
Taladrado	48	1	1	26	1248.00	
Torneado	40	1	1	92	3680.00	
Fresado y cepillado	48	1	1	35	1680.00	
Mesas montaje	48	1	1	178	8544.00	
Mesas y suelo soldadura	19	1	1	78	1482.00	
Pintado	72	1.6	1	36	4147.20	
Tránsito peatonal en nave producción	48	1	1	349.1	16756.80	
Tránsito vehicular en nave producción	48	1.6	1	157.5	12096.00	
Oficinas administrativas	144	1.3	1	164.23	30743.86	
Archivos y Data	1010	1.3	2	9.58	12578.54	
Vestidores y SSHH trabajadores	19	1	1	39.2	744.80	
Patio de maniobras y parqueo	48	1.6	1	4324.45	332117.76	
Plataforma y áreas de expansión oficinas	19	1	1	816.59	15515.21	
				Total	6413.65	443736.17
				máx. Ra	2	
				Qac = $\sum q*s*c*$	Ra / A	138.37

Fuente: Elaboración propia

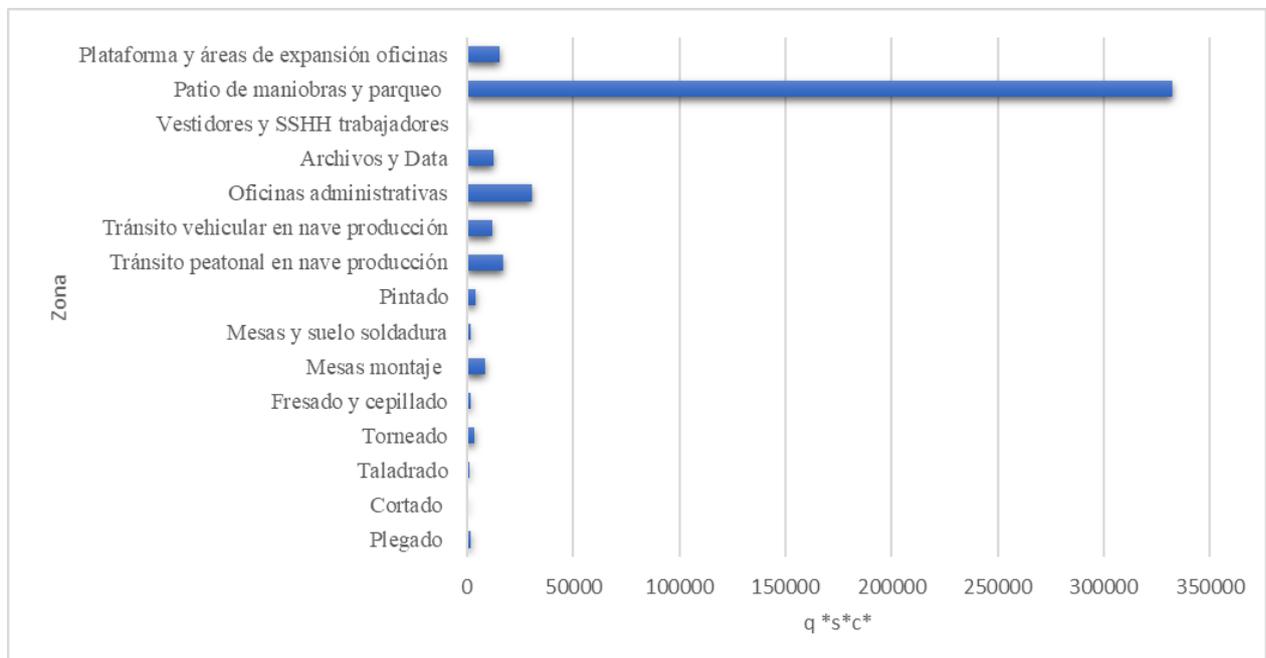


Figura 1. Carga de fuego por actividades no de almacenamiento presentes (Elaboración propia, 2021)

b. Para sectores que son de almacenamiento

$$Q_{al} = \frac{\sum q*c*h*s}{A} * Ra \quad (\beta)$$

Tabla 13

Determinación de la carga de fuego por actividades de almacenamiento en el local

ZONA	q (Mcal/m ³)	c	Ra	s (m ²)	Altura (m.)	q*c*h*s	
Herramientas	0			3.5	1.84	0.00	
Cepillos	192	1.3	1.5	6.5	2.08		
Trasmisión	0			1.4	1.5	0.00	
Cables	144	1.3	1.5	2.9	0.85	461.45	
Tubería de acero inoxidable	0			5	1.2	0.00	
Tubería de hierro	0			24	0.48	0.00	
Planchas de acero inoxidable	0			24	0.48	0.00	
Planchas de hierro	0			8	0.77	0.00	
Pintura esmalte y acrílica	601	1.6	2	8	0.89	6846.59	
Pintura diluyente	817	1.6	2	1	0.29	379.09	
Espuma sintética	601	1.3	2	0.4	0.53	165.64	
Malla Raschell (polietileno)	817	1.3	2	0.5	0.4	212.42	
Muebles de metal	0			1	0.19	0.00	
Estantes y muebles de madera	192	1.6	1.5	3	0.11	101.38	
Cartón	1010	1.3	1.5	2	0.12	315.12	
Papel	2404	1	2	0.3	0.25	180.30	
Trapos de tela	240	1.3	2	1.8	0.3	168.48	
Fajas de PVC	192	1.3	1.5	2	0.13	64.90	
Plásticos	817	1.3	2	2	0.11	233.66	
Propano	10505	1.6	2	0.3	0.63	3176.71	
				Total	97.6	12305.73	
				máx. Ra	2		
				Qal = $\sum q*c*h*s$	*	Ra / A	252.17

Fuente: Elaboración propia

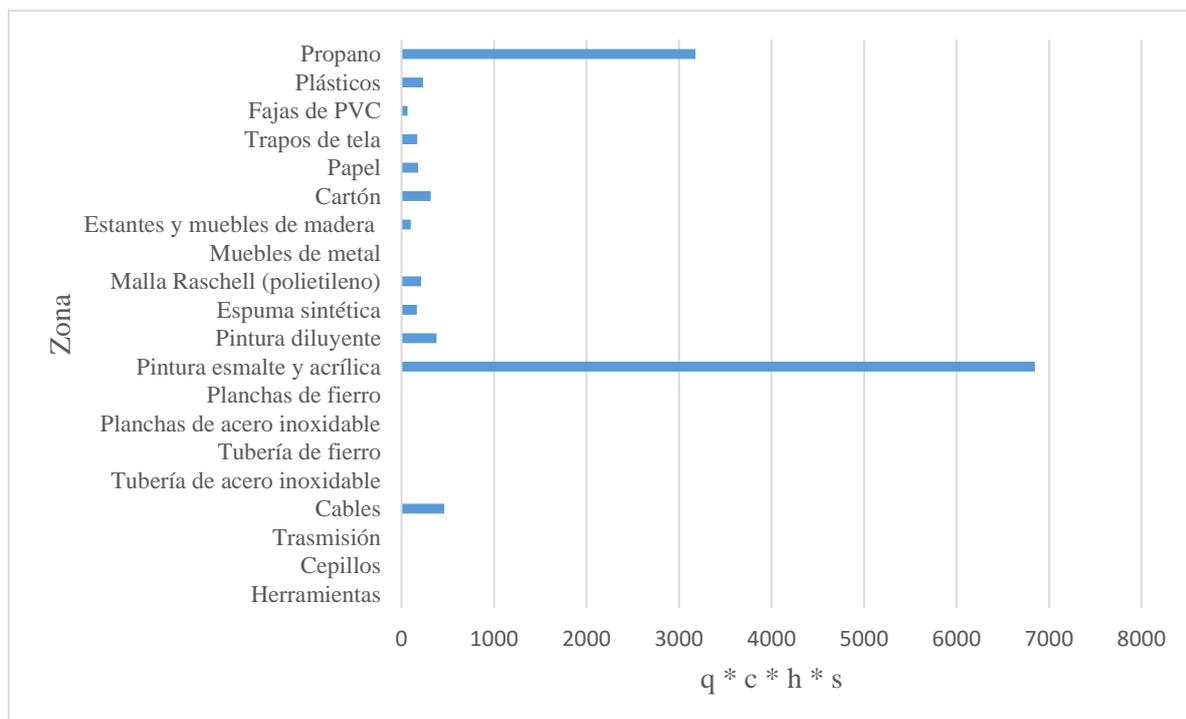


Figura 2. Carga de fuego por actividades de almacenamiento en el local (Elaboración propia, 2021)

3.1.4 Carga de fuego total ponderada

Combinación ponderada de las zonas productivas y servicios con los de almacenamiento. Relacionando (α) y (β), determinamos de la carga de fuego por actividades de almacenamiento y de no almacenamiento en el local.

$$Q_e = (Q_{ac} * A_{ac} + Q_{al} * A_{al}) / (A_{ac} + A_{al}) \quad \text{Mcal/m}^2 = 140.08 \quad \text{Mcal/m}^2$$

3.2 Nivel y grado de riesgo intrínseco de incendio de la instalación

Tabla 14

Nivel de riesgo intrínseco de incendio general de la instalación

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
Bajo	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
Medio	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
Alto	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Fuente: NTP 831

Según la **Tabla 14** el riesgo resultante es de nivel Bajo y grado 2.

4. Discusión

1. Esta investigación es coherente con el artículo de (Alarcon Rodriguez, 2020), que propone una Evaluación cuantitativa para el riesgo de incendio mediante el método Gretener en una fábrica dedicada a la elaboración de snacks, obtuvo un riesgo de incendio de 1,88 siendo este un riesgo alto debido a que supera el valor estándar de 1,3. En el presente trabajo, se obtuvo un nivel de riesgo Bajo de grado 2.

2. La investigación de (Ruiz Benavides, 2016), propone la determinación de la calificación del riesgo de incendio empleando la NTP 599 y utilizando la matriz de MESERI, con lo que obtuvo una calificación de riesgo Malo. En el presente artículo, se obtuvo un nivel de riesgo Bajo de grado 2.

3. El trabajo de (Sánchez Cruz, 2020), propone la Evaluación del riesgo de incendio mediante método de Gustav Purt y propuesta de un plan de contingencia contra incendios en la empresa INDUFARD E.I.R.L., obteniendo un riesgo del edificio GR de 1.986 y un riesgo del contenido IR igual a 3, concluyendo que el nivel de riesgo de incendio en la empresa es de 4. En el presente artículo, se obtuvo un nivel de riesgo Bajo de grado 2, pero en una escala diferente, pues es otra metodología.

4. Este artículo, servirá como base para futuros trabajos, como evaluación previa antes de implementar sistemas contra incendio en industrias, además de obtener las certificaciones de defensa civil.

5. Conclusiones

1. Se logró el objetivo de proponer y desarrollar un análisis de riesgo de incendio, según un modelo de riesgo intrínseco, que es cuantitativo, es decir se rige estrictamente a variables de combustibilidad y activación de los materiales y obtención de un nivel de severidad de daño, para aplicarlo a instalaciones de uso industrial fundamentalmente, con similitud al modelo CRAEH, que también se vale del uso de hoja de cálculo. Se estimó finalmente el nivel y grado de riesgo.
2. Para analizar un recinto industrial con este modelo, es necesario diferenciar previamente las áreas de almacenamiento con el material en stock, de las áreas de otras actividades diferentes al almacenaje.
3. Fue esencial obtener los factores de los diversos usos y materiales que definen el cálculo ignífugo.
4. La importancia de clasificar el nivel de riesgo de incendio de una instalación industrial radica en poder luego determinar el tipo de sistemas contra incendio a equipar en la instalación o edificio, ya sean sistemas pasivos como alarmas y detectores de calor y humo, o sistemas activos como mangueras para agua y rociadores automáticos, lo cual justifica el desarrollo de esta investigación.

6. Referencias Bibliográficas

- Alarcón Rodríguez, M. (2020). Evaluación cuantitativa para el riesgo de incendio mediante el método Gretener en una fábrica dedicada a la elaboración de snacks. 1-73. Quito, Ecuador: Facultad de ciencias del trabajo y comportamiento humano. Recuperado el 5 de agosto de 2021, de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4105>
- Álvarez Morales, P. J. (2018). Manual de la Aplicación del método CRAEH mediante Hoja de cálculo Microsoft® Excel. 27. (CEPREVEN, Ed.) Madrid, España. Recuperado el 19 de marzo de 2021, de http://www.cepreven.com/uploads/CRAEH_ManualAplicacion-v1.pdf
- Astete, J. E., & Cárcamo, R. O. (4 de junio de 2015). Estudio comparativo de evaluación de riesgo de incendio aplicado a un edificio habitacional. *ORP urnal para la mejora e innovación de la empresa*, 3, 4-27. Recuperado el 21 de marzo de 2021, de https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-10-15_10-48-49136943.pdf
- Duche Chaguay, C. (marzo de 2021). Evaluación cuantitativa de explosión por riesgo químico en sistemas presurizados de la unidad separadora de aire de Linde Ecuador S.A. 1-109. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil. Recuperado el 4 de agosto de 2021, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53981>
- Ferreira, T., Baquedano, P., Graus, S., Nochebuena, E., & Socarrás, T. (julio-septiembre de 2018). Evaluación de riesgo de incendio urbano en el centro histórico de la ciudad de Guimarães. *Informes de la Construcción*, 70(551), 1-15. Recuperado el 1 de mayo de 2021, de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5915/7024>
- Flores Padilla, C. (2018). Diseño de agua contra incendio para el centro comercial Batan Shopping perteneciente a la empresa Piedad Huasi S.A. 1-83. Cuenca, Ecuador. Recuperado el 18 de marzo de 2021, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8662/1/14323.pdf>
- Gonzalez Mathiesen, C., March, A., & Stanley, J. (octubre de 2019). Desafíos para las interfaces urbano-rurales propensas a incendios forestales: El caso de Melbourne. (U. de, Ed.) *Urbano*(39), 88-104. Recuperado el 3 de agosto de 2021
- Hahnemann, A., Corrêa, C., & Rabbani, E. (mayo-agosto de 2017). Evaluación de seguridad contra incendio: método alternativo aplicado a edificaciones. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 7(2),

- 186-199. Recuperado el 25 de abril de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/4276/427651116007.pdf>
- Kathleen , H., & Almand, P. E. (febrero de 2021). *NFPA Journal en español*. (National Fire Protection Association) Recuperado el 11 de febrero de 2021, de <https://nfpajla.org/archivos/exclusivos-online/investigacion-temas-ecologicos/992-evaluacion-del-riesgo-de-incendio-como-herramienta>
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. España. (1984). *NTP 100: Evaluación del riesgo de incendio. Método de Gustav Purt*, 1-8. Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado el 13 de febrero de 2021
- Ministerio de Vivienda, C. y. (5 de mayo de 2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. DS-011-2006-VIVIENDA. 1-439. Lima, Perú. Recuperado el 9 de febrero de 2021, de <https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- Ramos-Rodríguez, M., Cedeño-Cedeño, D., & Batista, A. (julio de 2021). Usos tradicionales del fuego en la Parroquia Ayacucho, Cantón Santa Ana, provincia Manabí, Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*(18), 41-52. Recuperado el 7 de agosto de 2021, de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/5807>
- Ruiz Benavides, M. F. (2016). Estimación del riesgo de incendio, en asfaltos, diseños y servicios del Ecuador S.A. y propuesta de intervención. 1-70. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento de posgrado. Recuperado el 27 de marzo de 2021, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41544/1/TESIS%20-%20Fernanda%20Ruiz%20Benavides.pdf>
- Sánchez Cruz, O. (2020). Evaluación del riesgo de incendio mediante método de Gustav Purt y propuesta de un plan de contingencia contra incendios en la empresa INDUFARD E.I.R.L. 1-89. Arequipa, Arequipa, Perú: Facultad de Ingeniería, Ingeniería de seguridad Industrial y Minera, Universidad Tecnológica del Perú. Recuperado el 5 de agosto de 2021
- Sanz de la Higuera, F. (marzo de 2021). Contra el fuego en el burgos del setecientos. *El Futuro del Pasado*(12), 333-356. Recuperado el 9 de agosto de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8020469>
- Vega Giménez, Cristina . (2009). NTP 831 Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004) (I). 6. Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 11 de marzo de 2021, de <https://www.insst.es/documents/94886/328096/831+web.pdf/a0cfba0c-6fe3-4e5d-8f2f-1a361bc187ba>
- Velasco Pasapera, M., Moscol Seminario, J., Celi Zapata, L., & Cornejo Medina, S. (2020). Analisis de la cultura preventiva frente a los incendios urbanos en los comerciantes del mercado anexo I de Piura. *Sapientia*, 12(24), 36-45. Recuperado el 2 de agosto de 2021, de <https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/251>
- Villanueva Muñoz, J. L. (1983). NTP 36: Riesgo intrínseco de incendio (I). 5. (I. N. Trabajo, Ed.) Madrid, España. Recuperado el 11 de marzo de 2021, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_0036.pdf/4f0289f7-9321-4b6c-9afa-cc7e3edd2aa4?version=1.4&t=1578080110239