



Universidad Latina de Costa Rica

Facultad de Ingeniería y Tecnología de la información

Escuela de Ingeniería Civil

*Trabajo final de graduación para optar por el grado académico de
Licenciado en Ingeniería Civil*

-Modalidad Proyecto de Graduación-

***“Estudio de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela
Ciudadela De Pavas.”***

Sustentante:

Andrey Alberto Aguilar Abarca

Tutor:

Ing. Daniel Figueroa Arias

San Pedro, Montes de Oca

Diciembre, 2021

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: *Estudio de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela Ciudadela De Pavas*, por el (la) estudiante *Andrey Alberto Aguilar Abarca*, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

Ing. Daniel Figueroa Arias
Tutor

Ing. Róger Mesén Leal
Lector 1

Ing. Allan Umaña Ortiz
Lector 2



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

San José, 16 de diciembre de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: *Estudio de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela Ciudadela De Pavas*, elaborado por el estudiante: *Andrey Alberto Aguilar Abarca* como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

DANIEL FIGUEROA  Firmado digitalmente por DANIEL
FIGUEROA ARIAS (FIRMA)
Fecha: 2021.12.16 08:02:37 -06'00'

Ing. Daniel Figueroa Arias



CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

San Pedro, 23 de diciembre de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: *Estudio de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela Ciudadela De Pavas*, elaborado por el estudiante: *Andrey Alberto Aguilar Abarca* como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

ROGER
EDUARDO
MESEN LEAL
(FIRMA)

Firmado
digitalmente por
ROGER EDUARDO
MESEN LEAL (FIRMA)
Fecha: 2021.12.23
13:21:27 -06'00'

Roger Mesén Leal



CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Alajuela, 23 de diciembre de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: *Estudio de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela Ciudadela De Pavas*, elaborado por el estudiante: *Andrey Alberto Aguilar Abarca* como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

 Firmado digitalmente
por ALLAN ALFONSO
UMAÑA ORTIZ (FIRMA)



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

DECLARACIÓN JURADA

Yo, *Andrey Alberto Aguilar Abarca* de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

"Estudio de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela Ciudadela De Pavas."

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en San José, Pavas, 17 de diciembre del 2021.

Andrey Alberto Aguilar Abarca

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)
Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	Andrey Alberto Aguilar Abarca
De la Carrera / Programa:	Licenciatura en Ingeniería Civil
Modalidad de TFG:	Proyecto de Graduación
Titulado:	"Estudio de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela Ciudadela De Pavas."

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "AUTOR"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "OBRA"). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "UNIVERSIDAD"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD**. **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO**: El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO**: El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO**: El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día 17 de diciembre de 2021 a las 5:00 pm

Firma del estudiante(s):



DEDICATORIA

A Dios, a mi madre, a la memoria de mi padre y de mi amigo Jaider.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi madre, a mis hermanas, amigos y profesores.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio del riesgo de incendio a la infraestructura actual de la Escuela Ciudadela de Pavas, por medio de un levantamiento arquitectónico se reconoce la distribución de las edificaciones y con visitas de campo se logra recolectar los datos necesarios para calcular el nivel de riesgo de incendio por medio de los métodos de Gretener, Meseri y Gustav Purt.

Al obtener los resultados, se determina que la institución está suficientemente segura y que su situación ante un riesgo de incendio es buena, sin embargo, por el método de Gustav Purt se indica que es necesario instalar un sistema de pre detección de incendios.

Se comparan los tres métodos utilizados por medio de un análisis para así determinar cuál es el más sensible según la calidad y cantidad de factores que toma en cuenta, según este criterio se determina que el método de Gretener es más sensible de los tres, pero no se desprecia que los otros dos análisis sirven para cubrir todos los posibles escenarios.

Por último, se recomiendan soluciones y medidas tanto constructivas como de protección, así como un costo variable de inversión incluyendo la mano de obra para aplicarlas, estas son sugerencias puntuales que, aunque la escuela actualmente está segura por la forma en que se encuentra constituida, siempre se puede mejorar y proteger aún más con el fin de salvar la integridad de las personas y de las infraestructuras que la componen.

ABSTRACT

In this project a study of the risk of fire to the current infrastructure of "Escuela Ciudadela de Pavas" is carried out, through an architectural survey the distribution of buildings is recognized and with field visits it is possible to collect the necessary data to calculate the level of fire risk using the methods of Gretener, Meseri and Gustav Purt.

With the results, it is determined that the institution is sufficiently safe and that its situation in the face of a fire risk is good, however, by the Gustav Purt method it is indicated that it is necessary to install a fire detection system.

The three methods used are compared by means of an analysis to determine which is the most sensitive according to the quality and quantity of factors that it takes into account, according to this criterion it is determined that the Gretener method is the most sensitive of the three, but not it is neglected that the other two analyzes serve to cover all possible scenarios.

Finally, both constructive and protective solutions and measures are recommended, as well as a variable investment cost including labor to apply them, these are specific suggestions that, although the school is currently safe due to the way it is constituted, it can always be improved and protected even more in order to safeguard the integrity of people and the infrastructures that compose it.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
PROBLEMA Y PROPÓSITO	1
1. Antecedentes del problema	2
2. Planteamiento del problema	6
2.1 Enunciado del problema	6
2.2 Formulación del problema.....	7
3. Justificación	7
4. Objetivos.....	9
4.1. Objetivo general.....	9
4.2. Objetivos específicos.....	9
5. Alcances y limitaciones.....	10
5.1. Alcances	10
5.2. Limitaciones.....	10
6. Delimitaciones	11
6.1. Delimitación espacial	11
6.2. Delimitación temporal	12
CAPÍTULO II	13
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
1. Fundamentos de los análisis	14
1.1 Método Gretener	14

1.1.1	Elaboración.....	14
1.2	Método MESERI	17
1.2.1	Elaboración.....	19
1.3	Método de Gustav Purt	20
2.	Conceptos.....	23
2.1	Fuego.....	23
2.1.1	Clasificación del fuego.....	23
2.1.2	Combustión.....	25
2.1.3	Fuentes de ignición de incendios	26
2.1.4	Incendios	27
2.1.5	Extinción de incendios	29
2.2	Riesgo de incendio.....	31
2.2.1	Generalidades	31
2.2.2	Clasificación.....	32
2.2.3	Control y Acciones de respuesta	32
2.3	Elementos de construcción	33
2.3.1	Portantes	33
2.3.2	No Portantes.....	33
2.4	Materiales de construcción	33
2.4.1	Clasificación internacional NFPA.....	33
2.4.2	Resistencia al fuego	34

2.5	Medidas de Protección.....	35
2.5.1	Protección Activa	35
2.5.2	Protección Pasiva	38
CAPÍTULO III	41
MARCO METODOLÓGICO	41
1.	Descripción del contexto del sitio en dónde se lleva a cabo	42
2.	Organismo, institución o empresa donde se realizará	42
3.	Las características de los participantes	42
4.	Procedimiento metodológico para la realización del estudio de diagnóstico .	43
5.	Procedimiento metodológico para la elaboración del Proyecto propuesto	43
6.	Cronograma de trabajo	44
CAPÍTULO IV	45
ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
1.	Desarrollo Método Gretener	46
1.1.	Resultados del Método de Gretener	57
2.	Desarrollo Método Meseri.....	58
2.1.	Resultados del Método Meseri	63
3.	Desarrollo Método Gustav Purt	64
3.1.	Resultados del Método Gustav Purt.....	70
4.	Análisis comparativo de los métodos	71
5.	Propuesta de soluciones	74

5.1	Medidas Constructivas	74
5.2	Medidas de Protección:.....	75
CAPÍTULO V		76
CONCLUSIONES		76
REFERENCIAS		78
ANEXOS		83
	Método de Gretener	84
	Método MESERI.....	103
	Método de Gustav Purt	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	6
<i>Marco Institucional</i>	6
Tabla 2	44
<i>Cronograma de actividades</i>	44
Tabla 3	47
<i>Carga térmica de cada Edificio</i>	47
Tabla 4	48
<i>Determinación de la Carga térmica Q_m, Rango y Factor q</i>	48
Tabla 5	50
<i>Determinación de la relación l/b y factor g</i>	50
Tabla 6	50
<i>Peligro potencial por edificio</i>	50
Tabla 7	52
<i>Factores de protección normales N</i>	52
Tabla 8	54
<i>Factores de protección especiales S</i>	54
Tabla 9	55
<i>Factores de protección constructivos F</i>	55
Tabla 10	56
<i>Valor de medidas de protección M</i>	56

Tabla 11	57
<i>Factores de peligro</i>	57
Tabla 12	57
<i>Resultados Método Gretener, para la Escuela Ciudadela de Pavas</i>	57
Tabla 13	61
<i>Resumen factores Generadores y Agravantes</i>	61
Tabla 14	63
<i>Resumen Factores Reductores y Protectores</i>	63
Tabla 15	63
<i>Clasificación del riesgo de incendio Método Meseri</i>	63
Tabla 16	64
<i>Resultados Método Meseri, para la Escuela Ciudadela de Pavas</i>	64
Tabla 17	65
<i>Valor numérico del coeficiente Q_m de la carga calorífica de cada edificio</i>	65
Tabla 18	65
<i>Valor numérico del coeficiente C de la combustibilidad de cada edificio</i>	65
Tabla 19	66
<i>Valor numérico del coeficiente Q_i suplementario para la carga calorífica de cada edificio</i>	66
Tabla 20	66
<i>Valor numérico del coeficiente B correspondiente a la influencia del sector corta fuego</i> ..	66
Tabla 21	67

<i>Valor numérico del coeficiente L correspondiente al tiempo para iniciar la extinción</i>	67
Tabla 22	67
<i>Valor numérico del coeficiente W correspondientes al grado de resistencia al fuego</i>	67
Tabla 23	68
<i>Valor numérico del coeficiente de reducción Ri</i>	68
Tabla 24	68
<i>Valor numérico del coeficiente H del peligro para las personas</i>	68
Tabla 25	69
<i>Valor numérico del coeficiente D correspondiente a la destructibilidad</i>	69
Tabla 26	69
<i>Valor numérico del coeficiente F para el humo</i>	69
Tabla 27	70
<i>Resumen de los coeficientes y valores de GR</i>	70
Tabla 28	70
<i>Resumen de los coeficientes y valores de IR</i>	70
Tabla 29	71
<i>Resumen de los valores de GR e IR y de la Zona del Diagrama</i>	71
Tabla 30	72
<i>Cuadro comparativo de los métodos utilizados</i>	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	11
<i>Mapa de la ubicación</i>	11
Figura 2	22
<i>Diagrama de Medidas Método Gustav Purt.</i>	22
Figura 3	24
<i>Símbolo Fuego Clase A</i>	24
Figura 4	24
<i>Símbolo Fuego Clase B</i>	24
Figura 5	25
<i>Símbolo Fuego Clase C</i>	25
Figura 6	25
<i>Símbolo Fuego Clase D</i>	25
Figura 7	31
<i>Agentes extintores</i>	31
Figura 8	37
<i>Pictograma de punto de encuentro de evacuación</i>	37
Figura 9	46
<i>Carga térmica según el propósito</i>	46

CAPÍTULO I

PROBLEMA Y PROPÓSITO

1. Antecedentes del problema

Departamentos de bomberos al largo de mundo trabajan arduamente para contener los incendios y educar a las poblaciones sobre cómo evitarlos para que sean mínimos los causados por el hombre, ya que se sabe que la naturaleza por si sola se ha encargado de dar lecciones impactantes, a través de incendios forestales por olas de calor que hacen un llamado a detener la deforestación y contaminación.

Además, como medidas de prevención el ser humano ha desarrollado materiales resistentes al fuego, estos son de alta calidad y diseñados con el fin de impedir la rápida propagación de los incendios, pasan por un proceso para determinar su resistencia. Actualmente muchos de los que se encuentran en el mercado cumplen con esta función o propiedad, porque es indispensable para la construcción.

En la búsqueda de técnicas de medición del riesgo de incendio se crearon varios métodos con el fin de calificar el riesgo potencial de incendio en diferentes edificaciones, como lo podemos ver en el “Reglamento nacional de protección contra incendios” del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica en su versión del 2020 y en la norma “NFPA 101” de la National Fire Protection Association en su versión del 2018. Por lo anterior es que se elabora este proyecto con el fin de implementar una estrategia de estas y así hacer una propuesta de mejora para la infraestructura de la escuela con respecto a la prevención de incendios.

Con respecto a este tema existen varios estudios relacionados con el mismo:

Rodríguez (2008), realizó el proyecto “Evaluación y Diagnóstico de Riesgos de Incendio en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Costa Rica”, con el objetivo de diagnosticar y evaluar técnicamente los riesgos de incendio presentes en el edificio, así como generar un protocolo de emergencias respectivo. Además, realizó un levantamiento físico de las distribuciones y condiciones presentes al interior y exterior inmediato de la estructura del edificio.

Dentro de las conclusiones destaca que al ser una de las edificaciones con mayor volumen de la universidad y poder albergar tantas personas, se le confirió un mayor grado de peligro y se encontró que para una estructura tan masiva y de tanto uso, la seguridad que tenía es mínima y se complicaba aún más la situación debido a las condiciones de ubicación y accesos.

El proyecto de Angulo (2010) llamado “Evaluación del riesgo de incendio y propuesta de soluciones en la Escuela República Dominicana” cuyo objetivo fue evaluar el riesgo de incendio para mitigar este tipo de riesgo, así como proponer soluciones para la implantación de la ley 7600, en la Escuela República Dominicana ubicada en San Francisco de Dos Ríos Circuito 03 de la Dirección Regional de San José. Esta investigación se desarrolló por etapas, para la primera realizó un análisis cualitativo de las instalaciones, como posición geográfica, distribución arquitectónica, materiales constructivos, accesos, entre otras. Se llegó a la conclusión que la condición de la escuela en ese momento no cumplía con las medidas de protección especiales del Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios Versión 2010.

También se encuentra el documento de Orucú, Jiménez (2016). “Resistencia al fuego de los principales sistemas de entresijos de concreto”. El propósito de este proyecto es ofrecer a los profesionales soluciones de diseño practicas basadas en los requisitos de los códigos en materia de seguridad humana y protección contra incendio, en este caso los entresijos, estos necesitan un tiempo de resistencia al fuego en forma estructural y evitar que pasen gases, humo y temperatura a los pisos adyacentes.

El trabajo de Mora (2010). “Análisis de Riesgo de Incendio en el Liceo Luis Dobles Segreda y propuesta de mejoras en el inmueble para reducir el riesgo de incendio y cumplir con la ley 7600”. Cuyo objetivo general se basa en llevar a cabo un análisis técnico integral de riesgo de incendio en el Liceo Luis Dobles Segreda, y proponer las mejoras necesarias para el

cumplimiento de la ley 7600, con el propósito de dar posibles soluciones para prevenir el riesgo de incendio en el inmueble y seleccionar una de estas que cumplieran lo dicho en el menor plazo de tiempo.

Dicha investigación llega a la conclusión de que “El riesgo de incendio en una edificación particular, es constituido por una serie de factores tanto humanos como propios del edificio. Dicho riesgo, se puede ver reducido en gran medida por una serie de medidas, tales como la modificación de hábitos de los ocupantes, elaboración de planes de emergencia y modificación de las instalaciones entre otros.”, además, que métodos como el de Meseri y Gretener pueden ser base para determinar las principales deficiencias del inmueble.

A manera ilustrativa se pueden mencionar varios estudios que comparten esta problemática que buscan analizar y dar una valuación del riesgo de incendio y por ende son antecedentes prácticos del problema, entre ellos están:

- Vásquez, D (2012). Propuesta de mejoras ante riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y su adecuación para cumplir la Ley 7600. En este proyecto se analiza el riesgo de incendio en las instalaciones de la escuela y se proponen medidas para minimizarlo.
- Zúñiga, O (2013). Diagnóstico del riesgo de incendio del edificio del cuartel de Liberia, propuesta de soluciones para la prevención de incendios y adecuación del inmueble para cumplimiento de la ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad. Con este proyecto se buscó proteger este inmueble, que es un patrimonio cultural, de que sufra un incendio.
- Mora, M (2012). Verificación del Cumplimiento de la Ley 7600 y Evaluación de Vulnerabilidad ante Incendios del Liceo de Escazú. En dicho proyecto se evaluó el riesgo de incendio antes y después de implementar hipotéticamente las soluciones propuestas de mitigación de incendio en el Liceo de Escazú.

- Cedeño, A (2011). Análisis de riesgo de incendio del Liceo de Curridabat, y su adecuación para cumplir con la Ley 7600. Para este proyecto se analizó cualitativamente y se calculó cuantitativamente el riesgo de incendio en el Liceo de Curridabat.

Esta problemática ha sido constantemente investigada en diferentes tipos de edificaciones, por lo que se cuentan bases para desarrollar este proyecto y significa una preocupación real a tratar.

2. Planteamiento del problema

2.1 Enunciado del problema

La Escuela Ciudadela de Pavas es una institución del estado, que busca brindar educación a cientos de niños de la zona. A continuación, se especifican varios datos:

Tabla 1

Marco Institucional

Nombre:	Escuela Ciudadela de Pavas
Dirección exacta:	San José, Pavas, de la Embajada Americana 3 km al oeste, contiguo al Liceo de Pavas.
Año de fundación:	1953
Dependencia:	Pública
Provincia:	San José
Cantón:	San José
Distrito:	Pavas
Dirección Regional:	San José Oeste
Circuito Escolar:	02
Horario:	De lunes a viernes de 7:00 am a 5:40pm
Tipo de dirección:	05
Código presupuestario:	0328
Cédula jurídica:	3-008-087068
Teléfono:	2231-0808

La edificación de esta escuela, se basa en 3 pabellones a tres niveles de altura, principalmente son aulas y una cocina-comedor para los estudiantes, además de las oficinas de dirección y el kínder, esta institución es una de las principales de la zona, día con día reciben tanto a una gran población estudiantil como de personal, es por esto que al realizar esta investigación se está asegurando la seguridad de las mismas.

Un incendio fuera de control en esta escuela, representa tanto pérdidas económicas como de vidas humanas que serían de gran impacto para la población, es por esto que es la principal problemática a solucionar con este proyecto y al mismo tiempo brindar un plan de mejoras en el inmueble que brinde la tranquilidad de saber que esta institución está preparada ante un incidente de esta naturaleza.

2.2 Formulación del problema

A la luz del detalle brindado acerca del enunciado del problema y con referencia a las investigaciones desarrolladas previamente, el presente trabajo pretende responder las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el nivel de riesgo de incendio en la Escuela Ciudadela de Pavas?
- ¿Qué propuesta de mejoras en el inmueble pueden reducirlo en caso de ser necesario?

3. Justificación

“La prevención de los incendios y las situaciones específicas de emergencia es responsabilidad del Estado costarricense, sus instituciones y órganos, así como de todos los habitantes del territorio nacional.” (Ley del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, 2008, Artículo 13). Comprendiendo así el deber que tenemos los habitantes de Costa Rica de proteger tanto los bienes inmuebles como a las personas que los ocupan.

Por su parte, en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios (2020), en el apartado 3.2.2 referente a los Edificios existentes, se puntualiza que “el propietario del inmueble

puede generar una propuesta integral de mejora, considerando el riesgo para los ocupantes, imposibilidades técnicas, constructivas, estructurales o dimensionales.”, por lo que con este proyecto la institución se ve beneficiada al contar con las bases para crear su propuesta en búsqueda de mejorar sus instalaciones para su protección.

Por otro lado, un principio base a la hora de diseñar y construir edificaciones es el de salvaguardar la integridad de las personas, su importancia es directamente proporcional a la cantidad de personas que frecuenten el inmueble, como lo es en este caso la Escuela Ciudadela de Pavas.

Para enero de 2018, Costa Rica contaba con 4.048 escuelas estatales, por lo que esta cifra no es un lejano a la actual, esta es una cantidad considerable de edificaciones que están bajo supervisión de la dirección de infraestructura educativa del Ministerio de Educación Pública, quien tiene específicamente un departamento de mantenimiento, que se encarga de la coordinación del mismo, preventivo, predictivo y recurrente.

Con este proyecto se busca aportar indirectamente al mantenimiento de una de tantas escuelas, que, si bien todas están bajo inspección y verificación de ministerio, es del conocimiento de todos nosotros que muchas veces hay aspectos que son pasados por alto, como, por ejemplo, el tratado en esta investigación y que al final representan un peligro latente, a la espera de que el mínimo error suceda.

Es por estas razones, es importante realizar proyectos de este tipo que aporten soluciones a problemas de nuestras comunidades, para aprovechar los conocimientos adquiridos y devolver un poco de lo que hemos recibido.

4. Objetivos

4.1. *Objetivo general*

- Determinar el nivel de riesgo de incendio que actualmente presenta la Escuela Ciudadela De Pavas, por medio de los métodos de Gretener, Meseri y Gustav Purt, para asegurar la vida de los ocupantes y la infraestructura.

4.2. *Objetivos específicos*

- Realizar un diagnóstico integral de la edificación que alberga la Escuela Ciudadela de Pavas con respecto a estructura resistente a incendios.
- Calcular el factor de riesgo de incendio correspondiente a la infraestructura por los métodos de Gretener, Meseri y Gustav Purt.
- Analizar comparativamente la sensibilidad de los métodos propuestos.
- Recomendar soluciones constructivas y de protección para reducir el riesgo de incendio en el inmueble.

5. Alcances y limitaciones

5.1. Alcances

Para esta investigación sobre el riesgo por incendio, así como la propuesta de mejoras en la parte constructiva, se aplicarán a la Escuela Ciudadela de Pavas en todas sus estructuras principales que la conforman, también se tomará en consideración todas las áreas comunes que conectan las diferentes zonas, como lo son las gradas y rampas de acceso y los pabellones de recesos.

Se realizará un análisis de manera cualitativa y cuantitativa que dará como resultado en nivel de riesgo de incendio actual en las edificaciones, luego se propondrá una serie de posibles soluciones para mejorar el inmueble. Se eligió utilizar a la hora de evaluar el riesgo, los métodos de Gretener, Meseri y Gustav Purt.

Las visitas de campo servirán para conocer qué características tiene los materiales de construcción utilizados en los espacios de la escuela, así como para comprobar la distribución de las áreas internas y poder realizar el levantamiento arquitectónico.

5.2. Limitaciones

Las limitaciones que se podrían presentar son las siguientes:

Las visitas de campo están sujetas a cambios de fecha por parte de la dirección de la escuela, esto debido a la actual situación que está viviendo el país.

La propuesta de mejoras en el inmueble, es válida únicamente para la Escuela Ciudadela de Pavas. Para aplicar estas medidas en otra edificación se deberá realizar un nuevo análisis para esta.

El análisis realizado en este proyecto es válido para la estructura actual, en caso de que esta sea modificada o haga un cambio, se debería analizar y ser tomado en cuenta para un nuevo análisis de riesgo.

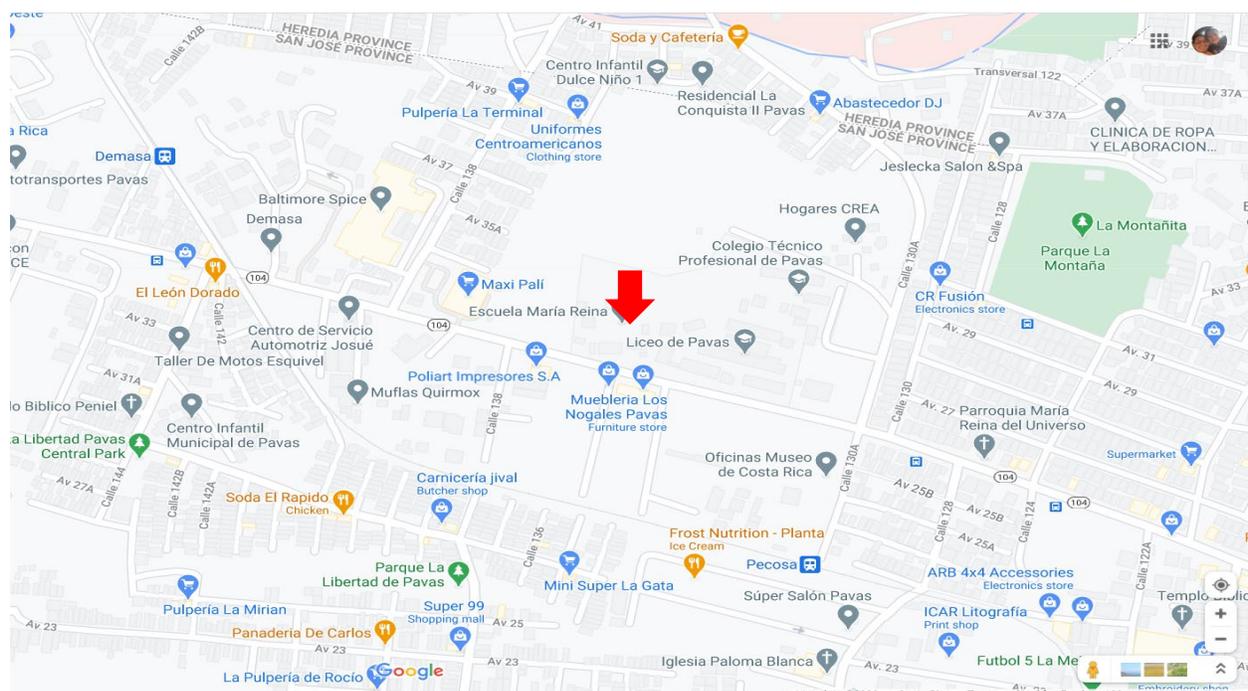
6. Delimitaciones

6.1. Delimitación espacial

El área de influencia para la cual se proyectará este proyecto es la Escuela Ciudadela de Pavas, ubicada en Pavas, San José, San José. Coordenadas CRTM05 (484611.38, 1100129.43)

Figura 1

Mapa de la ubicación



Nota: Mapa de la ubicación de la Institución. Adaptada de Mapa, de Google Maps, 2021 (www.google.com/maps)

6.2. Delimitación temporal

En cuanto al tiempo de ejecución de este proyecto el mismo se espera ejecutar por un lapso de 2 cuatrimestres, para dar su finalización en el mes de diciembre del año 2021.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. Fundamentos de los análisis

1.1 Método Gretener

El método GREENER nos permite “evaluar matemáticamente, con criterios homogéneos, el riesgo de incendio en construcciones industriales y grandes edificios. El método fue concluido en 1965 por Max Gretener, Ingeniero suizo, siendo rápidamente adoptado por las Compañías Aseguradoras de su país, y teniendo desde entonces gran difusión a nivel internacional.” (INDUSTRIAL ENVASADORA S.A, S.F., p.1)

Este método propone un cumplimiento de una serie de reglas de seguridad entre ellas, la distancia entre edificios continuos y, con mayor importancia, las medidas que implican personas como las vías de evacuación. Además, de lo correspondiente a las instalaciones mecánicas y técnicas.

1.1.1 Elaboración

El método de Gretener consiste en realizar una comparación del riesgo efectivo de incendio (R), con el riesgo de incendio aceptado (R_U).

$$\gamma = \frac{R_U}{R} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Para comenzar, se calcula el riesgo efectivo de incendio (R), este es el producto de multiplicar el peligro global de incendio (B) por el peligro de activación (A).

$$R = B * A \quad \text{Ecuación 1.2}$$

El peligro global de incendio (B) es el resultado de dividir la multiplicación de factores que representan el riesgo del edificio (P), entre el producto de factores que representan las medidas de protección del edificio (M).

$$B = \frac{P}{M} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Los factores que representan el riesgo del edificio (P), se subdividen en dos principales grupos. Primero los que son referentes a los materiales del edificio (q, c, r, k), y el segundo son los riesgos propios de la estructura de la edificación (i, e, g).

$$P = (q * c * r * k)(i * e * g) \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Donde:

q: Es el riesgo de la carga térmica de los materiales del inmueble.

c: Es el riesgo de la combustibilidad de los materiales del inmueble.

r: Es el riesgo de la producción de humos de los materiales del inmueble.

k: Es el riesgo de la producción de gases tóxicos por la combustión de los materiales.

i: Es el riesgo de la carga térmica de los elementos de la edificación.

e: Es el riesgo de la altura de la edificación.

g Es el riesgo de la amplitud y geometría de la edificación.

Los factores que representan las medidas de protección del edificio (M), se llegan a dividir en medidas normales (N), medidas especiales (S), y medidas constructivas (F).

$$M = N * S * F \quad \text{Ecuación 1.5}$$

Donde:

N: Es la multiplicación de 5 factores que son las medidas normales de protección de la edificación.

$$N = N_1 * N_2 * N_3 * N_4 * N_5 \quad \text{Ecuación 1.6}$$

S: Es la multiplicación de 6 factores que son las medidas especiales de protección de la edificación.

$$S = S_1 * S_2 * S_3 * S_4 * S_5 * S_6 \quad \text{Ecuación 1.7}$$

F: Es la multiplicación de 4 factores que son las medidas con respecto a la construcción de la edificación.

$$F = F_1 * F_2 * F_3 * F_4 \quad \text{Ecuación 1.8}$$

Retomando la ecuación 1.1, el riesgo de incendio aceptado (R_U), se obtiene de la multiplicación de un riesgo normal 1.3, por el peligro para las personas ($P_{H,E}$), valor tomado de las tablas que este depende del número de pisos, el uso y la cantidad de ocupantes de la edificación.

$$R_U = 1.3 * P_{H,E} \quad \text{Ecuación 1.9}$$

El coeficiente gama (γ), es el resultado final, al despejarlo se tiene que llegar a que si $\gamma > 1$, la edificación está suficientemente asegurada y en cuanto más grande sea este coeficiente más asegurada está.

$$\gamma = \frac{R_U}{R}$$

$$\gamma = \frac{R_U}{A * \frac{P}{M}}$$

$$\gamma = \frac{1.3 * P_{H,E}}{A * \frac{(q * c * r * k)(i * e * g)}{(N_1 * N_2 * N_3 * N_4 * N_5) * (S_1 * S_2 * S_3 * S_4 * S_5 * S_6) * (F_1 * F_2 * F_3 * F_4)}} > 1$$

Ecuación 1.10

1.2 Método MESERI

El método MESERI nos permite realizar un análisis de forma cuantitativa del riesgo de incendio global en una edificación, tomando en cuenta todos los factores que puedan provocar y contrarrestar un evento de esta naturaleza.

Además, según MAPFRE (1998). “pertenece al grupo de los métodos de evaluación de riesgos conocidos como “de esquemas de puntos” que se basan en la consideración individual, por un lado, de diversos factores generadores o agravantes del riesgo de Incendio, y por otro. de aquellos que reducen y protegen frente al riesgo”.

De forma similar al método anterior se realiza mediante una recolección de datos, para luego analizarlos y poder calcular el riesgo de incendio correspondiente. Esta técnica es sencilla de aplicar.

FACTORES GENERADORES Y AGRAVANTES

Factores de construcción:

- Número de plantas o altura del edificio
- Superficie del mayor sector de incendio
- Resistencia al fuego de los elementos constructivos
- Falsos techos y suelos

Factores de situación:

- Distancia de los Bomberos
- Accesibilidad a los edificios

Factores de proceso/operación:

- Peligro de activación
- Carga térmica
- inflamabilidad de los combustibles
- Orden, limpieza y mantenimiento
- Almacenamiento en altura

Factores de valor económico de los bienes

- Concentración de valores
- Factores de destructibilidad

Factores de propagabilidad

- Propagabilidad horizontal
- Propagabilidad vertical

FACTORES REDUCTORES Y PROTECTORES**Instalaciones de protección contra incendios**

- Detección automática
- Rociadores automáticos
- Extintores portátiles
- Bocas de incendio Equipadas (BIE)
- Hidrantes exteriores

Organización de la protección contra incendios

- Equipos de intervención en incendios
- Planes de autoprotección y de emergencia interior

1.2.1 Elaboración

Al finalizar de asignar los puntos correspondientes a cada factor, se resuelve la siguiente fórmula:

$$R = \frac{5*X}{129} + \frac{5*Y}{32} + 1(BCI) \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

X: Sumatoria de los factores generadores y agravantes

Y: Sumatoria de los factores reductores y protectores

BCI: En caso de que cuenten con una Brigada Contra Incendio se suma un punto.

1.3 Método de Gustav Purt

Basándose en el método de Gretener, este método es una derivación más simple, que plantea como los incendios se desarrollan de dos partes diferentes, los edificios y el contenido de los mismos.

Con respecto a el riesgo que sufre una edificación, cabe resaltar lo que cita Villanueva (2004) al afirmar que:

El riesgo del edificio estriba en la posibilidad de que se produzca un daño importante: la destrucción del inmueble. Depende esencialmente, de la acción opuesta de dos factores:

- La intensidad y duración del incendio
- La resistencia de la construcción.

El riesgo del contenido está constituido por el daño a las personas y a los bienes materiales que se encuentran en el interior del edificio. (p.2)

1.3.1 Elaboración

El riesgo del edificio GR

Se calcula de la siguiente manera:

$$GR = \frac{(Q_m) * C + Q_i) * B * L}{W * R_i} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

GR: Riesgo del edificio

Q_m: Coeficiente de carga calorífica del contenido

C: Coeficiente de combustibilidad

Q_i: Valor de la carga calorífica del inmueble

B: Coeficiente correspondiente a la situación y superficie del sector corta fuego

L: Coeficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción

W: Coeficiente de resistencia al fuego de la construcción

Ri: Coeficiente de reducción del riesgo

El riesgo del contenido IR

Se calcula de la siguiente manera:

$$IR = H * D * F \qquad \text{Ecuación 3.2}$$

H: Coeficiente de daño a las personas

D: Coeficiente de peligro para los bienes

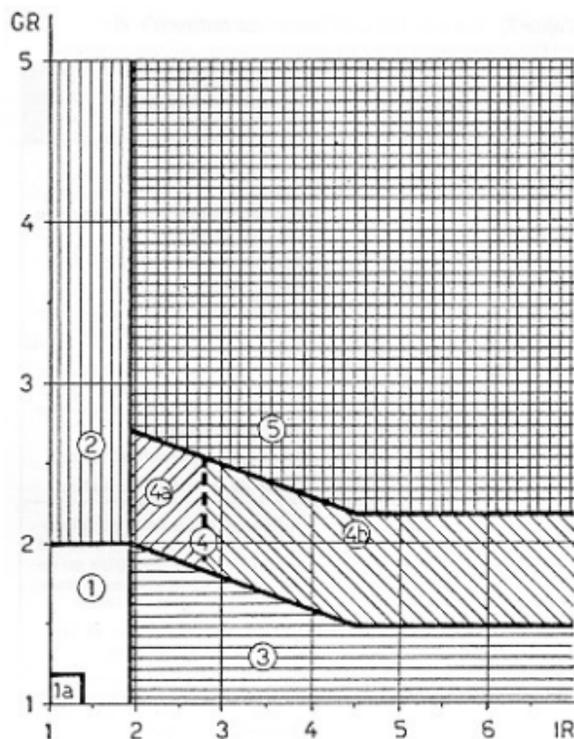
F: Coeficiente de influencia del humo

Diagrama de medidas

Al obtener los resultados de los dos factores de riesgo anteriormente explicados, estos se deben comparar en el “Diagrama de Medidas” que coloca el GR vs el IR, claro está que no es determinante y hay que examinar más a fondo si es válido instalar un sistema de protección contra incendios o si se debe sugerir mejoras a las medidas de prevención.

Figura 2

Diagrama de Medidas Método Gustav Purt.



Nota: Diagrama que indica las medidas de protección del Método Gustav Purt. Reproducida de Diagrama de medidas, de Villanueva, 2004 (https://www.cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20100%20-%20Evaluacion%20del%20riesgo%20de%20incendio.%20Metodo%20de%20Gustav%20Purt.pdf)

El diagrama se interpreta de la siguiente manera:

- 1) Una instalación automática de protección contra incendio no es estrictamente necesaria, pero si recomendable. En el sector 1a, el riesgo es todavía menor, en general, son superfluas las medidas especiales.
- 2) Instalación automática de extinción necesaria; instalación de pre detección no apropiada al riesgo.

- 3) Instalación de pre detección necesaria; instalación automática de extinción ("sprinklers") no apropiada al riesgo.
- 4) Doble protección (por instalación de pre detección y extinción automática) recomendable si, se renuncia a la doble protección, tener en cuenta la posición límite:
 - 4a) Instalación de extinción.
 - 4b) Instalación de pre detección.
- 5) Doble protección por instalaciones de pre detección y de extinción automática necesarias.

2. Conceptos

2.1 Fuego

2.1.1 Clasificación del fuego

La clasificación del fuego se basa en el tipo de combustible y los materiales que lo compone de la siguiente manera:

Clase A: producido por materiales combustibles, orgánicos y sólidos, que retienen oxígeno y pueden formar brasas como lo son la madera, la tela, el papel, el caucho, el algodón, el cartón. Se identifica con una letra "A" dentro de un triángulo color verde.

Figura 3

Símbolo Fuego Clase A



Nota: Simbología que representa el fuego clase A. Reproducida de Fuego Clase A, de P. MARTORELL, 2021 (<https://www.pmartorell.com/clasificacion-de-los-fuegos>)

Clase B: producido por combustibles, líquidos o gases inflamables como lo son el etanol, la gasolina, el petróleo, la acetona, aceites. Se representa con la letra “B” dentro de un cuadrado color rojo.

Figura 4

Símbolo Fuego Clase B



Nota: Simbología que representa el fuego clase B. Reproducida de Fuego Clase B, de P. MARTORELL, 2021 (<https://www.pmartorell.com/clasificacion-de-los-fuegos>)

Clase C: producido por equipos o sistemas eléctricos energizados como electrodomésticos, interruptores, cajas de fusibles y herramientas eléctricas en general. Se representa con la letra “C” dentro de un círculo de color azul.

Figura 5

Símbolo Fuego Clase C



Nota: Simbología que representa el fuego clase C. Reproducida de Fuego Clase C, de P. MARTORELL, 2021 (<https://www.pmartorell.com/clasificacion-de-los-fuegos>)

Clase D: producido por metales combustibles o reactivos como el aluminio, el magnesio, el titanio, etc. Se representa con la letra "D" dentro de una estrella color amarillo.

Figura 6

Símbolo Fuego Clase D



Nota: Simbología que representa el fuego clase D. Reproducida de Fuego Clase D, de P. MARTORELL, 2021 (<https://www.pmartorell.com/clasificacion-de-los-fuegos>)

2.1.2 Combustión

Se puede definir como combustión a toda aquella reacción química exotérmica de rápida acción entre un combustible y un comburente, en la que pueden presentarse llamas o algún tipo de radiación. A nivel doméstico o industrial las combustiones se utilizan de manera controlada en estas liberan el combustible poco a poco para así obtener una fuente de calor, de volverse una situación incontrolada se espera que la fuente de combustible sea destruida.

2.1.3 Fuentes de ignición de incendios

Según Seguridad Minera (2017), “Pueden existir distintas fuentes de energía que originen calor necesario para provocar un fuego. Entre ellas están:

Energía calorífica química a consecuencia de una reacción química. Puede generarse calor por combustión, calor de descomposición, calentamiento espontáneo y calor por disolución.

Energía calorífica de origen eléctrico, originada por resistencia, calentamiento dieléctrico, calentamiento por inducción, calentamiento originado por corrientes de fuga, calor debido al arco eléctrico o por el calor debido a la electricidad estática.

Energía calorífica de origen mecánico causada por la fricción. Pueden originarse chispas, calor debido a la fricción y por la compresión.

Además, los focos de ignición necesarios para que se produzca un fuego son:

Focos térmicos. Acción de fumar o emplear útiles de ignición (mecheros y fósforos), instalaciones generadoras de calor hornos, calderas, etc.), rayos solares, soldadura u oxicorte, vehículos y máquinas a motor.

Focos eléctricos. Chispas, cortocircuitos, sobrecargas, cargas estáticas y descargas eléctricas atmosféricas.

Focos mecánicos. Chispas de herramientas, roces mecánicos y chispas zapato-suelo.

Focos químicos. Reacciones exotérmicas, sustancias reactivas y sustancias anti oxidables.”

2.1.4 Incendios

“Fuego grande que destruye lo que no debería quemarse.” Así define la RAE (Real Academia Española, s.f., definición 1) lo que es un incendio, entre las cosas que no deberían quemar tenemos claro que va desde las edificaciones hasta todo ser vivo que las ocupe.

Según El Centro de Entrenamiento Móvil de Incendios (CEMI) (2012), “Cuando el fuego se encuentra confinado en una edificación o habitación, la situación que se genera requiere de procedimientos de ventilación cuidadosos y previamente calculados, si se desea prevenir mayores daños y reducir los riesgos. Este tipo de fuego se puede entender más fácilmente mediante el estudio de sus tres etapas de progreso. El bombero puede enfrentarse a cualquiera de las siguientes fases del fuego, es por ello que el conocimiento de las fases es de importancia para los procesos de ventilación. Las fases del fuego son tres:

- ***Fase incipiente o inicial.***

En la primera fase, el oxígeno contenido en el aire no ha sido reducido en forma significativa y el fuego produce vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, quizá una pequeña cantidad de dióxido de azufre, y otros gases. Se genera algo de calor que irá aumentando a medida que el fuego progresa. El calor de la llama en esta fase puede ser de 538° C, pero la temperatura del medio ambiente donde el fuego se está iniciando aumenta muy poco.

- ***Fase de Combustión Libre***

La segunda fase de combustión involucra las actividades de libre combustión del fuego. Durante esta fase, el aire, que es rico en oxígeno, es lanzado hacia las llamas, a medida que la convección lleva el calor a las regiones más altas de áreas confinadas. Los gases calientes se expanden lateralmente, desde del techo hacia abajo, forzando al aire frío hacia los niveles inferiores, y facilitando así la ignición

de materiales combustibles en los niveles superiores de la habitación. Este aire caliente es una de las razones por las cuales los bomberos son instruidos en que deben mantenerse en los niveles bajos, y utilizar equipos de protección respiratoria. La aspiración de este súper aire caliente puede dañar los pulmones. En este momento las temperaturas en las regiones superiores, pueden exceder los 700°C. A medida que el fuego progresa a la subsecuente etapa de esta fase, continuará consumiendo el oxígeno libre hasta que se alcanza un punto en que el oxígeno resulta insuficiente para reaccionar con el combustible. El fuego es entonces reducido a la fase latente y requiere el suministro de oxígeno para encenderse rápidamente o explotar.

- ***Fase Latente***

En la tercera fase, las llamas pueden dejar de existir si el área confinada es cerrada suficientemente. A partir de este momento la combustión es reducida a brasas incandescentes. El local se llena completamente con humo denso y gases combustibles, a tal grado, que existe bastante presión, como para forzarlos a salir a través de pequeñas aberturas del edificio. El fuego continuará latente, y el local se terminará de llenar de humo denso y gases de la combustión por encima de los 538°C. El calor intenso tenderá a vaporizar las fracciones ligeras de combustibles tales como hidrógeno y metano, de los materiales combustibles que se encuentra en el área. Estos gases combustibles que se encuentran en el área serán añadidos a aquellos producidos por el fuego y posteriormente incrementarán el peligro para los bomberos y creará la posibilidad de una explosión por flujo reverso.”

2.1.5 Extinción de incendios

Según Villanueva (2004) " Para que un incendio se inicie o mantenga, hace falta la coexistencia en espacio y tiempo con intensidad suficiente de cuatro factores: Combustible, Comburente (aire), Energía y Reacción en Cadena (radicales libres). Si se elimina uno de los factores o se disminuye su intensidad suficientemente, el fuego se extinguirá. Según el factor que se pretenda eliminar o disminuir el procedimiento o método de extinción recibe el nombre de:

- **ELIMINACIÓN (Combustible)**

El fuego precisa para su mantenimiento de nuevo combustible que lo alimente. Si el combustible es eliminado de las proximidades de la zona de fuego, este se extingue al consumirse los combustibles en ignición. Esto puede conseguirse:

- Directamente cortando el flujo a la zona de fuego de gases o líquidos, o bien quitando sólidos o recipientes que contengan líquidos o gases, de las proximidades de la zona de fuego.
- Indirectamente refrigerando los combustibles alrededor de la zona de fuego

- **SOFOCACIÓN (Comburente)**

La combustión consume grandes cantidades de oxígeno; precisa por tanto de la afluencia de oxígeno fresco a la zona de fuego. Esto puede evitarse:

- Por ruptura de contacto combustible-aire recubriendo el combustible con un material incombustible (manta ignífuga, arena, espuma, polvo, tapa de sartén, etc.)
- Dificultando el acceso de oxígeno fresco a la zona de fuego cerrando puertas y ventanas.

- Por dilución de la mezcla proyectando un gas inerte (N_2 ó CO_2) en suficiente cantidad para que la concentración de oxígeno disminuya por debajo de la concentración mínima necesaria. Se consigue el mismo efecto, pero con menor efectividad proyectando agua sobre el fuego, que al evaporarse disminuirá la concentración de oxígeno (más efectivo si es pulverizada).

- **ENFRIAMIENTO (Energía)**

De la energía desprendida en la combustión, parte es disipada en el ambiente y parte inflama nuevos combustibles propagando el incendio. La eliminación de tal energía supondría la extinción del incendio.

Esto puede conseguirse arrojando sobre el fuego sustancias que por descomposición o cambio de estado absorban energía. El agua o su mezcla con aditivos, es prácticamente el único agente capaz de enfriar notablemente los fuegos, sobre todo si se emplea pulverizada.

- **INHIBICIÓN (Reacción en cadena)**

Las reacciones de combustión progresan a nivel atómico por un mecanismo de radicales libres. Si los radicales libres formados son neutralizados, antes de su reunificación en los productos de combustión, la reacción se detiene.

Los halones son los agentes extintores cuya descomposición térmica provoca la inhibición química de la reacción en cadena.

Algunos autores postulan, que el gran efecto extintor sobre las llamas del polvo, es debido a una inhibición física por la separación espacial de los radicales libres, que provocan las minúsculas partículas de polvo proyectadas

AGENTES EXTINTORES

Para poder diseñar un plan de protección contra incendios el principio fundamental que se debe seguir es que la mayor parte de los riesgos se puede extinguir con la mayoría de agentes extintores, siempre que sean compatibles y se apliquen adecuadamente.

Figura 7

Agentes extintores

Tipo de extintor	Clases de fuego			
	A	B	C	D
De agua pulverizada	***	*		
De agua a chorro	**			
De espuma física	**	**		
De polvo convencional		***	**	
De polvo polivalente	**	**	**	
De polvo especial				*
De anhídrido carbónico	*	**		
De hidrocarburos halogenados	*	**	*	
Específico para fuego de metales				*

*** Muy adecuado
 ** Adecuado
 * Aceptable

Nota: Agentes extintores. Reproducida de Adecuación de los extintores, de Villanueva, 2004 (https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_099.pdf/560ba34f-b019-45a1-a240-c4e393c02ff3)

2.2 Riesgo de incendio

2.2.1 Generalidades

La importancia del gestionar el riesgo de incendio recae en las consecuencias que implica un incendio, como lo son las muertes de personas y el daño a las edificaciones. Es por esto que

al analizar si el riesgo es aceptable o no, se debe tomar en cuenta que acciones son de carácter urgente y cuales son simplemente convenientes a futuro.

2.2.2 Clasificación

Según Mora, A. (2012) como se citó en Zúñiga, O. (2013) señala al respecto:

“El riesgo de ocurrencia de incendio se clasifica como leve, ordinario o extraordinario según la cantidad de material que lo pueda producir, específicamente material clase A (madera, tejidos goma, papel y algunos tipos de plástico) y clase B (gasolina, aceites, pintura, algunas ceras y plásticos). A mayor cantidad de estos materiales, mayor será el riesgo.

Estructuras de riesgo leve pueden ser oficinas, iglesias, salones de conferencia, centrales telefónicas, entre otros. De riesgo ordinario o moderado podrían ser almacenes, salas de ventas en establecimientos comerciales, salones de exhibición de autos, parqueaderos, parqueos, industrias de manufactura, talleres de aprendizaje y bibliotecas. Por último, estructuras de riesgo extraordinario. En esta clasificación pueden incluirse los almacenes con materiales combustibles apilados y zonas donde se realicen procesos tales como pintura, baños por inmersión, revestimiento, incluyendo manipulación de líquidos inflamables, talleres de carpintería, reparación de vehículos, reparación de aeroplanos, etc.”

2.2.3 Control y Acciones de respuesta

Para proteger una edificación de un incendio se buscan cumplir dos objetivos que son clave, primero impedir la ignición de fuego y segundo manejar el posible impacto del mismo para poder cumplir con ambos se debe de tener en cuenta los siguiente:

El tener control sobre los materiales y los procesos dentro del inmueble es vital para prevenir la ignición del fuego, debemos estar claros que actividades se van realizar y si el lugar fue construido para ello.

Luego, el tener claro que hacer en caso de que se presente esta situación y se tenga que controlar un incendio, que lo primordial es tener medidas para proteger a las personas y a su vez detener el crecimiento y la propagación del fuego.

2.3 Elementos de construcción

2.3.1 Portantes

Todos aquellos elementos de una edificación que se encargan de soportar las cargas adicionales a su peso propio y de transmitirlos los cimientos son considerados *Elementos Portantes*. Entre estos se encuentran las columnas, las vigas y los muros ya sean estructurales o de carga.

2.3.2 No Portantes

Los elementos que cumplen una función en la estructura de un inmueble pero que no llegan a transmitir las cargas adicionales a los cimientos son considerados *Elementos No Portantes*. Entre estos se encuentran los muros de cerramiento, las losas y estructuras de techos como lo son las cerchas, entre otros.

2.4 Materiales de construcción

Según la National Fire Protection Association (NFPA) las estructuras pueden clasificarse según la resistencia al fuego de los materiales que la compongan.

2.4.1 Clasificación internacional NFPA

Tipo 1. Resistente: aquellas con materiales incombustibles y que sus elementos tengan una duración de cuatro horas en las que resistan el fuego, según su función estructural podrían tener hasta dos horas de resistencia.

Tipo 2. Incombustible: aquellas que por completo sean compuestas con materiales incombustibles o que tengan un pequeño grado de combustión de una a dos horas según la protección que posean.

Tipo 3. Combustibles y protegido exteriormente: aquellas conocidas como construcciones ordinarias, estas son utilizadas comúnmente, ya que los materiales en las paredes exteriores son de tipo incombustible, pero los de los demás elementos que la componen pueden ser combustibles.

Tipo 4. No Combustible: aquellas que pueden resistir el fuego durante dos horas, esto porque la combustión es lenta debido a los elementos de gran tamaño y teniendo cuidado en las uniones que son puntos críticos de la estructura.

Tipo 5. De madera: aquellas en las que todos los elementos que la componen son de materiales combustibles (madera) por lo que la resistencia es muy poca.

2.4.2 Resistencia al fuego

- **Acero:** se caracteriza por ser un buen conductor de calor, pierde el 60% de su resistencia aproximadamente al alcanzar los 550°C. Es por esto que es vital proteger las estructuras contra el fuego y porque aporta un 80% de la resistencia del concreto.
- **Concreto armado:** este comienza un proceso de deterioro a temperaturas superiores a los 380°C y a llegar a los 400°C pierde entre el 15-25% de la resistencia inicial. Mientras que al sobre pasar los 800°C su resistencia a la compresión deja de ser viable.

- **Madera:** es un material combustible que si es sometida a más de 120°C se comienza a deteriorar químicamente, lo que produce carbón y gases inflamables, pero si son elementos de un tamaño considerable estos poseen una resistencia importante ya que la madera no es conductor térmico.
- **Gypsum:** debido a sus componentes estas láminas de yeso resisten altas temperaturas desde una hasta por cuatro horas, sin embargo, al sobre pasar el tiempo pierden su forma.
- **Vidrio:** según su espesor y tipo este material puede no verse afectado durante un incendio a menos que se den explosiones y que la estructura que lo sostiene llegue a colapsar, esto a que su módulo de ruptura necesita temperaturas muy elevadas.
- **Aluminio:** El aluminio no arde y no llega a emitir sustancias tóxicas. En base a estos hechos, es por esto que es recomendado utilizar ventanas de aluminio porque también son infinitamente más seguras en caso de incendio.

2.5 Medidas de Protección

2.5.1 Protección Activa

Toda aquella protección que trabaje en función detectar, alarmar y hasta llegar a extinguir el fuego, a través de acciones automáticas o manuales son consideradas activas. Estos equipos se pueden dividir en tres clases: de detección, de alarma y señalización y por ultimo de extinción de incendio.

SISTEMAS DE DETECCIÓN

Sistemas que no funcionan detectando propiamente el fuego, sino que detectan:

- Humo
- Gases
- Altas temperaturas
- Radiación UV (visible o infrarroja)

Logran abarcar superficies de grandes dimensiones y pueden trabajar sin la presencia de alguna persona. Se componen de los siguientes elementos:

- Detectores automáticos
- Pulsadores manuales
- Central de señalización
- Mando a distancia
- Líneas y aparatos auxiliares (alarma general, teléfono directo a los bomberos, conexión al sistema de extinción)

SISTEMAS DE ALARMA

Estos pueden ser manuales o automáticos, los primeros consisten en un botón o pulsador que permite a las personas accionarlo de manera voluntaria y así dar aviso tanto a la central como al resto de ocupantes de lo que está ocurriendo.

Se debe tener en cuenta que, de fallar la fuente de corriente eléctrica del inmueble, estos sistemas de alarmas deben estar conectados a una fuente de alimentación alterna y así evitar que no se active.

Los pulsadores deben ser instalados a no más de 25m desde cualquier lugar dentro del edificio.

Ahora, los sistemas automáticos de alarma se encuentran conectados a los sistemas de detección, para así activarse en caso de que los segundos reciban una alerta o señal de fuego.

Para tener un sistema completo debe contener lo siguiente:

- Pulsadores de alarma
- Instalaciones de alerta
- Megafonía o altavoces

SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN

Funciona al dar instrucciones y alertar a las personas, consiste en elementos a través de su geometría, color o símbolo proporcionar información específicamente en incendios, señalan las zonas seguras, que acciones realizar en caso de emergencia, ubicación del equipo contra incendio y las rutas de evacuación.

Figura 8

Pictograma de punto de encuentro de evacuación



Nota: Señalización de las áreas de refugio y puntos de encuentro de evacuación. Reproducida de Pictograma de punto de encuentro de evacuación, de INTECO, 2016 (<https://pdfcoffee.com/inte-21-02-02-2016-medios-de-egreso-pdf-pdf-free.html>)

SISTEMAS DE EXTINCIÓN

Los sistemas de extinción se pueden sintetizar en el uso de tres elementos que son los rociadores automáticos, hidrantes y extintores portátiles.

- **Rociadores automáticos:** cuentan con una serie de tuberías de agua que se conectan a aspersores los cuales dejan caer el agua en forma de ducha y logran cubrir de 9 a 12 m².
- **Hidrantes:** una de las principales fuentes de agua de donde se abastecen los bomberos para lograr mitigar los incendios, lo ideal es que se encuentren a lo largo de las ciudades.
- **Extintores portátiles:** funcionan en la etapa inicial de los incendios, su uso es sencillo para que cualquier persona sin entrenamiento pueda mitigar el fuego de manera eficaz y lograr que no se expanda.

2.5.2 Protección Pasiva

Podemos definir la protección pasiva como la capacidad que tiene una edificación a resistir un incendio o lograr que se disminuya la velocidad con la que se propaga, esto por medio barreras para controlarlo. Con esto lo se busca que el edificio no pierda su estabilidad, contener el fuego un sector, extinguirlo de forma rápida y que los daños no sean graves.

COMPARTIMENTACIÓN

Al diseñar una edificación debemos de tener en cuenta la compartimentación, esto para evitar que en caso de un incendio este se propague de un sector a otro, esto sin entrometerse en el principal funcionamiento del inmueble.

La compartimentación se divide de la siguiente manera:

- Horizontal: se utilizan barreras físicas como separación con distancia, muros o paredes cortafuegos, puertas corta fuego o diques. Esto para impedir o mínimo retardas que el fuego avance.
- Vertical: se utilizan elementos como cortafuegos en conducto, techos de forjado, huecos verticales o ventanas- Todo esto para que el incendio no se propague a través de varios niveles de un edificio.

ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

Según Mora, A. (2010) expresa lo siguiente:

“Todos los elementos de evacuación deben comprender las medidas y demás requerimientos para asegurar la seguridad de las personas con discapacidad.

En Costa Rica es el Cuerpo de Bomberos, mediante disposiciones de la Gerencia del Instituto Nacional de Seguros quien dicta el Manual de normas técnicas complementarias a que se refiere “Reglamento Técnico General Sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios”. Como complemento a este Reglamento sobre seguridad humana y protección contra incendios, el Cuerpo de Bomberos del INS, adopta la totalidad del paquete normativo de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (National Fire Protection Association, NFPA por sus siglas en inglés), organismo internacional especializado en la materia. Dichas normas son de acatamiento obligatorio en el diseño de nuevas edificaciones, remodelación de edificios, diseño e instalación de sistemas contra incendios tanto de protección activa como pasiva, inspecciones de seguridad y en la organización de eventos en los cuales se proyecte una concentración superior a las 50 personas.”

Entre los elementos de evacuación se encuentran:

- Salidas (Ordinarias y de emergencia)
- Pasillos (evacuación de 2.40m de ancho)
- Barandas (de 0,90m según el Reglamento de Construcciones)
- Escaleras (principales y de emergencia)
- Accesos (todos los accesos vehiculares con un ancho y altura libre de 5,00m y un radio de giro de 13,00m)

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

MARCO METODOLÓGICO

1. Descripción del contexto del sitio en dónde se lleva a cabo

El sitio donde se llevará a cabo este proyecto es una edificación de Escuela Ciudadela de Pavas, se basa en 3 pabellones a tres niveles de altura, principalmente son aulas y una cocina-comedor para los estudiantes, además cuenta con las oficinas de dirección y el sector del kínder que son tres aulas, esta institución es una de las principales de la zona, se encargan de recibir tanto a una gran población estudiantil como de personal, es por esto que al realizar esta investigación se está asegurando la seguridad de las mismas.

2. Organismo, institución o empresa donde se realizará

La Escuela Ciudadela de Pavas es una institución del estado, fundada en 1953, se ubica 3km al oeste de la Embajada Americana, contiguo al Liceo de Pavas. Es una escuela de dependencia pública que pertenece al circuito escolar número 02 de San José, actualmente la dirección está a cargo de la MSc. Alba Abarca López y su población ronda los 1500 estudiantes aproximadamente, estos haciendo un recuento entre kínder, primer y segundo ciclo, además cuenta con un cuerpo docente de 45 profesores y 16 personas de servicio de limpieza, cocineras y guardas de seguridad, estos últimos cumpliendo tanto horario diurno como nocturno.

3. Las características de los participantes

El Cuerpo de Bomberos de Costa Rica desde 1865 se ha encargado de atender a llamadas de auxilio, tanto de incendios como de percances de otras índoles, específicamente la Estación de Pavas, el edificio fue inaugurado en febrero de 1990 y comenzaron las labores como estación de bomberos el 14 de marzo de 1991 a las 18:00 horas, la unidad M-81 conocida como "Charraleras". Dieron inicio a su trabajo solamente con seis bomberos permanentes y con trece bomberos voluntarios. Para este proyecto significan uno de los principales factores que determinan si la Escuela Ciudadela de Pavas cuenta o no con un factor de riesgo aceptable.

4. Procedimiento metodológico para la realización del estudio de diagnóstico

Para poder diagnosticar el nivel de riesgo de incendio de la institución se seguirán los siguientes pasos:

- Realizar una visita a la institución para ver de primera fuente la situación actual del inmueble que la alberga y poder tomar tanto medidas como fotografías que servirán para el próximo paso.
- Crear un levantamiento arquitectónico actual en AutoCAD, que servirá como guía para identificar las diferentes infraestructuras que conforman la institución y así definir como esta seccionada.
- Realizar una visita por cada uno de los métodos (Gretener, Meseri y Gustav Purt) donde se recolectarán los datos correspondientes a cada factor necesario de cada una de las 4 estructuras (3 pabellones y el kínder)

5. Procedimiento metodológico para la elaboración del Proyecto propuesto

- Teniendo todos los datos recolectados, Calcular el factor de riesgo de incendio correspondiente a cada una de las infraestructuras por los métodos de Gretener, Meseri y Gustav Purt.
- Analizar comparativamente la sensibilidad de los métodos propuestos para así determinar cuál de los tres es más preciso según los cálculos y factores que se consideren.
- Diagnosticar si la Escuela Ciudadela de Pavas tiene un nivel de riesgo aceptable o si se deben proponer medidas de prevención que den mayor seguridad, estas últimas tomando como base que puntos se pueden mejorar según cada método.
- Por ultimo para finalizar con el proyecto, recomendar soluciones constructivas como lo son barreras o muros y de protección como lo son sensores para reducir el riesgo de incendio en el inmueble.

6. Cronograma de trabajo

Tabla 2

Cronograma de actividades

Actividades	Semana del cuatrimestre SG 2													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Primera visita a la institución														
2. Levantamiento arquitectónico														
3. Segunda visita (método Gretener)														
4. Tercera visita (método Meseri)														
5. Cuarta visita (método Gustav Purt)														
6. Cálculos y análisis comparativo														
7. Búsqueda de soluciones y medidas de protección														
Entrega de borrador de TFG al tribunal														

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Desarrollo Método Gretener

TIPO DE EDIFICACIÓN

Según el método Gretener, la institución se clasifica en una edificación tipo Z, es decir una construcción en células cortafuegos, cada planta se encuentra dividida en secciones más pequeñas, en estas se dificulta y limita la propagación del fuego, en un incendio.

CÁLCULO DE P (PELIGRO POTENCIAL)

Carga de Incendio mobiliario Q_m , factor q

Para desarrollar el cálculo del factor q se necesita conocer la carga térmica de los materiales predominantes en la superficie a analizar, los mismo se pueden clasificar de la siguiente manera.

Figura 9

Carga térmica según el propósito

	Producto	Clasificación	Carga térmica (Mcal/m ²)
Almacenamientos	Alimentos	1	200
	Electrodomesticos	2	160
	Barnices	3	500
	Cartón	4	2500
	Colas	5	800
	Libros	6	500
	Muebles	7	200
	Papel lámina	8	2000
	Almacen General	9	100
Fabriles	Madera (carpintería)	10	180
	Alimenticia	11	200
	Química	12	80
	Sanitarios	13	30
Comerciales	Biblioteca	14	400
	Escuela	15	60
	Oficinas	16	180
	Teatro	17	80
	Papelería	18	200
	Sala Ordenador	19	100

Nota: Carga térmica y clasificación. Reproducida de carga térmica según propósito, de Mora, 2012 (<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/7185>)

De igual forma, se debe clasificar la carga térmica dependiendo de su rango, es decir:

- 0 a 250 Mcal/m²: Rango Bajo
- 250 a 500 Mcal/m²: Rango Medio
- 500 Mcal/m²: Rango Alto

Comenzando con el análisis, se obtiene la carga térmica de cada uno de los aposentos:

Tabla 3

Carga térmica de cada Edificio

	<i>Aposento</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Mcal/m²</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Carga (Mcal)</i>
OFICINAS	Dirección	16	180	27	4776
	Recepción	16	180	29	5268
	Equipo Inter	16	180	36	6395
	Odontología	12	80	50	3968
	R.M.	16	180	19	3348
	Total			160	23755
Pabellón 1	<i>Aposento</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Mcal/m²</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Carga (Mcal)</i>
	Aulas	15	60	240	14400
	Laboratorio	2	160	70	11136
	Baños	13	30	23	696
Total			333	26232	
Pabellón 2	<i>Aposento</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Mcal/m²</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Carga (Mcal)</i>
	Aulas	15	60	369	22140
	Biblioteca	14	400	41	16200
	Baños	13	30	26	783
	Sala maestros	16	180	83	14850
Total			518	53973	
Pabellón 3	<i>Aposento</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Mcal/m²</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Carga (Mcal)</i>
	Comedor	1	200	108	21600
	Aulas	15	60	216	12960
	Oficinas	16	180	52	9396
Total			376	43956	
Kinder	<i>Aposento</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Mcal/m²</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Carga (Mcal)</i>
	Aulas	15	60	164	9833
Total			164	9833	

Al tener una estructura tipo Z, el análisis del riesgo de incendio se realiza para cada edificio por separado, por esto en la siguiente tabla se resumen las cargas térmicas de cada uno de los edificios, así como su rango y el factor q extraído de Anexo 1, cuadro 6.

Tabla 4

Determinación de la Carga térmica Q_m , Rango y Factor q

<i>Edificio</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Carga (Mcal)</i>	<i>Carga (MJ)</i>	<i>Carga Térmica (MJ/m²)</i>	<i>q</i>	<i>Carga Térmica (Mcal/m²)</i>	<i>Rango</i>
Oficinas	160	23755	99389,6	623,0	1,4	149	Bajo
Pabellón 1	333	26232	109754,7	329,8	1,2	79	Bajo
Pabellón 2	518	53973	225823,0	435,9	1,3	104	Bajo
Pabellón 3	376	43956	183911,9	488,9	1,3	117	Bajo
Kínder	164	9833	41139,2	251,0	1,1	60	Bajo

Combustibilidad, factor c

El material que predomina en cada una de las estructuras de los edificios es el concreto prefabricado, aunque en algunos de los edificios sus techos son con cerchas de madera y muchos de los objetos que albergan son de este material como los armarios, pupitres y escritorios, por lo tanto, con base en el cuadro 7, del Anexo 1 se establece un grado de combustibilidad de 2, que representa un valor de 1,4 de factor c para cada edificio.

Peligro de humo, factor r

Tomando como base que los materiales predominantes que se almacenan en los edificios son la madera y el papel, se determina que al ser materias orgánicas estas producen un peligro de humo medio que con base en el cuadro 8, del Anexo 1 se establece un grado de 3, que representa un valor de 1,1 de factor r para cada edificio.

Peligro de corrosión o toxicidad, factor k

De nueva cuenta, la madera representa la fuente más abundante de combustión, seguida del concreto de la estructura, por lo que al ser materia orgánica de un peligro medio y con base en el cuadro 9, del Anexo 1 se establece un valor de 1,1 de factor k para cada edificio.

Carga de incendio inmobiliaria, factor i

La estructura portante de cada edificio es de concreto por lo que se clasifica como incombustible, mientras que los elementos de las fachas y tejados son maderas y materias sintéticas, por lo tanto, con base en el cuadro 10, del Anexo 1 se establece un valor de 1,1 de factor i para cada edificio.

Nivel de la planta o altura del local, factor e

Los edificios en estudio son de un solo nivel con una altura local menor a los 7m, además poseen una carga térmica que sobre pasa los 200 MJ/m² y es menor a los 1000 MJ/m², entonces, con base en el cuadro 12, del Anexo 1 se establece un valor de 1,0 de factor e para cada edificio.

Dimensión superficial, factor g

Para cada uno de los edificios se obtiene un valor de factor g según la relación l/b que representa en el cuadro 14, del anexo 1.

Tabla 5*Determinación de la relación l/b y factor g*

<i>Edificio</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Largo (m)</i>	<i>Ancho (m)</i>	<i>Relación l/b</i>	<i>g</i>
Oficinas	160	25,7	6,2	4	0,4
Pabellón 1	333	41,6	8,0	5	0,4
Pabellón 2	518	59,4	9,0	7	0,4
Pabellón 3	376	41,8	9,0	5	0,4
Kínder	164	17,3	9,5	2	0,4

Peligro Potencial, P**Tabla 6***Peligro potencial por edificio*

<i>P = PELIGRO POTENCIAL (q*c*r*k*i*e*g)</i>								
<i>Edificio</i>	<i>q</i>	<i>c</i>	<i>r</i>	<i>k</i>	<i>i</i>	<i>e</i>	<i>g</i>	<i>P</i>
Oficinas	1,4	1,4	1,1	1,1	1,1	1,0	0,4	1,04
Pabellón 1	1,2	1,4	1,1	1,1	1,1	1,0	0,4	0,89
Pabellón 2	1,3	1,4	1,1	1,1	1,1	1,0	0,4	0,97
Pabellón 3	1,3	1,4	1,1	1,1	1,1	1,0	0,4	0,97
Kínder	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,0	0,4	0,82

Luego de multiplicar todos los factores vistos anteriormente, se obtiene como resultado el Peligro Potencial (P), entre más grande sea este valor mayor será la exposición al riesgo de incendio (B), por lo que estos resultados son positivos para el estudio, ya que son valores reducidos, algunos de estos menores que 1,0.

CÁLCULO DE M (MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL EDIFICIO)**CÁLCULO DE N (MEDIDAS NORMALES)**

Tomando como base el cuadro 15, del Anexo1, se extraen las medidas normales de protección a continuación.

Extintores portátiles, n1

Al inspeccionarse en la institución cada uno de los edificios y con base al Reglamento Nacional contra Incendios, donde especifica que se deben contar con al menos un extintor máximo cada 23m, se establece que hay suficientes en cada uno de los edificios, por lo que se obtiene un valor **n1 de 1,0** para cada uno de ellos.

Hidrantes interiores, n2

Ningún edificio de los analizados presenta hidrantes interiores o puestos de incendio, es decir que son inexistentes, así que se obtiene un valor **n2 de 0,8** para cada edificio.

Fiabilidad de la aportación de agua, n3

El pabellón 3, es el único que cuenta con un depósito elevado sin reserva de agua para extinción, lo que le otorga un valor **n3 de 0,65**, mientras que el resto de los edificios solamente cuentan con aguas naturales con sistema de impulsión, por lo que se obtiene un valor **n3 de 0,5** para el cada uno de los edificios restantes.

Longitud de la manguera de aportación de agua, n4

La distancia entre el hidrante más cercano y la entrada de cada uno de los edificios sobrepasa los 100m por que se establece un valor **n4 de 0,9** para cada edificio analizado.

Personal instruido, n5

Por parte de la institución confirman que cuentan con personal disponible y formado para atender una emergencia de incendio, por lo que se establece un valor **n5 de 1,0** para cada uno de los edificios.

Medidas Normales, N

Tabla 7

Factores de protección normales N

N = MEDIDAS NORMALES (n1*n2*n3*n4*n5)						
<i>Edificio</i>	<i>n1</i>	<i>n2</i>	<i>n3</i>	<i>n4</i>	<i>n5</i>	<i>N</i>
Oficinas	1,0	0,8	0,5	0,9	1,0	0,4
Pabellón 1	1,0	0,8	0,5	0,9	1,0	0,4
Pabellón 2	1,0	0,8	0,5	0,9	1,0	0,4
Pabellón 3	1,0	0,8	0,7	0,9	1,0	0,5
Kínder	1,0	0,8	0,5	0,9	1,0	0,4

Luego de multiplicar todos los factores relacionados a las medidas normales, se obtiene como resultado el factor (N), entre más cerca de 1,0 sea este resultado significa que la edificación está más segura, por lo que, podemos deducir que los edificios pueden mejorar algunas de sus medidas de protección normales.

CÁLCULO DE S (MEDIDAS ESPECIALES)

Tomando como base el cuadro 16, del Anexo1, se extraen las medidas especiales de protección a continuación.

Detección del fuego, s1

La institución no cuenta con ningún tipo de alarma automática para la detección de incendios, además no se tiene coordinado ninguna vigilancia de control de incendios, por lo que se establece un valor **s1 de 1,0** para cada edificio.

Transmisión de la alarma al puesto de la alarma contra fuego, s2

Por parte de dirección se tiene en todo momento al menos una persona desde un puesto ocupado permanentemente con acceso a teléfono y conocimiento de los contactos de emergencias, por lo que se establece un valor **s2 de 1,05** para cada edificio.

Cuerpo de Bomberos oficiales y de empresa, s3

La institución en caso de emergencia, será socorrida por el Cuerpo Nacional de Bomberos, por parte de la Estación de Pavas, sin embargo, no cuentan con bomberos de la empresa, por lo que se establece un valor **s3 de 1,6** para cada edificio.

Escalones de intervención de los cuerpos locales de bomberos, s4

La estación de bomberos de Pavas se encuentra a una distancia de 2,60 kilómetros y su tiempo estimado de llegada es de 4 minutos, por lo que se establece un valor **s4 de 1,0** para cada edificio.

Instalaciones de extinción, s5

Actualmente los edificios no poseen ninguna instalación de rociadores automáticos ni de protección automática de extinción por gas, por lo que se establece un valor **s5 de 1,0** para cada edificio.

Instalación de evacuación de humos, s6

La infraestructura de los edificios no cuenta con ningún sistema de evacuación de humos automático o manual, por lo que se establece un valor **s6 de 1,0** para cada edificio.

Medidas Especiales, S

Tabla 8

Factores de protección especiales S

S = MEDIDAS DE CONTROL ESPECIALES (s1*s2*s3*s4*s5*s6)							
<i>Edificio</i>	<i>s1</i>	<i>s2</i>	<i>s3</i>	<i>s4</i>	<i>s5</i>	<i>s6</i>	<i>S</i>
Oficinas	1,0	1,05	1,6	1,0	1,0	1,0	1,7
Pabellón 1	1,0	1,05	1,6	1,0	1,0	1,0	1,7
Pabellón 2	1,0	1,05	1,6	1,0	1,0	1,0	1,7
Pabellón 3	1,0	1,05	1,6	1,0	1,0	1,0	1,7
Kínder	1,0	1,05	1,6	1,0	1,0	1,0	1,7

Luego de multiplicar todos los factores relacionados a las medidas especiales, se obtiene como resultado el factor (S), entre más cerca de 8,0 sea este resultado significa que la edificación está más segura, por lo que, podemos deducir que los edificios pueden mejorar algunas de sus medidas de protección especiales siempre y cuando estén dentro de su alcance.

CÁLCULO DE F (MEDIDAS INHERENTES A LA CONSTRUCCIÓN)

Tomando como base el cuadro 17, del Anexo1, se extraen las medidas inherentes a la construcción de protección a continuación.

Estructura portante, f1

La estructura portante de cada uno de los edificios se basa en estructuras de concreto que le brindan resistencia F90 y más a la institución, por lo que se establece un valor **f1 de 1,3** para cada uno de los edificios analizados.

Fachadas, f2

La altura de las ventanas es menor a 2/3 de la altura de la planta, además varios de los elementos tienen una resistencia F30 y menor, por lo que se establece un valor **f2 de 1,0** para cada uno de los edificios analizados.

Suelos y techos, f_3

Al ser una estructura Tipo Z de una planta, se analizan los techos, en este caso las cerchas y cielorrasos son de materiales como madera y fibrolit, por lo que se establece un valor **f_3 de 1,0** para cada uno de los edificios analizados.

Superficie de células corta fuegos, f_4

Cada uno de los edificios cuenta con células de áreas menores a los 100 m², con puertas de acero que disminuyen la propagación de incendios, por lo que se establece un valor **f_4 de 1,1** para cada uno de los edificios analizados.

Medidas Inherentes a la Construcción, F

Tabla 9

Factores de protección constructivos F

F = MEDIDAS DE CONSTRUCCION ($f_1*f_2*f_3*f_4$)					
<i>Edificio</i>	<i>f_1</i>	<i>f_2</i>	<i>f_3</i>	<i>f_4</i>	<i>F</i>
Oficinas	1,3	1,0	1,0	1,1	1,4
Pabellón 1	1,3	1,0	1,0	1,1	1,4
Pabellón 2	1,3	1,0	1,0	1,1	1,4
Pabellón 3	1,3	1,0	1,0	1,1	1,4
Kínder	1,3	1,0	1,0	1,1	1,4

Luego de multiplicar todos los factores relacionados a las medidas de construcción, se obtiene como resultado el factor (F), entre más cerca de 3,0 sea este resultado significa que la edificación está más segura, por lo que, podemos deducir que los edificios pueden mejorar algunas de sus medidas de protección especiales siempre y cuando estén dentro de su alcance.

Medidas de protección del edificio, M

Tabla 10

Valor de medidas de protección M

<i>Edificio</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
Oficinas	0,4	1,7	1,4	0,9
Pabellón 1	0,4	1,7	1,4	0,9
Pabellón 2	0,4	1,7	1,4	0,9
Pabellón 3	0,5	1,7	1,4	1,1
Kínder	0,4	1,7	1,4	0,9

Luego de multiplicar todos los factores vistos anteriormente, se obtiene como resultado el valor de medidas de protección (M), entre más grande sea este valor menor será la exposición al riesgo de incendio (B), por lo que estos resultados son contraproducentes para el estudio, ya que son valores reducidos, algunos de estos menores que 1,0.

FACTOR A (PELIGRO DE ACTIVACIÓN)

Al ser una institución educativa se clasifica con un peligro de activación normal y con base en el cuadro 18, del Anexo 1 se establece un valor de 1,0 de factor A para cada edificio.

FACTOR $P_{H,E}$ (PELIGRO PARA PERSONAS)

Los edificios de la institución al ser de una planta y al no sobrepasar el número de personas admitidas en cada compartimento, se toma como base el cuadro 19, del Anexo 1 y se establece un valor de 1,0 de factor $P_{H,E}$ para cada edificio.

Tabla 11*Factores de peligro*

<i>Edificio</i>	<i>A</i>	<i>P H,E</i>
Oficinas	1,0	1,0
Pabellón 1	1,0	1,0
Pabellón 2	1,0	1,0
Pabellón 3	1,0	1,0
Kínder	1,0	1,0

Al dar como resultado 1,0 para el factor de peligro de activación (A), esto significa que los edificios tienen una probabilidad de ocurrencia de un incendio poco probable, pero que aun así se puede producir, esto por el uso que se le da a cada uno de estos.

Por su parte, que el factor de peligro para las personas (PH, E) sea igual a 1,0 es positivo porque significa un mayor riesgo de incendio aceptado.

1.1. Resultados del Método de Gretener

Se recolectaron todos los factores para aplicar la ecuación 1.10 y poder obtener el coeficiente de seguridad γ (gamma) y así obtener el porcentaje de cada edificio.

Tabla 12*Resultados Método Gretener, para la Escuela Ciudadela de Pavas*

<i>Edificio</i>	<i>P</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>P H,E</i>	<i>γ</i>	<i>% seguridad</i>
Oficinas	1,04	0,9	1,0	1,0	1,08	108%
Pabellón 1	0,89	0,9	1,0	1,0	1,26	126%
Pabellón 2	0,97	0,9	1,0	1,0	1,16	116%
Pabellón 3	0,97	1,1	1,0	1,0	1,51	151%
Kínder	0,82	0,9	1,0	1,0	1,37	137%

Según el método de Gretener al despejarlo se tiene que llegar a que si $\gamma > 1$, la edificación está suficientemente asegurada y en cuanto más grande sea este coeficiente más asegurada está, es por esto que al analizar los resultados de la tabla anterior se observa que cada uno de los edificios cuenta con un porcentaje de seguridad mayor al 100%, por lo que según desde la perspectiva de este método están seguros ante un riesgo de incendio.

2. Desarrollo Método Meseri

De acuerdo con el Anexo 2, se procede a desarrollar el método Meseri asignándole un valor a cada uno de los siguientes factores.

FACTORES GENERADORES Y AGRAVANTES

Factores de construcción:

- Número de plantas o altura del edificio

Cada uno de los edificios se basa en una infraestructura de una sola planta con altura inferior a los 6m, por lo que se les asigna una puntuación de 3.

- Superficie del mayor sector de incendio

Ninguno de los aposentos de cada edificio supera los 500 m² de superficie, por lo que se les asigna una puntuación de 4.

- Resistencia al fuego de los elementos constructivos

Los elementos constructivos sustentadores de cada edificio son de concreto, que se considera una resistencia alta, por lo que se les asigna una puntuación de 10.

- Falsos techos y suelos

Los edificios cuentan con falsos techos de materiales como PVC y madera que se clasifican como combustibles, por lo que se les asigna una puntuación de 0.

Factores de situación:

- Distancia de los Bomberos

La estación de Pavas se encuentra a 2,6 kilómetros y tiene un tiempo de respuesta en llegar a la institución de 4 minutos, por lo que se asigna la puntuación de 10.

- Accesibilidad a los edificios

La accesibilidad a los edificios se considera buena ya que tienen puertas y ventanas amplias, por lo que se asigna la puntuación de 5.

Factores de proceso/operación:

- Peligro de activación

Por el tipo de actividad que se lleva a cabo en la institución se considera un peligro medio, por lo que se asigna la puntuación de 5.

- Carga térmica

Como se conoce ninguno de los aposentos supera los 1000 MJ/m² de carga térmica, por lo que se les asigna la puntuación de 10.

- Inflamabilidad de los combustibles

Los edificios almacenan sólidos combustibles como madera y plásticos, así que se consideran de una inflamabilidad media, por lo que se les asigna una puntuación de 3.

- Orden, limpieza y mantenimiento

Por parte de la institución cuentan con personal que se encarga de la limpieza y el orden, sin embargo, cuentan a las instalaciones se les tiene que dar un mejor mantenimiento, por lo que se les asigna una puntuación de 5.

- Almacenamiento en altura

Las bodegas de almacenamiento se encuentran a menos de 2 metros de altura, por lo que se les asigna una puntuación de 3.

Factores de valor económico de los bienes

- Concentración de valores

En caso de ocurrir un incendio las pérdidas económicas rondarían entre los 500 y 1500 euros, por lo que se les asignan una puntuación de 2.

- Factores de destructibilidad

Tanto para calor, humo, corrosión y agua, por el tipo de actividad que es educativa se le tiene que es una destructibilidad media, por lo que se les asigna una puntuación de 5 a cada factor.

Factores de propagabilidad

- Propagabilidad horizontal

Por la forma que se construyeron las edificaciones y la separación entre cada una de ellas se considera una propagabilidad baja, por lo que se les asigna una puntuación de 5.

- Propagabilidad vertical

Al ser edificaciones de una sola planta y sin almacenamientos en altura se considera baja la propagabilidad vertical, por lo que se les asigna una puntuación de 5.

Tabla 13

Resumen factores Generadores y Agravantes

MÉTODO DE EVALUACIÓN MESERI							
<i>Escuela Ciudadela de Pavas</i>							
FACTORES GENERADORES Y AGRAVANTES	Factores de construcción	Número de pisos del edificio	Altura del edificio (m)	VAL	PTS		
		1 o 2	<6	3	3		
		3,4 o 5	entre 6 y 15	2			
		6, 7, 8 o 9	entre 15 y 28	1			
		≥10	>28	0			
		Superficie del mayor sector de incendio (m ²)					
		< 500		5	5		
		501 a 1500		4			
		1501 a 2500		3			
		2501 a 3500		2			
		3501 a 4500		1			
		>4500		0			
		Resistencia al fuego de los elementos constructivos					
		Alta (hormigón, obra)		10	10		
	Media (metálica protegida, madera gruesa)		5				
	Baja (metálica sin proteger, madera fina)		0				
	Falsos techos						
	Sin falsos techos		5	0			
	Con falsos techos incombustibles (M0)		3				
	Con falsos techos combustibles (M4)		0				
	Factores de situación	Distancia de los Bomberos					
		Distancia (km)	Tiempo de llegada (min)				
		< 5	< 5	10	10		
		5 - 10	5 - 10	8			
		10 - 15	10 - 15	6			
		15 - 20	15 - 20	2			
		> 20	> 20	0			
		Accesibilidad a los edificios					
Buena		5	5				
Media		3					
Mala		1					
Muy Mala		0					
Factores de propagabilidad	Propagabilidad horizontal						
	Baja		5	5			
	Media		3				
	Alta		0				
	Propagabilidad Vertical						
	Baja		5	5			
Media		3					
Alta		0					
FACTORES GENERADORES Y AGRAVANTES							
Factores de proceso/operación							
Peligro de activación		VAL	PTS				
Bajo		10	5				
Medio		5					
Alto		0					
Carga térmica (MJ/m ²)							
Baja (< 1000)		10	10				
Moderada (1000 - 2000)		5					
Alta (2000-5000)		2					
Muy alta (> 5000)		0					
Inflamabilidad de los combustibles							
Baja (M0 YM1)		5	3				
Media (M2 YM3)		3					
Alta (M4 YM5)		0					
Orden, limpieza y mantenimiento							
Alto		10	5				
Medio		5					
Bajo		0					
Almacenamiento en altura							
< 2 m		3	3				
2 - 6 m		2					
> 6 m		0					
Factores de valor económico de los bienes							
Concentración de valores							
< €500/m ²		3	2				
€500 - €1500/m ²		2					
> €1500/m ²		0					
Destructibilidad por calor							
Baja		10	5				
Media		5					
Alta		0					
Destructibilidad por humo							
Baja		10	5				
Media		5					
Alta		0					
Destructibilidad por corrosión							
Baja		10	5				
Media		5					
Alta		0					
Destructibilidad por agua							
Baja		10	5				
Media		5					
Alta		0					
SUBTOTAL X:					91		

FACTORES REDUCTORES Y PROTECTORES

Instalaciones de protección contra incendios

- Detección automática

Ninguno de los edificios cuenta con detección automática, por lo que se les asigna una puntuación de 0.

- Rociadores automáticos

Ninguno de los edificios cuenta con rociadores automáticos, por lo que se les asigna una puntuación de 0.

- Extintores portátiles

Actualmente cuentan con extintores portátiles supervisados por personas, por lo que se les asigna una puntuación de 2.

- Bocas de incendio Equipadas (BIE)

Ninguno de los edificios cuenta con bocas de incendio equipadas, por lo que se les asigna una puntuación de 0.

- Hidrantes exteriores

Ninguno de los edificios cuenta con Hidrantes exteriores, por lo que se les asigna una puntuación de 0.

Organización de la protección contra incendios

- Equipos de intervención en incendios

La institución cuenta con equipos de primera intervención en incendios, por lo que se les asigna una puntuación de 2

- Planes de autoprotección y de emergencia interior

La institución cuenta con un plan de emergencia y autoprotección en caso de incendio con vigilancia humana, por lo que se les asigna una puntuación de 4.

Tabla 14

Resumen Factores Reductores y Protectores

MÉTODO DE EVALUACIÓN MESERI						
FACTORES REDUCTORES Y PROTECTORES	Instalaciones de protección contra incendios		Central Receptora de Alarmas (CRA)	Vigilancia Humana		Puntos
				No	Sí	
		Detección automática	Sí	2	4	0
			No	0	3	
		Rociadores automáticos	Sí	6	8	0
			No	5	7	
		Extintores Portátiles		1	2	2
	Bocas de incendio equipadas (BIE)		2	4	0	
	Hidrantes exteriores		2	4	0	
	Organización de la protección contra	Equipos de primera intervención		2		2
Equipos de segunda intervención		4		0		
Plan de autoprotección y emergencia		2	4	4		
			SUBTOTAL Y:		8	

2.1. Resultados del Método Meseri

Según el método Meseri, el valor de riesgo R se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 15

Clasificación del riesgo de incendio Método Meseri

VALOR DE RIESGO R	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
Inferior a 3	Muy malo
3 a 5	Malo
5 a 8	Bueno
Superior a 8	Muy bueno

Basado en lo anterior y desarrollando la ecuación 2.1, se logra obtener un valor de riesgo para uno de los edificios de la institución, estos se resumen a continuación:

Tabla 16

Resultados Método Meseri, para la Escuela Ciudadela de Pavas

<i>Edificio</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Clasificación</i>
Oficinas	89	8	5,7	Bueno
Pabellón 1	89	8	5,7	Bueno
Pabellón 2	89	8	5,7	Bueno
Pabellón 3	89	8	5,7	Bueno
Kínder	89	8	5,7	Bueno

Según este método, al estar por encima de 5 se clasifica como bueno, sin embargo, esto no inca que el riesgo de incendio este suficientemente controlado. Por lo que, se deben dar posibles mejoras que ayuden a este fin.

3. Desarrollo Método Gustav Purt

De acuerdo con el Anexo 3, se procede a desarrollar el método de Gustav Purt asignándole un valor a cada uno de los siguientes coeficientes.

CÁLCULO DEL RIESGO DEL EDIFICIO (GR)

Coefficiente de carga calorífica del contenido, Qm

Tomando como base la tabla 4 del método de Gretener se obtienen la carga térmica de cada uno de los edificios y según esta se le asigna su coeficiente.

Tabla 17

Valor numérico del coeficiente Qm de la carga calorífica de cada edificio

<i>Edificio</i>	<i>Carga Térmica (Mcal/m2)</i>	<i>Escala</i>	<i>Qm</i>
Oficinas	149	3	1,4
Pabellón 1	79	2	1,2
Pabellón 2	104	2	1,2
Pabellón 3	117	2	1,2
Kínder	60	1	1,0

Coeficiente de Combustibilidad, C

De acuerdo a los materiales del contenido como lo son la madera y el papel, y el uso de los edificios que es educacional, se les asigna una clase de riesgo medio de Fe II a cada uno de los edificios.

Tabla 18

Valor numérico del coeficiente C de la combustibilidad de cada edificio

<i>Edificio</i>	<i>Clase riesgo del material</i>	<i>Escala</i>	<i>C</i>
Oficinas	Fe II	3	1,4
Pabellón 1	Fe II	3	1,4
Pabellón 2	Fe II	3	1,4
Pabellón 3	Fe II	3	1,4
Kínder	Fe II	3	1,4

Valor de la carga calorífica del inmueble, Q_i

Tomando como base la tabla 4 del método de Gretener se obtienen la carga térmica de cada uno de los edificios y según esta se le asigna su coeficiente.

Tabla 19

Valor numérico del coeficiente Q_i suplementario para la carga calorífica de cada edificio

<i>Edificio</i>	<i>Carga Térmica (Mcal/m²)</i>	<i>Escala</i>	<i>Q_i</i>
Oficinas	149	2	0,2
Pabellón 1	79	1	0,0
Pabellón 2	104	2	0,2
Pabellón 3	117	2	0,2
Kínder	60	1	0,0

Coeficiente correspondiente a la situación y superficie del sector corta fuego, B

Se tienen superficies menores a los 1500 m², de una sola planta, con una altura del techo de 3 metros por lo que se les asigna un valor de 1,0 a cada edificio.

Tabla 20

Valor numérico del coeficiente B correspondiente a la influencia del sector corta fuego

<i>Edificio</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Escala</i>	<i>B</i>
Oficinas	160	1	1,0
Pabellón 1	333	1	1,0
Pabellón 2	518	1	1,0
Pabellón 3	376	1	1,0
Kínder	117	1	1,0

Coefficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción, L

El Cuerpo de Bomberos de la estación de Pavas, se encuentra a 2,6 km de la institución y su intervención a cada uno de los edificios puede superar los 10 minutos por lo que se les asigna un valor de 1,3 a cada uno.

Tabla 21

Valor numérico del coeficiente L correspondiente al tiempo para iniciar la extinción

<i>Edificio</i>	<i>Tiempo/Distancia de intervención</i>	<i>Escala</i>	<i>L</i>
Oficinas	10'-20'(1-6km)	3	1,3
Pabellón 1	10'-20'(1-6km)	3	1,3
Pabellón 2	10'-20'(1-6km)	3	1,3
Pabellón 3	10'-20'(1-6km)	3	1,3
Kínder	10'-20'(1-6km)	3	1,3

Coefficiente de resistencia al fuego de la construcción, W

Se toma como base la carga térmica de cada edificio y la resistencia al fuego de cada uno de los edificios para determinar el coeficiente.

Tabla 22

Valor numérico del coeficiente W correspondientes al grado de resistencia al fuego

<i>Edificio</i>	<i>Carga Térmica (Mcal/m2)</i>	<i>Resistencia al fuego</i>	<i>Escala</i>	<i>W</i>
Oficinas	149	F 60	3	1,5
Pabellón 1	79	F 30	2	1,6
Pabellón 2	104	F 30	2	1,6
Pabellón 3	117	F 30	2	1,6
Kínder	60	F 30	2	1,6

Coefficiente de reducción del riesgo, Ri

Se considera la forma en la que está almacenado el contenido en cada edificio, ya que es medianamente abierto y poco compacto, por lo que se le asigna una apreciación normal a cada uno.

Tabla 23

Valor numérico del coeficiente de reducción Ri

<i>Edificio</i>	<i>Apreciación</i>	<i>Escala</i>	<i>Ri</i>
Oficinas	Normal	2	1,3
Pabellón 1	Normal	2	1,3
Pabellón 2	Normal	2	1,3
Pabellón 3	Normal	2	1,3
Kínder	Normal	2	1,3

CÁLCULO DEL RIESGO DEL CONTENIDO (IR)

Coefficiente de daño a las personas, H

Al ser una institución educativa hay un peligro para las personas que ocupan cada uno de los edificios, sin embargo, todos pueden evacuar ante un incendio por lo que se les asigna un valor de 2.

Tabla 24

Valor numérico del coeficiente H del peligro para las personas

<i>Edificio</i>	<i>Escala</i>	<i>H</i>
Oficinas	2	2
Pabellón 1	2	2
Pabellón 2	2	2
Pabellón 3	2	2
Kínder	2	2

Coefficiente de peligro para los bienes, D

El valor del contenido de cada uno de los edificios es considerable más no irreparable o irremplazables por lo que se les asigna un valor medio de 2.

Tabla 25

Valor numérico del coeficiente D correspondiente a la destructibilidad

<i>Edificio</i>	<i>Escala</i>	<i>D</i>
Oficinas	2	2
Pabellón 1	2	2
Pabellón 2	2	2
Pabellón 3	2	2
Kínder	2	2

Coefficiente de influencia del humo, F

En el contenido de cada uno de los edificios hay una presencia importante de madera y papel que son materiales combustibles que desprenden mucho humo, lo que representan un valor de 1,5.

Tabla 26

Valor numérico del coeficiente F para el humo

<i>Edificio</i>	<i>Escala</i>	<i>F</i>
Oficinas	2	1,5
Pabellón 1	2	1,5
Pabellón 2	2	1,5
Pabellón 3	2	1,5
Kínder	2	1,5

3.1. Resultados del Método Gustav Purt

Aplicando la ecuación 3.1 se logra obtener el nivel de riesgo para uno de los edificios.

Tabla 27

Resumen de los coeficientes y valores de GR

<i>Edificio</i>	<i>Qm</i>	<i>C</i>	<i>Qi</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>Ri</i>	<i>GR</i>
Oficinas	1,4	1,4	0,2	1,00	1,3	1,5	1,3	1,4
Pabellón 1	1,2	1,4	0,0	1,00	1,3	1,6	1,3	1,1
Pabellón 2	1,2	1,4	0,2	1,00	1,3	1,6	1,3	1,2
Pabellón 3	1,2	1,4	0,2	1,00	1,3	1,6	1,3	1,2
Kínder	1,0	1,4	0,0	1,00	1,3	1,6	1,3	0,9

De igual forma aplicando la ecuación 3.2 se logra obtener el nivel de riesgo para el contenido de cada edificio.

Tabla 28

Resumen de los coeficientes y valores de IR

<i>Edificio</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>IR</i>
Oficinas	2	2	1,5	6
Pabellón 1	2	2	1,5	6
Pabellón 2	2	2	1,5	6
Pabellón 3	2	2	1,5	6
Kínder	2	2	1,5	6

Después de haber calculado los valores de GR y de IR, se llevan como ordenadas y abscisas, respectivamente, al diagrama de medidas. A cada combinación de GR e IR corresponde un punto en una zona determinada del diagrama de medidas como se muestra a continuación.

Tabla 29

Resumen de los valores de GR e IR y de la Zona del Diagrama

<i>Edificio</i>	<i>GR</i>	<i>IR</i>	<i>Zona Diagrama</i>
Oficinas	1,4	6	3
Pabellón 1	1,1	6	3
Pabellón 2	1,2	6	3
Pabellón 3	1,2	6	3
Kínder	0,9	6	3

Al arrojar una Zona 3 se recomienda la instalación de pre detección como necesaria; y la instalación automática de extinción "sprinklers" no es apropiada al riesgo en general que se puede enfrentar la institución.

4. Análisis comparativo de los métodos

Aunque los tres métodos utilizados cumplen con el objetivo de detectar el nivel de riesgo de incendio, estos utilizan factores diferentes, por lo que se pueden comparar y detectar cual demuestra más sensibilidad a la hora de tomar en cuenta estos posibles factores de riesgo que afecten una edificación

Tabla 30

Cuadro comparativo de los métodos utilizados

MÉTODO	FACTORES	DIFERENCIAS
GRETENER	<ul style="list-style-type: none"> • Carga de Incendio mobiliario Qm, factor q • Combustibilidad, factor c • Peligro de humo, factor r • Peligro de corrosión o toxicidad, factor k • Carga de incendio inmobiliaria, factor i • Nivel de la planta o altura del local, factor e • Dimensión superficial, factor g • Extintores portátiles, n1 • Hidrantes interiores, n2 • Fiabilidad de la aportación de agua, n3 • Longitud de la manguera de aportación de agua, n4 • Personal instruido, n5 • Detección del fuego, s1 • Transmisión de la alarma al puesto de la alarma contra fuego, s2 • Cuerpo de Bomberos oficiales y de empresa, s3 • Escalones de intervención de los cuerpos locales de bomberos, s4 • Instalaciones de extinción, s5 • Instalación de evacuación de humos, s6 • Estructura portante, f1 • Fachadas, f2 • Suelos y techos, f3 • Superficie de células corta fuegos, f4 • Factor A (peligro de activación) • Factor PH, E (peligro para personas) 	<p>Este es el método que toma la mayor cantidad de factores para determinar el riesgo, entre los que podemos notar únicamente en este diagnóstico están el peligro de corrosión o toxicidad, la longitud de la manguera y fiabilidad de la aportación de agua, por lo que se puede decir que este es el método más sensible para llegar al resultado esperado, ya que analiza puntos específicos que aportan mayor seguridad a la edificación.</p>

FACTORES GENERADORES Y AGRAVANTES

Factores de construcción:

- Número de plantas o altura del edificio
- Superficie del mayor sector de incendio
- Resistencia al fuego de los elementos constructivos - Falsos techos y suelos

Factores de situación:

- Distancia de los Bomberos
- Accesibilidad a los edificios

Factores de proceso/operación:

- Peligro de activación y Carga térmica
- inflamabilidad de los combustibles
- Orden, limpieza y mantenimiento
- Almacenamiento en altura

Factores de valor económico de los bienes

- Concentración de valores
- Factores de destructibilidad

Factores de propagabilidad

- Propagabilidad horizontal
- Propagabilidad vertical

FACTORES REDUCTORES Y PROTECTORES

Instalaciones de protección contra incendios

- Detección automática
- Rociadores automáticos
- Extintores portátiles
- Bocas de incendio Equipadas (BIE)
- Hidrantes exteriores

Organización de la protección contra incendios

- Equipos de intervención en incendios
 - Planes de autoprotección y de emergencia interior
-

Según la cantidad y calidad de los factores analizados, este método se clasifica como el segundo más sensible, porque sigue tomando en cuenta factores importantes como el anterior y además algunos diferentes como lo son el orden, limpieza y mantenimiento, además de los de propagabilidad que en ninguno de los otros dos métodos se consideran y que representan puntos importantes para determinar el riesgo de las edificaciones.

El riesgo del edificio GR

- *GR*: Riesgo del edificio
- *Qm*: Coeficiente de carga calorífica del contenido
- *C*: Coeficiente de combustibilidad
- *Qi*: Valor de la carga calorífica del inmueble
- *B*: Coeficiente correspondiente a la situación y superficie del sector corta fuego
- *L*: Coeficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción
- *W*: Coeficiente de resistencia al fuego de la construcción
- *Ri*: Coeficiente de reducción del riesgo

El riesgo del contenido IR

- *H*: Coeficiente de daño a las personas
- *D*: Coeficiente de peligro para los bienes
- *F*: Coeficiente de influencia del humo

Este es el último de los tres diagnósticos, aunque es el que cuenta con la menor cantidad de factores y que su resultado no da una respuesta definitiva, ya que por sí solo es muy incompleto, es el único que nos arroja según el riesgo calculado las posibles medidas de protección y seguridad que deberíamos aplicar a los edificios analizados.

5. Propuesta de soluciones

Aunque la situación actual de la escuela se encuentra segura ante un incendio según los métodos, se proponen las siguientes medidas como recomendación.

5.1 Medidas Constructivas:

Una de las principales recomendaciones es cambiar el material de las estructuras de los techos o cubiertas de los edificios que actualmente son de madera, así como de los cielos rasos o falsos techos, ya que son de materiales orgánicos de fácil combustión y producción de humo. Al utilizar cielos rasos incombustibles aumentamos el nivel de seguridad ante un incendio. Como, por ejemplo, el utilizar láminas de cielo raso de yeso y aluminio, ya que el yeso es un material no orgánico e incombustible que además tiene una baja conductividad térmica, estas láminas tienen un costo aproximado de ₡9 044,25 el m² incluyendo la mano de obra, en la institución se tienen 1551 m², lo que significa una inversión de ₡14 023 121,07 para asegurar los edificios.

5.2 Medidas de Protección:

Como se observó en el método de Gustav Purt se recomienda la instalación de un sistema de pre detección como lo son los detectores de humo, ya que, aunque se tiene la vigilancia humana, siempre cabe un lapso de tiempo que es vital para que asistencia del cuerpo de bomberos sea de manera eficiente a la hora de controlar un incendio. En el mercado actualmente, se encuentran alarmas o detectores de humo que son ideales para colocarlas en cualquier lugar cerrado para que en conjunto con extintores puedan evitar accidentes. Funcionan con una batería cuadrada de 9 V y tienen una duración de aproximadamente de un año (batería alcalina nueva). El precio de cada unidad ronda los ₡7 690,00 para esta institución se recomiendan comprar 35 unidades, para una inversión final de ₡279 650,00 con mano de obra incluida.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Se realizó un diagnóstico integral de la edificación contemplando las variables o parámetros de los métodos 1, 2 y 3, con el fin de valorar tanto el nivel de riesgo de incendio como el coeficiente de seguridad ante un evento de esta naturaleza.
- Se calculó el factor de riesgo de incendio correspondiente a la infraestructura por el método de Gretener se concluyó que cada uno de los edificios cuenta con un porcentaje de seguridad mayor al 100%, por lo que según desde la perspectiva de este método están seguros ante un riesgo de incendio, Meseri arrojó que al estar por encima de 5 se clasifica como bueno, sin embargo, esto no indica que el riesgo de incendio este suficientemente controlado y según Gustav Purt este último, para asegurar los edificios es recomendable instalas sistema de pre detección de incendios. Además, se determina que la zona con mayor riesgo la de las oficinas, esto debido a que según su uso tiene la mayor carga térmica, que se clasifica de alto rango.
- Se analizaron comparativamente la sensibilidad de los métodos propuestos y se determinó que el método de Gretener según la cantidad y calidad de los factores que considera es el más sensible para obtener un resultado, sin embargo, no se desprecia que los otros dos análisis sirven para cubrir todos los posibles escenarios que implican un evento tan destructivo como lo es un incendio.
- Se recomendaron soluciones constructivas como lo son las láminas de yeso y aluminio para los cielos rasos de una inversión final de ₡14 023 121,07 y de protección como lo son alarmas o detectores de humo que representarían tan una inversión de ₡279 650,00, para reducir el riesgo de incendio en el inmueble, estas son sugerencias puntuales que, aunque la escuela actualmente está segura por la forma en que se encuentra constituida, siempre se puede mejorar y proteger aún más con el fin de salva guardar la integridad de las personas y de las infraestructuras que la componen.

REFERENCIAS

- Angulo, D. (2010). Evaluación del riesgo de incendio y propuesta de soluciones en la Escuela República Dominicana. Proyecto de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3228>
- Arquitectura en acero. (s.f.). Resistencia al fuego. Artículo. Recuperado de <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/resistencia-al-fuego>
- Asefa Seguros. (2011). Efectos de incendios en estructuras de hormigón armado. Artículo sobre Patologías, Asefa Seguros, Madrid, España. Recuperado de <https://www.asefa.es/comunicacion/patologias/efectos-de-incendios-en-estructuras-de-hormigon-armado>
- Asociación Española del Aluminio y Tratamientos del Superficie. (s.f.). Comportamiento al fuego. Artículo, España. Recuperado de <https://www.asoc-aluminio.es/el-aluminio/comportamiento-al-fuego>
- Bomberos de Costa Rica (s.f.). Historia del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. Artículo. Recuperado de <https://www.bomberos.go.cr/academia-historia/historia-antigua/>
- Bomberos de Costa Rica (s.f.). Reseña histórica de Bomberos Pavas. Artículo. Recuperado de <https://www.bomberos.go.cr/estacion-pavas/>
- Bomberos de Costa Rica. (2020). Reglamento nacional de protección contra incendios, Cuerpo De Bomberos De Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=93005&nValor3=123292&strTipM=TC

Cedeño, A. (2011). Análisis de riesgo de incendio del Liceo de Curridabat, y su adecuación para cumplir con la Ley 7600. Trabajo de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3481>

El Centro de Entrenamiento Móvil de Incendios (CEMI) (2012). Manual de Incendios Estructurales. El Centro de Entrenamiento Móvil de Incendios (CEMI), Academia NACIONAL DE Bomberos, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de https://www.academiadebomberos.org.ar/wp-content/uploads/2012/07/Cap%202_Fuego_CEMI.pdf

Elige Madera. (s.f.). Comportamiento de la madera frente al fuego. Artículo. Recuperado de <https://eligemadera.com/comportamiento-de-la-madera-frente-al-fuego/?v=1d7b33fc26ca>

INDUSTRIAL ENVASADORA S.A. (S.F). Método De Gretener. Cálculo Del Riesgo De Incendio. Plan De Emergencia y Proyecto De Instalación Contra Incendios Para Industria De Envasado, Deshuesado y Relleno De Aceitunas, Universidad de Sevilla, Sevilla, Andalucía, España. Recuperado de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3998/fichero/PFC_PEYPCI_PDF%252FAnejos%252FAnejo+4.pdf

INTECO. (2016). Salud y seguridad en el trabajo. Requisitos para la señalización de medios de egreso y equipos de salvamento. Norma INTE 21-02-02:2016, Instituto DE Normas Técnicas de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/inte-21-02-02-2016-medios-de-egreso-pdf-pdf-free.html>

LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE COSTA RICA. (2008). Ley N° 8228, Ley del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica. Recuperado de

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=48308

- MAPFRE. (1998). Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio: MESERI. Análisis del método, Fundación MAPFRE Estudios, Instituto de Seguridad Integral, MADRID, España. Recuperado de <https://prevencionar.com/media/2020/06/M%C3%A9todo-simplificado-de-evaluaci%C3%B3n-del-riesgo-de-incendio-MESERI.pdf>
- Mora, A. (2010). Análisis de Riesgo de Incendio en el Liceo Luis Dobles Segreda y propuesta de mejoras en el inmueble para reducir el riesgo de incendio y cumplir con la ley 7600. Trabajo de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3235>
- Mora, M. (2012). Verificación del Cumplimiento de la Ley 7600 y Evaluación de Vulnerabilidad ante Incendios del Liceo de Escazú. Trabajo de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/7185>
- Orucú A. & Jiménez L. (2016). Resistencia al fuego de los principales sistemas de entrepisos de concreto. Manual de diseño simplificado, Comisión de seguridad de vida y protección contra incendio, CFIA, San José, Costa Rica. Recuperado de <https://cfia.or.cr/descargas/2016/incendios/entrepisos.pdf>
- P. MARTORELL S.L. (2021). Clasificación de los fuegos. Artículo de la revista P. MARTORELL, Sistemas contra incendios, Sevilla, España. Recuperado de <https://www.pmartorell.com/clasificacion-de-los-fuegos/>

Real Academia Española. (s.f.). Incendio. En Diccionario de la lengua española. Recuperado de <https://dle.rae.es/incendio>

Rodríguez, J. (2008). Evaluación y Diagnóstico de Riesgos de Incendio en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Costa Rica. Proyecto de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/4160>

Seguridad Minera (2017). ¿Cuáles son las fuentes de ignición de los incendios? Artículo de la revista Seguridad Minera, Instituto de Seguridad Minera-ISEM, Perú. Recuperado de <https://www.revistaseguridadminera.com/emergencias/cuales-son-las-fuentes-de-ignicion-de-los-incendios/>

Vásquez, D. (2012). Propuesta de mejoras ante riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y su adecuación para cumplir la Ley 7600. Trabajo de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3355>

Villanueva (2004). NTP 100: Evaluación del riesgo de incendio. Método de Gustav Purt. Nota técnica, Centro De Investigación y Asistencia Técnica, Barcelona, España. Recuperado de https://www.cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20100%20-%20Evaluacion%20del%20riesgo%20de%20incendio.%20Metodo%20de%20Gustav%20Purt.pdf

Villanueva (2004). NTP 99: Métodos de extinción y agentes extintores. Nota técnica, Centro De Investigación y Asistencia Técnica, Barcelona, España. Recuperado de

https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_099.pdf/560ba34f-b019-45a1-a240-c4e393c02ff3

Zúñiga, O. (2013). Diagnóstico del riesgo de incendio del edificio del cuartel de Liberia, propuesta de soluciones para la prevención de incendios y adecuación del inmueble para cumplimiento de la ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad. Trabajo de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3105>

ANEXOS

Método de Gretener



INDUSTRIAL ENVASADORA S.A.

PLAN DE EMERGENCIA Y PROYECTO DE INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS PARA INDUSTRIA DE ENVASADO, DESHUESADO Y RELLENO DE ACEITUNAS

ANEJO N° 4

MÉTODO DE GRETENER. CÁLCULO DEL RIESGO DE INCENDIO

1.- INTRODUCCIÓN

El objeto del método de Gretener es evaluar matemáticamente, con criterios homogéneos, el riesgo de incendio en construcciones industriales y grandes edificios.

El método fue concluido en 1.965 por Max Gretener, Ingeniero suizo, siendo rápidamente adoptado por las Compañías Aseguradoras de su país, y teniendo desde entonces gran difusión a nivel internacional.

El método ha sido posteriormente revisado y corregido, en función de la experiencia obtenida en su uso.

La evaluación del riesgo de incendio propuesta por Gretener representa una ayuda para la toma de decisiones en lo concerniente a la valoración, control y comparación de conceptos de protección y, por otra parte, en algunos cantones suizos muy especialmente, para la fijación de las tasas de seguro correspondientes al riesgo.

El método se fundamenta en el empleo de un total de 19 tablas en las que se asocian valores numéricos a cada uno de los factores de peligro y factores de protección.

La primera traducción al castellano se encuentra en la Ordenanza Municipal de Prevención de Incendios del Ayuntamiento de Zaragoza.

Hay que indicar que el método original hace referencia a diferentes Normas, Recomendaciones y Directrices Suizas. Sin embargo, puede decirse que en general existe concordancia con las normativas, normas UNE y documentos técnicos de Cepreven que se aplican en España.

No obstante, más adelante se han relacionado los criterios empleados por el método Gretener que pueden considerarse que presentan diferencias apreciables con los habitualmente usados en España, explicándose en que consisten dichas diferencias.



2.- CAMPO DE APLICACIÓN

2.1.- OBJETIVO DEL MÉTODO

El método GRETENER permite evaluar cuantitativamente el riesgo de incendio, así como la seguridad contra incendios, utilizando datos uniformes.

El método supone el estricto cumplimiento de determinadas reglas generales de seguridad tales como las referente al respeto de la distancia de seguridad entre edificios vecinos y, sobre todo, de las medidas de protección de personas tales como vías de evacuación, iluminación de seguridad, etc. así como las prescripciones correspondientes a las instalaciones técnicas. Todos estos factores, se considera que no pueden sustituirse por otro tipo de medidas.

El método permite considerar los factores de peligro esenciales y definir las medidas necesarias para cubrir el riesgo.

El método se aplica a las edificaciones y usos siguientes:

- Establecimientos públicos con elevada densidad de ocupación o edificios en los cuales las personas están expuestas a un peligro notable, tales como:
 - exposiciones, museos, locales de espectáculos
 - grandes almacenes y centros comerciales
 - hoteles, hospitales, asilos y similares
 - escuelas
- Industria, artesanía y comercio:
 - unidades de producción
 - depósitos y almacenes
 - edificios administrativos
- Edificios de usos múltiples.

La evaluación del riesgo representa una ayuda para la toma de decisiones en lo concerniente a la valoración, control y comparación de conceptos de protección.

El método se refiere al conjunto de edificios o partes del edificio que constituyen compartimentos cortafuegos separados de manera adecuada.



3.2.- DESIGNACIONES

– Letras mayúsculas

□ Se utilizan las letras mayúsculas en el método:

- para los factores globales que comprenden diversos factores parciales
- para los coeficientes que no se pueden escindir en factores parciales
- para los resultados de elementos de cálculo y designación de magnitudes de base.

A	Peligro de activación.
B	Exposición al riesgo.
E	Nivel de la planta respecto a la altura útil de un local.
F	Resistencia al fuego, factor que representa el conjunto de las medidas de protección de la construcción.
H	Número de personas.
M	Producto de todas las medidas de protección.
N	Factor que incluye las medidas normales de protección.
P	Peligro potencial.
Q	Carga de incendio.
R	Riesgo de incendio efectivo.
S	Factor que reúne el conjunto de las medidas especiales de protección.
Z	Construcción celular.
G	Construcción de gran superficie.
V	Construcción de gran volumen.

– Combinación de letras mayúsculas:

AB	Superficie de un compartimento cortafuego.
AZ	Superficie de una célula cortafuego.
AF	Superficie vidriada.

– Combinaciones de letras mayúsculas y minúsculas:

Co	Indicación del peligro de corrosión.
Fe	Grado de combustibilidad.
Fu	Indicación del peligro de humo.
Tx	Indicación del peligro de toxicidad.

– Letras minúsculas:

□ Se utilizan las mismas:

- para los factores de influencia
- para los valores de cálculos intermedios:



6.- DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS

Los cálculos se desarrollan definiendo y evaluando paulatinamente los diferentes factores que influyen en el peligro de incendio y las medidas de protección existentes en cada uno de los compartimentos cortafuego que se estudien, según la hoja de cálculo descrita en el apéndice 1.

El cálculo de dichos factores se describe en los siguientes subapartados. Las diversas columnas sirven para el estudio de diversas soluciones, así como para el cálculo del riesgo de incendio en los diferentes compartimentos cortafuego. Cada columna se divide en dos partes; en la primera se relacionan los valores de los peligros y de las medidas de protección y en la segunda los factores correspondientes representativos de dichos valores. Los valores de base se reúnen en la primera parte del apéndice, y los resultados, de forma conceptual, en la última parte de dicho apéndice. Las vistas en planta y en sección lateral que pueden presentarse en hoja separada, pueden facilitar la comprensión del problema.

6.1.- CÁLCULO DE P (PELIGRO POTENCIAL) Y DEFINICIÓN DE A (PELIGRO DE ACTIVACIÓN)

Los diferentes peligros potenciales inherentes al «contenido del edificio» y al «tipo de construcción» (factores q, c, r, k, i, e y g) se han de transcribir a la hoja de cálculo del apéndice 1.

Los factores de peligro inherentes al contenido del edificio para cada uso específico, se pueden obtener mediante tabla de cargas térmicas mobiliarias y factores de influencia para diversas actividades. Los factores inherentes del edificio se calculan con ayuda de los cuadros del presente apartado.

Cuando no se pueda atribuir ningún caso específico a un determinado compartimento cortafuego, será conveniente determinar los factores comparando el uso a otros similares que se encuentran relacionados en la tabla de cargas térmicas mobiliarias y factores de influencia para diversas actividades, o establecerlos por vía de cálculo.

En la tabla de cargas térmicas mobiliarias y factores de influencia para diversas actividades contiene, el factor A para peligro de activación y la categoría p de exposición específica al riesgo de incendio de las personas. Los factores $P_{H,E}$ se obtienen en el cuadro 19.

Como regla general, para locales cuyo uso sea de difícil definición, serán determinantes los valores de A que correspondan al tipo de uso o a las materias almacenadas cuyo riesgo de activación sea el mayor y los valores de p que representen el mayor peligro para las personas.



6.1.1.- Carga de incendio mobiliario Q_m : factor q

La carga de incendio mobiliario Q_m viene dada por el poder calorífico de todas las materias combustibles respecto a la superficie del compartimento cortafuego AB. Se expresa en MJ por m² de superficie del compartimento cortafuego.

Cuando el uso está bien determinado y el tipo de materias depositadas es uniforme, la tabla de cargas térmicas mobiliarias y factores de influencia para diversas actividades da el valor de la carga térmica Q_m y directamente el valor de q .

Cuando se trate de usos indeterminados y/o materias diversas almacenadas, es preciso calcular el valor de Q_m por medio de la tabla de cargas térmicas mobiliarias y factores de influencia para diversas actividades y deducir q del cuadro número 6.

Para los tipos de edificios Z y G, se determina la carga de incendio mobiliario Q_m por cada planta.

Para el tipo de edificio V, se acumula la carga de incendio mobiliario del conjunto de los pisos que se comunican entre ellos y que se relacionan con la superficie más importante del compartimento (la planta que presente la superficie mayor).

Cuadro 6

Q_m (MJ/m ²)	q	Q_m (MJ/m ²)	q	Q_m (MJ/m ²)	Q
Hasta 50	0,6	401 600	1,3	5.001 7.000	2,0
51 75	0,7	601 800	1,4	7.001 10.000	2,1
76 100	0,8	801 1.200	1,5	10.001 14.000	2,2
101 150	0,9	1.201 1.700	1,6	14.001 20.000	2,3
151 200	1,0	1.701 2.500	1,7	20.001 28.000	2,4
201 300	1,1	2.501 3.500	1,8	más de 28.000	2,5
301 400	1,2	3.501 5.000	1,9		

6.1.2.- La combustibilidad, factor c

Todas las materias sólidas, líquidas y gaseosas se encuentran catalogadas en 6 grados de peligro, 1 a 6 (Catálogo CEA).

Habrá que tener en cuenta la materia que tenga el valor de c mayor, sin embargo, ella debe representar al menos el 10 % del conjunto de la carga de incendio Q_m contenida en el compartimento considerado.

**Cuadro 7**

Grado de Combustibilidad – Según CEA	c
1	1,6
2	1,4
3	1,2
4	1,0
5	1,0
6	1,0

6.1.3.- El peligro de humo, factor r

La materia que tenga el valor r mayor, será determinante; sin embargo, debe representar, al menos, la décima parte del conjunto de carga térmica Q_m contenida en el compartimento considerado.

Si existen materias fuertemente fumígenas y cuya carga de fuego sea menor del 10 %, se tomará como valor $r = 1,1$.

Cuadro 8

Clasificación de Materias y Mercancías	Grado	Peligro de humo	r
Fu	3	Normal	1,0
	2	Medio	1,1
	1	Grande	1,2

6.1.4.- El peligro de corrosión o toxicidad, factor k

La materia que tenga el valor de k mayor, será determinante, sin embargo, debe representar, al menos, la décima parte del conjunto de la carga térmica Q_m contenida en el compartimento considerado.

Si existen materias que presentan un gran peligro de corrosión o de toxicidad y su participación en la carga mobiliaria total es inferior al 10 %, se fijará para coeficiente $k = 1,1$.

**Cuadro 9**

Clasificación de Materias y Mercancías	Peligro de Corrosión o Toxicidad	k
Co	Normal	1,0
	Medio	1,1
	Grande	1,2

6.1.5.- La carga de incendio inmobiliaria, factor i

El factor i depende de la combustibilidad de la construcción portante y de los elementos de las fachadas no portantes, así como de los diferentes aislamientos combustibles incorporados a la construcción de las naves de un solo nivel.

Cuadro 10**CARGA DE INCENDIO INMOBILIARIA**

Elementos de fachadas, tejados		Hormigón	Componentes de fachadas multicapas con capas exteriores incombustibles	Maderas Materias sintéticas
		Ladrillos Metal		
Estructura portante		<i>Incombustible</i>	Combustible protegida	Combustible
Hormigón, ladrillo, acero, otros metales	Incombustible	1,0	1,05	1,1
Construcción en madera:				
- Revestida	Combustible	1,1	1,15	1,2
- Contrachapada*	Protegida			
- Maciza*	Combustible			
Construcción en madera:				
- Ligera	Combustible	1,2	1,25	1,3

* Dimensión mínima según AEAI/SPI



6.1.6.- Nivel de la planta o altura útil del local, factor e

En el caso de inmueble de diversas plantas de altura normal, el factor e lo determina el número de plantas mientras que en las plantas de altura superior a 3 m, se ha de tomar la cota E del suelo del piso analizado para determinar dicho factor.

6.1.7.-Inmuebles de diversas plantas

Tipos de edificios Z y G:

- El valor de e de la planta considerada se determina según los cuadros 12 ó 13.

Tipos de edificio V:

- El valor de e será el más elevado de los que correspondan a los pisos que se comunican entre ellos y que se determina según los cuadros 12 y 13.

6.1.8.- Inmuebles de un solo nivel

El factor e se determina en función de la altura útil. E del local.

6.1.9.- Sótanos

A diferencia de altura entre la calle de acceso y la cota del suelo del sótano considerado, permite determinar el valor del factor e, utilizando el apartado correspondiente a sótanos del cuadro número 12.

Cuadro 12

EDIFICIOS DE UN SOLO NIVEL			
Altura del local E**	e		
	Q _m Pequeño ≤ 200 MJ/m ²	Q _m Mediano ≤ 1.000 MJ/m ²	Q _m Grande > 1.000 MJ/m ²
más de 10 m	1,00	1,25	1,50
hasta 10 m	1,00	1,15	1,30
hasta 7 m	1,00	1,00	1,00

** Altura útil, p.ej.: hasta la cota inferior de un puente grúa, en caso de que exista en la nave.



SÓTANOS		e
Primer sótano	- 3 m	1,00
Segundo sótano	- 6 m	1,90
Tercer sótano	- 9 m	2,60
Cuarto sótano y restantes	- 12m	3,00

Cuadro 13

EDIFICIOS DE VARIAS PLANTAS		
<i>Planta</i>	<i>E⁺ Cota de la planta Respecto a la Rasante</i>	<i>E</i>
Planta 11 y superiores	≤ 34 m	2,00
Plantas 8, 9 y 10	≤ 25 m	1,90
Planta 7	≤ 22 m	1,85
Planta 6	≤ 19 m	1,80
Planta 5	≤ 16 m	1,75
Planta 4	≤ 13 m	1,65
Planta 3	≤ 10 m	1,50
Planta 2	≤ 7 m	1,30
Planta 1	≤ 4 m	1,00
Planta baja		1,00

6.1.10.- Dimensión superficial, factor g

Los valores g se representan en el cuadro número 14, en función de la superficie del compartimento cortafuego $AB = l \cdot b$, así como la relación longitud/anchura del compartimento l/b . (Los dos parámetros AB y l/b se relacionan en la hoja de cálculo para la denominación de g).

Para los edificios del tipo V, el compartimento cortafuego más importante es el que se ha de tomar en consideración. Teniéndose en cuenta que si representa varias plantas, la superficie total será la suma de éstas.

**Cuadro 14****TAMAÑO DEL COMPARTIMENTO CORTAFUEGO**

l:b Relación longitud/anchura del compartimento cortafuego								Factor Dimensional
8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	g
800	770	730	680	630	580	500	400	0,4
1200	1150	1090	1030	950	870	760	600	0,5
1600	1530	1450	1370	1270	1150	1010	800	0,6
2000	1900	1800	1700	1600	1450	1250	1000	0,8
2400	2300	2200	2050	1900	1750	1500	1200	1,0
4000	3800	3600	3400	3200	2900	2500	2000	1,2
6000	5700	5500	5100	4800	4300	3800	3000	1,4
8000	7700	7300	6800	6300	5800	5000	4000	1,6
10000	9600	9100	8500	7900	7200	6300	5000	1,8
12000	11500	10900	10300	9500	8700	7600	6000	2,0
14000	13400	12700	12000	11100	10100	8800	7000	2,2
16000	15300	14500	13700	12700	11500	10100	8000	2,4
18000	17200	16400	15400	14300	13000	11300	9000	2,6
20000	19100	18200	17100	15900	14400	12600	10000	2,8
22000	21000	20000	18800	17500	15900	13900	11000	3,0
24000	23000	21800	20500	19000	17300	15100	12000	3,2
26000	24900	23600	22200	20600	18700	16400	13000	3,4
28000	26800	25400	23900	22200	20200	17600	14000	3,6
32000	30600	29100	27400	25400	23100	20200	16000	3,8
36000	34400	32700	30800	28600	26000	22700	18000	4,0
40000	38300	36300	35300	31700	28800	25200	20000	4,2
44000	42100	40000	37600	34900	31700	27700	22000	4,4
52000	49800	47200	44500	41300	37500	32800	26000	4,6
60000	57400	54500	51300	47600	43300	37800	30000	4,8
68000	65000	61800	58100	54000	49000	42800	34000	5,0

NOTA RELATIVA A LA RELACIÓN l:b:



Cuadro 15

MEDIDAS NORMALES		n		
n ₁	<u>Extintores portátiles según RT2-EXT</u>			
	Suficientes Insuficientes o inexistentes	1,00 0,90		
n ₂	<u>Hidrantes interiores (BIE) Según RT2-BIE</u>			
	Suficientes Insuficientes o inexistentes	1,00 0,80		
n ₃	<u>Fiabilidad de la aportación de agua</u> Condiciones mínimas de caudal* Riesgo alto / más de 3.600 l/min. Riesgo medio / más de 1.800 l/min. Riesgo bajo / más de 900 l/min.	Reserva de agua** min. 240 m ³ min. 480 m³ min. 120 m ³		
		Presión – Hidrante		
		< 2 bar	> 2 bar	> 4 bar
	Depósito elevado con reserva de agua para extinción o bombeo de aguas subterráneas, independiente de la red eléctrica, con depósito.	0,70	0,85	1,00
	Depósito elevado sin reserva de agua para extinción, con bombeo de aguas subterráneas, independiente de la red eléctrica.	0,65	0,75	0,90
Bomba de capa subterránea independiente de la red, sin reserva.	0,60	0,70	0,85	
Bomba de capa subterránea dependiente de la red, sin reserva.	0,50	0,60	0,70	
Aguas naturales con sistema de impulsión.	0,50	0,55	0,60	
n ₄	<u>Longitud de la manguera de aportación de agua</u>			
	Long. del conducto < 70 m	1,00		
	Long. del conducto 70 –100 m (Dist. entre el hidrante y la entrada al edificio)	0,95		
	Long. Del conducto > 100 m	0,90		
n ₅	<u>Personal instruido</u>			
	Disponible y formado Inexistente	1,00 0,80		

* : Cuando el caudal sea menor, es necesario reducir el factor n₃ en 0,05 por cada 300 l/min. de menos.

** : Cuando la reserva sea menor, es necesario reducir el factor n₃ en 0,05 por cada 36 m³ de menos.

6.3.- CÁLCULO DE S (MEDIDAS ESPECIALES)

**Cuadro 16**

MEDIDAS ESPECIALES							S		
Detección	S ₁	10	Detección del fuego						
		11	Vigilancia :		Al menos 2 rondas durante la noche, y los días festivos rondas cada 2 horas.		1,05		
		12	Inst. detección:		Automática (según RT3-DET)		1,45		
		13	Inst. rociadores:		Automática (según RT1-DET)		1,20		
Transmisión de alarma	S ₂	20	Transmisión de la alarma al puesto de alarma contra fuego.				1,05		
		21	Desde un puesto ocupado permanentemente (p.ej.:portería) y teléfono						
		22	Desde un puesto ocupado permanentemente (de noche al menos 2 personas) y teléfono.				1,10		
		23	Transmisión de la alarma automática por central de detección o de rociadores a puesto de alarma contra el fuego mediante un tele transmisor.				1,10		
		24	Transmisión de la alarma automática por central de detección o sprinkler al puesto de alarma contra el fuego mediante línea telefónica vigilada permanentemente (línea reservada o TUS)				1,20		
Intervención	S ₃	30	Cuerpos de Bomberos oficiales (SP) y de empresa (SPE)						
			Oficiales SP	SPE	SPE	SPE	SPE	Sin SPE	
				Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4		
		31	Cuerpos SP	1,20	1,30	1,40	1,50	1,00	
		32	SP+alarma simultánea	1,30	1,40	1,50	1,60	1,15	
		33	SP+alarma simultánea+TP	1,40	1,50	1,60	1,70	1,30	
		34	Centro B*	1,45	1,55	1,65	1,75	1,35	
		35	Centro A*	1,50	1,60	1,70	1,80	1,40	
36	Centro A+ retén	1,55	1,65	1,75	1,85	1,45			
37	SP profesional	1,70	1,75	1,80	1,90	1,60			
Escalones de intervención	S ₄	40	Escalones de intervención de los cuerpos locales de bomberos						
			Escalón	Inst. sprinkler		SPE	SPE	SPE	Sin SPE
			Tiempo/distanc.	cl.1	cl.2	Nivel 1+2	Nivel 3	Nivel 4	
		41	E ₁ < 15 min. < 5 Km.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
42	E ₂ < 30 min. > 5 Km.	1,00	0,95	0,90	0,95	1,00	0,80		
43	E ₃ > 30 min.	0,95	0,90	0,75	0,90	0,95	0,60		
Instalación extinción	S ₅	50	Instalaciones de extinción						
		51	Sprinkler cl. 1 (abastecimiento)				2,00		
		52	Sprinkler cl. 2 (abastecimiento sencillo o superior) o inst. de agua pulverizada				1,70		
	53	Protección automática de extinción por gas (protección de local), etc.				1,35			
	S ₆	60	Instalación de evacuación de humos (ECF) (automática o manual)				1,20		

* O un cuerpo local de bomberos equipado y formado de la misma.



6.4.- CÁLCULO DE RESISTENCIA AL FUEGO F (MEDIDAS INHERENTES A LA CONSTRUCCIÓN)

Los factores f_1 f_4 para las medidas de protección relativas a la construcción se indican en el cuadro número 17. El producto de estos factores constituye el valor de referencia para la resistencia al fuego F del compartimento cortafuegos, así como de las zonas colindantes en tanto en cuanto estas últimas pueden tener una influencia sobre los citados factores.

$$F = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$$

Cuadro 17

MEDIDAS INHERENTES A LA CONSTRUCCION						
F	F= f ₁ ·f ₂ ·f ₃ ·f ₄				f	
f ₁	Estructura portante (elementos portantes: paredes, dinteles, pilares)					
	11	F90 y más			1,30	
	12	F30 / F60			1,20	
	13	< F30			1,00	
f ₂	Fachadas Altura de las ventanas ≤ 2/3 de la altura de la planta					
	21	F90 y más			1,15	
	22	F30 / F60			1,10	
	23	< F30			1,00	
F ₃	31	F90	Número De Pisos	aberturas verticales		
				Z + G	V	
				ninguna u obturada	protegida (*)	no protegidas
		≤2	1,20	1,10	1,00	
		>2	1,30	1,15	1,00	
	32	F30 / F60	Número De Pisos	aberturas verticales		
Z + G				V		
	≤2	1,15	1,05	1,00		
	>2	1,20	1,10	1,00		
33	<F30	Número De Pisos	aberturas verticales			
			Z + G	V		
	≤2	1,05	1,00	1,00		
	>2	1,10	1,05	1,00		
F ₄	Superficie de células Cortafuegos provistas de tabiques F30 puertas cortaf. T30. Relación de las superficies AF/AZ.			≤10%	<10%	<5%
	41	AZ < 50 m ²		1,40	1,30	1,20
	42	AZ < 100 m ²		1,30	1,20	1,10
	43	AZ ≤ 200 m ²		1,20	1,10	1,00

* Aberturas protegidas en su contorno por una instalación de sprinkler reforzada o por una instalación de diluvio.

** No válido para las cubiertas.



– f_4 Células cortafuegos

- Se consideran células cortafuegos las subdivisiones de las plantas cuya superficie AZ no sobrepase los 200 m² y cuyos tabiques presenten una resistencia al fuego de RF30 o superior. Sus puertas de acceso deben ser de naturaleza T30. El cuadro 17 presenta los factores f_4 de las células cortafuego según las dimensiones y la resistencia al fuego de los elementos de compartimentación y según la importancia de la relación entre las superficies vidriadas y la superficie del compartimento AF/AZ.

6.5.- EXPOSICIÓN AL RIESGO B

El cociente entre el “peligro potencial” y las “medidas de protección” representa la exposición al riesgo B.

$$B = \frac{q \cdot c \cdot r \cdot k \cdot i \cdot e \cdot g}{N \cdot S \cdot F} = \frac{P}{N \cdot S \cdot F}$$

6.6.- PELIGRO DE ACTIVACIÓN (FACTOR A)

El factor A representa una aproximación a la cuantificación del peligro de activación o probabilidad de ocurrencia de un incendio.

El Cuadro 18 indica la relación entre las categorías de activación y el factor A.

Cuadro 18

<i>FACTOR A</i>	<i>PELIGRO DE ACTIVACIÓN</i>	<i>EJEMPLOS</i>
0,85	Débil	Museos.
1,00	Normal	Apartamentos, hoteles, fabricación de papel.
1,20	Medio	Fabricación de maquinaria y aparatos.
1,45	Alto	Laboratorios químicos, talleres de pintura.
1,80	Muy elevado	Fabricación de fuegos artificiales, fabricación de barnices y pinturas.

En general se habrá de tomar el uso del local o las materias almacenadas que presenten el peligro de activación más elevado si las mismas alcanzan el 10 % de las totales.

6.7.- RIESGO DE INCENDIO EFECTIVO

El producto de los factores “exposición al riesgo” y “peligro de activación” nos dará el factor correspondiente al riesgo de incendio efectivo.

$$R = B \cdot A$$



7.- COMPROBACION DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

7.1.- FACTORES DE CORRECCIÓN $P_{H,E}$

7.1.1.- Exposición al riesgo de las personas

Según el número de ocupantes de un edificio y su movilidad, el factor que da el riesgo de incendio normal R_n , se debe multiplicar por el factor de corrección

$P_{H,E}$.

$$R_d = R_n \cdot P_{H,E}$$

El Cuadro 19 nos da el factor de corrección $P_{H,E}$ en función de la clasificación de la exposición al riesgo de las personas p , del nivel del piso E y del número de personas H del compartimento cortafuego considerado.

7.1.2.- Categoría de la exposición al riesgo de las personas p

Para los establecimientos de pública concurrencia la exposición al riesgo de las personas se clasifica de la siguiente manera:

$p = 1$ Exposiciones, museos, locales de diversión, salas de reunión, escuelas, restaurantes, grandes almacenes.

$p = 2$ Hoteles, pensiones, guarderías infantiles, albergues.

$p = 3$ Hospitales, asilos, establecimientos diversos.

El factor de corrección de establecimientos de pública concurrencia para los usos no mencionados es $P_{H,E} = 1,0$.

Para los demás usos es preciso consultar el anexo 1. Para los usos sin indicaciones de categoría específica para la exposición de las personas, el factor de corrección que se tomará será $P_{H,E} = 1,0$.



Cuadro 19

EXPOSICIÓN AL RIESGO DE LAS PERSONAS ($P_{H,E}$)

NÚMERO DE PERSONAS ADMITIDAS EN EL COMPARTIMENTO CORTA FUEGO CONSIDERADO	CLASIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RIESGO DE LAS PERSONAS												Valor De $P_{H,E}$
	1				2				3				
	Situación del compartimento C.F. considerado				Situación del compartimento C.F. considerado				Situación del compartimento C.F. considerado				
	Planta baja + 1º Piso	Pisos 2-4	Pisos 5-7	Pisos 8 y super.	Planta Baja + 1º Piso	Pisos 2-4	Pisos 5-7	Pisos 8 y super.	Planta Baja + 1º Piso	Pisos 2-4	Pisos 5-7	Pisos 8 y super.	
> 1000	≤30	--	--	> 1000	--	--	--	> 1000	--	--	--	1,00	
--	≤100	--	--	--	≤30	--	--	--	--	--	--	0,95	
--	≤300	--	--	--	≤100	--	--	--	--	--	--	0,90	
--	≤	--	--	--	≤300	--	--	--	≤30	--	--	0,85	
--	1000	≤30	--	--	≤	--	--	--	1000	--	--	0,80	
--	> 1000	≤100	--	--	≤	≤30	--	--	≤100	--	--	0,75	
--	--	≤300	--	--	> 1000	≤100	--	--	≤300	--	--	0,70	
--	--	≤	≤30	--	--	≤300	--	--	≤	≤30	--	0,65	
--	--	1000	--	--	--	--	≤30	--	1000	≤100	--	0,60	
--	--	> 1000	≤100	--	--	≤	≤30	--	> 1000	≤100	--	0,55	
--	--	--	≤300	--	--	> 1000	≤100	--	--	≤300	--	0,50	
--	--	--	≤	--	--	--	≤300	--	--	≤	≤30	0,45	
--	--	--	1000	--	--	--	--	--	--	1000	≤100	0,45	
--	--	--	> 1000	--	--	--	≤	--	--	> 1000	≤100	0,40	
--	--	--	--	--	--	--	> 1000	--	--	--	≤300	0,40	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	≤	0,45	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1000	0,40	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	> 1000	0,40	

7.1.3.- exposición al riesgo normal de las personas

El valor de $P_{H,E}$ se fija en 1.

7.1.4.- Exposición al riesgo reducido de las personas

En casos en que se garantice por alguna instancia competente la ocupación muy reducida de personas en un determinado establecimiento, se podrá admitir un valor superior a 1 de $P_{H,E}$. Este hecho no autorizará en ningún caso, a no respetar las medidas de protección exigidas por el riesgo.



7.2. RIESGO DE INCENDIO ACEPTADO R_u

Se calcula multiplicando el riesgo de incendio normal por el factor de riesgo

$$R_u = 1,3 \cdot P_{H,E}$$

7.3. PRUEBA DE QUE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO ES SUFICIENTE

El cociente γ de la seguridad contra incendio resulta de la comparación del riesgo aceptado con el riesgo normal.

$$\gamma = \frac{R_u}{R}$$

La seguridad contra incendios es suficiente si las necesidades de seguridad seleccionadas se adaptan a los objetivos de protección y, con ello, $\gamma \geq 1$.

La seguridad contra incendios es insuficiente si $\gamma < 1$.

En este caso, habrá que realizar una nueva hipótesis que será conveniente ajustar a la siguiente lista de prioridades:

- Respetar todas las medidas normales.
- Mejorar la concepción del edificio con objeto de que:
 - resulte un tipo de construcción más seguro
 - el valor de F aumente
 - el valor de i disminuya
- Prever medidas especiales adecuadas.

La comprobación de que la seguridad contra incendios es suficiente se debe realizar con la nueva hipótesis de protección contra incendios.



8.- HOJA DE CÁLCULO RESUMEN DEL MÉTODO GREENER

EDIFICIO	LUGAR			CALLE		
	VARIANTE...	VARIANTE...	VARIANTE...	VARIANTE...	VARIANTE...	VARIANTE...
Parte del edificio						
Compartimento:	l - b ^m	l - b ^m	l - b ^m	l - b ^m	l - b ^m	l - b ^m
Tipo de edificio:	AB -	AB -	AB -	AB -	AB -	AB -
	l/b -	l/b -	l/b -	l/b -	l/b -	l/b -
TIPO DE CONCEPTO						
q Carga Térmica Mobiliaria	Qm ^m		Qm ^m		Qm ^m	
c Combustibilidad						
r Peligro de humos						
k Peligro de Corrosión						
i Carga Térmica inmobiliaria						
e Nivel de la planta						
g Superficie del compartimento						
P PELIGRO POTENCIAL	qcrk · ieg		qcrk · ieg		qcrk · ieg	
n ₁ Extintores portátiles						
n ₂ Hidrantes interiores. BIE						
n ₃ Fuentes de agua-fiabilidad						
n ₄ Conductos transp. Agua						
n ₅ Personal instr. en extinc.						
N MEDIDAS NORMALES	n ₁ ...n ₅		n ₁ ...n ₅		n ₁ ...n ₅	
s ₁ Detección de fuego						
s ₂ Transmisión de alarma						
s ₃ Disponib. de bomberos						
s ₄ Tiempo para intervención						
s ₅ Instalación de extinción						
s ₆ Instal. Evacuación de humo						
S MEDIDAS ESPECIALES	s ₁ ...s ₆		s ₁ ...s ₆		s ₁ ...s ₆	
f ₁ Estructura portante	F<		F<		F<	
f ₂ Fachadas	F<		F<		F<	
Forjados	F<		F<		F<	
f ₃ - Separación de plantas - Comunicaciones verticales						
f ₄ Dimensiones de las células - Superficies vidriadas	AZ = AF / AZ =		AZ = AF / AZ =		AZ = AF / AZ =	
F MEDIDAS EN LA CONSTRUC	f ₁ ...f ₄		f ₁ ...f ₄		f ₁ ...f ₄	
B Exposición al riesgo	P / (N · S · F)		P / (N · S · F)		P / (N · S · F)	
A Peligro de Activación						
R RIESGO INCENDIO EFECTIV	B · A		B · A		B · A	
P _{h,e} Situación de peligro para las personas	H = p ^m		H = p ^m		H = p ^m	
R _a Riesgo de incendio aceptado	1,3 · P _{h,e}		1,3 · P _{h,e}		1,3 · P _{h,e}	
γ SEGUR.CONTRA INCENDIO	γ = R _a / R		γ = R _a / R		γ = R _a / R	
NOTAS:						

Método MESERI

Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio: MESERI

FUNDACIÓN MAPFRE ESTUDIOS

INSTITUTO DE SEGURIDAD INTEGRAL

El riesgo de incendio constituye la principal y más frecuente amenaza para el patrimonio y la continuidad de las empresas. El conocimiento del nivel de riesgo resulta fundamental a la hora de decidir las medidas de seguridad que se deben aplicar.

El método que se presenta en este análisis proporciona una sistemática asequible a los distintos niveles profesionales que precisan la evaluación del riesgo de incendio para la toma de decisiones en su tratamiento.

Introducción

El análisis del riesgo de incendio, ya sea de una instalación industrial o de cualquier otro tipo, comporta el cumplimiento de tres etapas. En primer lugar, es imprescindible la inspección del riesgo y la recogida sistemática de información sobre el mismo: posibles fuentes de ignición, combustibles presentes, actividades desarrolladas, procesos, edificaciones, instalaciones de protección, organización de la seguridad, etc. Sigue a continuación la fase de estimación o evaluación de la magnitud del riesgo, que puede ser de tipo cualitativa o cuantitativa, para finalmente proceder a la emisión del juicio técnico de la situación, concretado en un informe en el que se expresan los resultados del análisis de manera más o menos detallada. En algunas ocasiones, y dependiendo de la finalidad del informe, se incluyen no solo las observaciones efectuadas durante la inspección y el cálculo de los efectos previstos, sino también las medidas que debe considerar la propiedad para disminuir la probabilidad de ocurrencia del incendio o, si este se produce, para limitar su extensión.

Los métodos de evaluación del riesgo de in-

ANÁLISIS

cendio –en general, podría aplicarse a riesgos de cualquier tipo– tienen como objetivos valorar:

- La probabilidad de ocurrencia (frecuencia estimada de aparición del riesgo) de las distintas formas posibles de iniciarse la secuencia de acontecimientos que dan origen al accidente.
- La intensidad del suceso negativo (severidad), y cómo éste puede afectar a bienes y personas (vulnerabilidad).

Estas valoraciones pueden ser meramente cualitativas –generalmente, en actividades de reducido tamaño y, *a priori*, de bajo riesgo, cuando no es necesaria una evaluación muy precisa– hasta complejas metodologías cuantitativas que ofrecen resultados numéricos detallados de frecuencias, áreas afectadas, víctimas esperadas, tiempo de paralización de la actividad, y otros aspectos.

La utilización de complejos métodos cuantitativos y semicuantitativos solo es justificable en el caso de riesgos de cierta entidad –por su tamaño, importancia estratégica, peligrosidad intrínseca de la actividad, etc.– pero tienen la ventaja sobre los cualitativos en que eliminan casi totalmente la componente subjetiva de éstos y permiten comparar los resultados obtenidos con valores de referencia previamente establecidos.

Descripción

El método MESERI pertenece al grupo de los métodos de evaluación de riesgos conocidos como «de esquemas de puntos», que se basan en la consideración individual, por un lado, de diversos factores generadores o agravantes del riesgo de incendio, y por otro, de aquellos que reducen y protegen frente al riesgo. Una vez valorados estos elementos mediante la

asignación de una determinada puntuación se trasladan a una fórmula del tipo:

$$R = \frac{X}{Y} \text{ o bien } R = X \pm Y$$

dónde, X es el valor global de la puntuación de los factores generadores o agravantes, Y el valor global de los factores reductores y protectores, y R es el valor resultante del riesgo de incendio, obtenido después de efectuar las operaciones correspondientes.

En el caso del método MESERI este valor final se obtiene como suma de las puntuaciones de las series de factores agravantes y protectores, de acuerdo con la fórmula:

$$R = \frac{5}{129} X + \frac{5}{30} Y$$

Este método evalúa el riesgo de incendio considerando los factores:

- a) que hacen posible su inicio: por ejemplo, la inflamabilidad de los materiales dispuestos en el proceso productivo de una industria o la presencia de fuentes de ignición.
- b) que favorecen o entorpecen su extensión e intensidad: por ejemplo, la resistencia al fuego de los elementos constructivos o la carga térmica de los locales.
- c) que incrementan o disminuyen el valor económico de las pérdidas ocasionadas: por ejemplo, la destructibilidad por calor de medios de producción, materias primas y productos elaborados.
- d) que están dispuestos específicamente para su detección, control y extinción: por ejemplo, los extintores portátiles o las brigadas de incendios.

La consideración de estos grupos de factores permite ofrecer una estimación global del riesgo de incendio. Su simplicidad radica en que sólo se valoran los factores más representativos de la situación real de la actividad inspeccionada de entre los múltiples que intervienen en

el comienzo, desarrollo y extinción de los incendios.

Aplicación

El método MESERI está principalmente diseñado para su aplicación en empresas de tipo industrial, cuya actividad no sea destacadamente peligrosa (para analizar estos riesgos existen otros métodos más adecuados). Además, debe aplicarse por edificios o instalaciones individuales, de características constructivas homogéneas.

Como su nombre indica, el método es simplificado: en muchos casos es la experiencia del inspector la que determina, por simple estimación de lo observado, el nivel de puntuación que debe otorgarse, sin entrar en complicados cálculos. Esto implica que el inspector debe tener conocimientos de los siguientes temas: prevención y sistemas de protección contra incendios; organización de la seguridad en la empresa; procesos industriales y edificación, entre otros.

Instrucciones de uso

El método se desarrolla a partir de la inspección visual sistemática de una serie de elementos o «factores» de un edificio o local y su puntuación en base a los valores preestablecidos para cada situación.

También pueden asignarse valores comprendidos entre los predeterminados en tablas si la situación es tal que no permite aplicar alguno de los indicados como referencia.

Finalmente, tras sumar el conjunto de puntuaciones los factores generadores y agravantes (X) y los reductores/protectores (Y) del ries-

go de incendio, se introducen los valores resultantes en la fórmula y se obtiene la calificación final del riesgo.

Obsérvese que la ponderación en el valor final de la serie de factores generadores y reductores es la misma (5 puntos, como máximo, para cada serie). Por tanto, el valor final estará comprendido entre cero y diez puntos, significando la peor y la mejor valoración del riesgo considerado frente al incendio, respectivamente.

Edificios cuya puntuación final sea inferior a 5 deberían ser examinados con más detalle para determinar donde se encuentran sus mayores problemas; en primer lugar, habría que investigar aquellos factores puntuados con valores iguales o cercanos a «cero» y determinar las medidas oportunas para su mejora que sean técnica y económicamente viables. En cualquier caso, tampoco debe entenderse que cualquier puntuación superior a 5 indica que el riesgo de incendio esté suficientemente controlado.

Factores evaluados

A continuación, se definen y comentan brevemente los factores que se evalúan en el método MESERI, así como sus respectivas puntuaciones.

Factores generadores y agravantes

Factores de construcción

- *Número de plantas o altura del edificio*

En caso de incendio, cuanto mayor sea la altura de un edificio más fácil será su propagación y más difícil será su control y extinción. La altura de un edificio debe ser entendida desde la cota inferior construida (los niveles bajo tierra también cuentan) hasta la parte superior de la cubierta. En caso de que se obtengan diferentes puntuaciones por número de plantas y

ANÁLISIS

por altura, se debe tomar siempre el menor valor.

Número de plantas	Altura (m)	Puntuación
1 o 2	Inferior a 6	3
De 3 a 5	Entre 6 y 15	2
De 6 a 9	Entre 16 y 28	1
Más de 10	Más de 28	0

- *Superficie del mayor sector de incendio*

Este factor implica que los elementos de compartimentación en sectores de incendio deberán tener, como mínimo, una calificación RF (Resistente al Fuego)-240 o mejor; se debe prestar especial atención a que las puertas de paso entre sectores sean RF-120 o mejor, así como a los sellados de las canalizaciones, tuberías, bandejas de cables, etc., que atraviesan los elementos compartimentadores. Por debajo de este valor se considerará que no existe sectorización. Cuanto mayor sea la superficie de los sectores de incendio, existirá más facilidad de propagación del fuego.

Como referencia, se pueden consultar los valores de RF ofrecidos por el apéndice 1 «Resistencia al fuego de los elementos constructivos» de la NBE-CPI/96.

La tabla de puntuación de este factor en el método MESERI es:

Superficie del mayor sector de incendio (m ²)	Puntuación
Inferior a 500	5
De 501 a 1.500	4
De 1.501 a 2.500	3
De 2.501 a 3.500	2
De 3.501 a 4.500	1
Mayor a 4.500	0

- *Resistencia al fuego de los elementos constructivos*

Los elementos constructivos que aquí se hace referencia son, exclusivamente, los sustentadores de la estructura del edificio; la característica que se mide fundamentalmente es la estabilidad mecánica frente al fuego.

El método considera «alta» la resistencia de elementos de hormigón, obra y similares, mientras que considera «baja» la resistencia de elementos metálicos «acero» desnudos. En caso de contar con protección (tipo pinturas intumescentes, recubrimientos aislantes, pantallas) sólo deberán tenerse en cuenta si protegen íntegramente a la estructura.

Como referencia, véanse los valores de RF ofrecidos por el apéndice 1 «Resistencia al fuego de los elementos constructivos» de la NBE-CPI/96, y las normas sobre ensayos de resistencia al fuego de diferentes estructuras y elementos de construcción (UNE 23-093, UNE 23-801 y UNE 23-802).

La tabla de puntuación es la siguiente:

Resistencia al fuego	Puntuación
Alta	10
Media	5
Baja	0

- *Falsos techos y suelos*

Los falsos techos y suelos propician la acumulación de residuos, dificultan en muchas ocasiones la detección temprana de los incendios, anulan la correcta distribución de los agentes extintores y permiten el movimiento descontrolado de humos. Por ello, el método penaliza la existencia de estos elementos, independientemente de su composición, diseño y acabado.

Se considera «falso techo incombustible» aquel realizado en cemento, piedra, yeso, escayola y metales en general, es decir, los que

ANÁLISIS

poseen la calificación M0 de acuerdo con los ensayos normalizados (según UNE 23-727); se considera «falso techo combustible» aquel realizado en madera no tratada, PVC, poliamidas, copolímeros ABS, y, en general, aquellos que posean una calificación M4 o peor.

Falsos techos/suelos	Puntuación
No existen	5
Incombustibles (M0)	3
Combustibles (M4 o peor)	0

Factores de situación

- *Distancia de los Bomberos*

Este factor valora la distancia y el tiempo de desplazamiento desde el parque de Bomberos más cercano al edificio en cuestión. Sólo se tendrán en cuenta parques con vehículos y personal que se consideren suficientes y disponibles 24 h al día, 365 días al año. En caso de que se obtengan diferentes puntuaciones por tiempo y por longitud, se debe tomar siempre la menor puntuación resultante.

Distancia (km)	Tiempo de llegada (min)	Puntuación
Menor de 5	Menor de 5	10
Entre 5 y 10	Entre 5 y 10	8
Entre 10 y 15	Entre 10 y 15	6
Entre 15 y 20	Entre 15 y 25	2
Más de 20	Más de 25	0

- *Accesibilidad a los edificios*

La accesibilidad de los edificios se contempla desde el punto de vista del ataque al incendio y otras actuaciones que requieran penetrar en el mismo. Los elementos que facilitan

la accesibilidad son: puertas, ventanas, huecos en fachadas, tragaluces en cubiertas y otros.

Accesibilidad al edificio	Puntuación
Buena	5
Media	3
Mala	1
Muy mala	0

Factores de proceso/operación

- *Peligro de activación*

En este apartado se evalúa la existencia de fuentes de ignición que se empleen habitualmente dentro del proceso productivo y complementarios de la actividad y que puedan ser origen de un fuego. Por ejemplo, deben considerarse con peligro de activación «alto» procesos en los que se empleen altas temperaturas (hornos, reactores, metales fundidos) o presiones, llamas abiertas, reacciones exotérmicas, etc.). Otras fuentes se refieren a fumadores y caída de rayos no protegida.

Peligro de activación	Puntuación
Alto	10
Medio	5
Bajo	0

- *Carga térmica*

En este apartado se evalúa la cantidad de calor por unidad de superficie que produciría la combustión total de materiales existentes en la zona analizada. En un edificio hay que considerar tanto los elementos mobiliarios –contenido– como los inmobiliarios o continente –estructuras, elementos separadores, acabados, etc.–.

ANÁLISIS

Carga térmica (MJ/m ³)	Puntuación
Baja (inferior a 1.000)	10
Moderada (entre 1.000 y 2.000)	5
Alta (entre 2.000 y 5.000)	2
Muy alta (superior a 5.000)	0

• Inflamabilidad de los combustibles

Este factor valora la peligrosidad de los combustibles presentes en la actividad respecto a su posible ignición. Las constantes físicas que determinan la mayor o menor facilidad para que un combustible arda son, dado un foco de ignición determinado, los límites de inflamabilidad, el punto de inflamación y la temperatura de autoignición.

Por lo tanto, los gases y líquidos combustibles a temperatura ambiente serán considerados con inflamabilidad «alta», mientras que los sólidos no combustibles en condiciones «normales» tales como los materiales pétreos, metales -hierro, acero- serán considerados con inflamabilidad «baja» y los sólidos combustibles -madera, plásticos, etc.- en categoría «media».

Inflamabilidad	Puntuación
Baja	5
Media	3
Alta	0

• Orden, limpieza y mantenimiento

Este factor estima el orden y limpieza de las instalaciones productivas, así como la existencia de personal específico y planes de mantenimiento periódico de instalaciones de servicio (electricidad, agua, gas, etc.) y de las de protección contra incendios.

Orden, limpieza y mantenimiento	Puntuación
Alto	10
Medio	5
Bajo	0

• Almacenamiento en altura

La existencia de almacenamientos en alturas superiores a 2 m incrementa el riesgo de incendio (aumento de la carga térmica, mayor facilidad de propagación, mayor dificultad del ataque al fuego). No se tiene en cuenta la naturaleza de los materiales almacenados.

Almacenamiento en altura	Puntuación
Menor de 2 m	3
Entre 2 y 6 m	2
Superior a 6 m	0

Factores de valor económico de los bienes

• Concentración de valores

La cuantía de las pérdidas económicas directas que ocasiona un incendio depende del valor de continente -edificaciones- y contenido de una actividad -medios de producción (maquinaria principalmente), materias primas, productos elaborados y semielaborados, instalaciones de servicio-. No se consideran las pérdidas consecuenciales y de beneficios.

Concentración de valores		Puntuación
Pesos/m ²	Euros/m ²	
inferior a 100.000	inferior a 600	3
entre 100.000 y 250.000	entre 600 y 1.500	2
superior a 250.000	superior a 1.500	0

ANÁLISIS

• Factores de destructibilidad

Directamente relacionado con el factor anterior se encuentra la destructibilidad de elementos de producción, materias primas, productos elaborados y semielaborados, causado por las siguientes manifestaciones dañinas del incendio:

- Por calor

En primer lugar se determina la afectación que produce el calor generado por el incendio en los elementos anteriormente citados. Por ejemplo, industrias del plástico, electrónica o almacenamientos frigoríficos pueden verse afectados en un grado «alto», mientras que industrias de la madera o de transformación del metal pueden verse afectadas en mucha menor medida por el calor.

Destructibilidad por calor	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

- Por humo

La destrucción o pérdida de cualidades por efecto del humo es otro factor a considerar. Por ejemplo, las industrias electrónicas, farmacéuticas y alimentarias se verán muy afectadas, mientras que las industrias metálicas y de plásticos, en general, pueden verse afectadas en menor medida por el humo.

Destructibilidad por humo	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

- Por corrosión

La destrucción por efecto de la corrosión viene provocada por la naturaleza de algunos gases liberados en las reacciones de combustión como el ácido clorhídrico o sulfúrico. Por ejemplo, los componentes electrónicos y metálicos serán muy perjudicados por ese efecto.

Destructibilidad por corrosión	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

- Por agua

Finalmente, se estiman los daños producidos por el agua de extinción del incendio. Por ejemplo, las industrias textiles y plásticas tendrán en general menores daños por este factor que las industrias del papel o cartón, o los almacenamientos a granel.

Destructibilidad por agua	Puntuación
Baja	10
Media	5
Alta	0

Factores de propagabilidad

La propagación del incendio se estima en este apartado teniendo en cuenta la disposición espacial de los posibles combustibles existentes en el contenido (procesos, maquinaria, mercancías, equipos), es decir, su continuidad horizontal y vertical. No se tiene en cuenta la velocidad de propagación de las llamas ni la velocidad de combustión de los materiales, que se contemplan en otros apartados.

ANÁLISIS

- *Propagabilidad horizontal*

Por ejemplo, si existen en el proceso cadenas de producción, de tipo «lineal», en las que los elementos comunes ofrecen continuidad para la posible propagación de las llamas, se considerará que la propagabilidad es «alta»; por el contrario, en las disposiciones de tipo celular, con espacios vacíos carentes de combustibles o calles de circulación amplias, se puede considerar que la propagabilidad es «baja».

Propagabilidad horizontal	Puntuación
Baja	5
Media	3
Alta	0

- *Propagabilidad vertical*

Por ejemplo, la existencia de almacenamientos en altura o estructuras, maquinaria, o cualquier tipo de instalación cuya disposición en vertical permitan la propagación del incendio hacia cotas superiores de donde se originó conllevan la calificación de propagabilidad vertical «alta».

Propagabilidad vertical	Puntuación
Baja	5
Media	3
Alta	0

Factores reductores y protectores

Dentro de este apartado se estiman los factores que contribuyen bien a impedir el desarrollo del

incendio, o bien a limitar la extensión del mismo y sus consecuencias. La puntuación en este caso se otorga si existe el factor correspondiente, su diseño es adecuado y está garantizado su funcionamiento. En el caso de medidas de tipo organizativas-humanas (brigadas de incendio, planes de emergencia) habrá que comprobar la existencia de registros, manuales, procedimientos, etc., que avalen la formación recibida por el personal, los prácticos y simulacros efectuados, etc.

También cabe señalar que la puntuación por la existencia de los distintos conceptos aumenta en caso de que exista presencia humana en los edificios o instalaciones inspeccionados, lo que supone que existe actividad permanente (incluyendo fines de semana y festivos) o personal de vigilancia suficiente.

Instalaciones de protección contra incendios

- *Detección automática*

Se tendrá en cuenta si existe detección automática en la totalidad de los edificios. Las áreas cubiertas por instalaciones de rociadores automáticos también se consideran cubiertas por esta medida de protección.

La vigilancia humana supone control permanente por vigilantes cualificados de todas las zonas, sea mediante presencia física, sea mediante sistemas electrónicos de vigilancia, fuera de las horas de actividad (se entiende que en estos períodos existe presencia de personas). En todo caso, supone capacidad de intervención inmediata en las zonas de incendio o de control de los sistemas de emergencia.

Si no hay vigilancia humana pero existe un enlace con una Central Receptora de Alarmas, CRA, se puede esperar una respuesta valorable como «de menor fiabilidad» que la de la vigilancia humana.

- *Rociadores automáticos*

Se tendrá en cuenta si existen instalaciones de rociadores automáticos en toda la superficie de los edificios y locales de la actividad.

ANÁLISIS

Concepto	Puntuación			
	Con vigilancia humana		Sin vigilancia humana	
	Con conexión a CRA	Sin conexión a CRA	Con conexión a CRA	Sin conexión a CRA
Detección automática	4	3	2	0

CRA: Central Receptora de Alarmas.

Concepto	Puntuación			
	Con vigilancia humana		Sin vigilancia humana	
	Con conexión a CRA	Sin conexión a CRA	Con conexión a CRA	Sin conexión a CRA
Rociadores automáticos	8	7	6	5

CRA: Central Receptora de Alarmas.

Como en el caso anterior, se valora positivamente la existencia de un enlace con una Central Receptora de Alarmas, CRA.

•• *Extintores portátiles*

Se tendrá en cuenta si existen extintores portátiles que cubran toda la superficie de los edi-

ficios y locales de la actividad. Se observará que los agentes extintores son adecuados a las clases de fuego previsible en las áreas protegidas y se encuentran señalizados. También se recomienda comprobar que existen aparatos de repuesto (aproximadamente, 1 por cada 20 aparatos instalados).

Concepto	Puntuación	
	Con vigilancia humana	Sin vigilancia humana
Extintores portátiles	2	1

•• *Bocas de incendio Equipadas (BIE)*

Se tendrá en cuenta si existen BIE's que cubran toda la superficie de los edificios y locales de la actividad. Se considera que una instalación de BIE's (de 25 o 45 mm) protege un local

si es posible dirigir el chorro de agua a cualquier punto del mismo; para ello, se comprobará que el abastecimiento de agua suministre la presión y caudal necesarios a todas las BIE, y estas poseen todos sus elementos (básicamente: válvula, manguera y lanza).

Concepto	Puntuación	
	Con vigilancia humana	Sin vigilancia humana
Bocas de Incendio Equipadas	4	2

ANÁLISIS

- *Hidrantes exteriores*

Se tendrá en cuenta si existen hidrantes en el exterior del perímetro de los edificios que permitan cubrir cualquier punto de los cerramientos y cubiertas. Al igual que en el caso de los BIE, se considera que una instalación de hidrantes exteriores protege un edificio si se comprueba que el abastecimiento de agua

suministra la presión y caudal necesarios a todos los hidrantes. Los elementos y accesorios de los hidrantes se hallarán en casetas o armarios dispuestos a tal fin (básicamente consisten en llave de maniobra, racores y bifurcaciones de conexión, mangueras y lanzas) y situados fuera del edificio protegido por los hidrantes correspondientes.

Concepto	Puntuación	
	Con vigilancia humana	Sin vigilancia humana
Hidrantes exteriores	4	2

Organización de la protección contra incendios

- *Equipos de intervención en incendios*

Se valora en este apartado la existencia de equipos de primera y segunda intervención (EPI y ESI (brigadas), respectivamente). Para que se considere su puntuación deben cumplirse las siguientes condiciones:

- 1) El personal que integre estos equipos deberá recibir formación teórico-práctica periódicamente y estar nominalmente designado como integrante de dicho grupo.
- 2) Deberán existir en todos los turnos y secciones/departamentos de la empresa.
- 3) Deberá existir material de extinción de incendios y estar adecuadamente diseñado y mantenido.

No se considera en este caso mayor puntuación por existir vigilancia humana.

Concepto	Puntuación
Equipos de Primera Intervención (EPI)	2
Equipos de Segunda Intervención (ESI) Brigadas	4

- *Planes de autoprotección y de emergencia interior*

Se valorará si existe y está implantado el plan de autoprotección o de emergencia interior de la actividad que se trate.

Como referencia general, los requisitos de un plan de autoprotección están contenidos en el «Manual de autoprotección» Ministerio del Interior, O. M. 29 de noviembre de 1984.

Concepto	Puntuación	
	Con vigilancia humana	Sin vigilancia humana
Planes de emergencia	4	2

ANÁLISIS

FORMATO DE CÁLCULO DEL MESERI

EMPRESA: EDIFICIO:

		Coefficiente	Puntos
FACTORES DE CONSTRUCCIÓN	N.º DE PISOS DEL EDIFICIO 1 o 2 3, 4 o 5 6, 7, 8 o 9 10 o más	3 2 1 0	
	ALTURA DEL EDIFICIO (m) < 6 entre 6 y 15 entre 15 y 28 > 28		
	SUPERFICIE DEL MAYOR SECTOR DE INCENDIO (m²) < 500 501 a 1.500 1.501 a 2.500 2.501 a 3.500 3.501 a 4.500 > 4.500	5 4 3 2 1 0	
	RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Alta (hormigón, obra) Media (metalica protegida, madera gruesa) Baja (metalica sin proteger, madera fina)	10 5 0	
FALSOS TECHOS Sin falsos techos Con falso techo incombustible (MO) Con falso techo combustible (MM)	5 3 0		
FACTORES DE SITUACIÓN	DISTANCIA DE LOS BOMBEROS < 5 km entre 5 y 10 km entre 10 y 15 km entre 15 y 20 km más de 20 km	10 8 6 2 0	
	TIEMPO DE LLEGADA < 5 min entre 5 y 10 min entre 10 y 15 min entre 15 y 25 min > 25 min		
FACTORES DE PROCESO/ACTIVIDAD	ACCESIBILIDAD DEL EDIFICIO Buena Media Mala Muy mala	5 3 1 0	
	PELIGRO DE ACTIVACIÓN (FUENTES DE IGNICIÓN) Bajo Medio Alto	10 5 0	
	CARGA TÉRMICA Baja (< 1.000 MJ/m²) Moderada (entre 1.000 y 2.000 MJ/m²) Alta (entre 2.000 y 5.000 MJ/m²) Muy alta (> 5.000 MJ/m²)	10 5 2 0	
	INFLAMABILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES Baja Medio Alto	5 3 0	
	ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO Alto Medio Bajo	10 5 0	
	ALMACENAMIENTO EN ALTURA Menor de 2 m Entre 2 y 6 m Superior a 6 m	3 2 0	
	FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE VALORES Menos de 100.000 ptas./m³-600 euros/m³ Entre 100.000 y 250.000 ptas./m³-Entre 600 y 1.500 euros/m³ Superior a 250.000 ptas./m³-1.500 euros/m³	3 2 0	

ANÁLISIS

		Coefficiente	Puntos
FACTORES DE DESTRUCTIBILIDAD	POR CALOR Baja Media Alta	10 5 0	
	POR HUMO Baja Media Alta	10 5 0	
	POR CORROSIÓN Baja Media Alta	10 5 0	
	POR AGUA Baja Media Alta	10 5 0	
FACTORES DE PROPAGACIÓN	VERTICAL Baja Media Alta	5 3 0	
	HORIZONTAL Baja Media Alta	5 3 0	

SUBTOTAL X:

FACTORES DE PROTECCIÓN	INSTALACIONES Y EQUIPOS DE P.C.J.	VIGILANCIA HUMANA				Puntos
		SIN		CON		
	DETECCIÓN AUTOMÁTICA	Sin CRA 0	Con CRA 2	Sin CRA 3	Con CRA 4	
	ROCIADORES AUTOMÁTICOS	Sin CRA 5	Con CRA 6	Sin CRA 7	Con CRA 8	
	EXTINTORES PORTÁTILES	1		2		
	BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE)	2		2		
	HIDRANTES EXTERIORES	2		4		
	ORGANIZACIÓN					Puntos
	EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN (EP)	2		2		
	EQUIPOS DE SEGUNDA INTERVENCIÓN (ES)	4		4		
	PLAN DE AUTOPROTECCIÓN Y EMERGENCIA	2		4		

CRA: Central Receptor de Alarmas.

SUBTOTAL Y:

VALOR DE RIESGO, P. = $\frac{5}{129} X + \frac{5}{30} Y$.

VALOR DE RIESGO, P.	CALIFICACIÓN DEL RIESGO
Inferior a 3	Muy malo
3 a 5	Malo
5 a 8	Buena
Superior a 8	Muy buena

Método de Gustav Purtscheller

Año: 1984



NTP 100: Evaluación del riesgo de incendio. Método de Gustav Purt

Risks evaluations in case of fire. Gustav Purt Method
Evaluation du danger d'incendie. Methode de Gustav Purt

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

José Luis Villanueva Muñoz
Ingeniero Industrial

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

La evaluación de los riesgos de forma objetiva es uno de los pilares de las técnicas de prevención. El método de evaluación del riesgo de incendio que se presenta es uno de los más utilizados entre los especialistas en el tema para la evaluación de riesgos medianos (no es aplicable a la industria petroquímica).

Introducción

Este método de evaluación fue presentado por el Dr. Gustav Purt en el sexto Seminario Internacional de Detección Automática de Incendios del IENT.

La presente NTP es un extracto del texto completo referenciado en la bibliografía (1).

Este método puede considerarse una derivación simplificada del método de Max Gretener (2), y para el cálculo de sus coeficientes es recomendable disponer de las tablas del citado método que se encuentran traducidas al castellano en la Ordenanza de Prevención de Incendios del Ayuntamiento de Zaragoza (3); así mismo es recomendable disponer del Catálogo CEA, traducido por Cepreven (4).

Definición y objetivo

Toda medida de protección contra incendio tiene por objeto reducir el peligro de incendio en un objeto determinado. Prescripciones legales de diversa índole, relativas a la construcción y proyecto de edificios, materiales de construcción, instalaciones eléctricas y de calefacción, talleres, etc., tienden a dicho fin. Se trata esencialmente de medidas preventivas que tienen como finalidad los puntos siguientes:

- Primero, conseguir que la probabilidad de que se declare un incendio sea muy pequeña.
- Segundo, en el caso de que el incendio se produzca, el fuego no se debe poder extender rápida y libremente, es decir solamente deberá causar el menor daño posible.

Cuando se origina un incendio, el tiempo necesario para dominarlo eficazmente comprende dos fases:

- El tiempo necesario para descubrir el incendio y transmitir la alarma.
- El tiempo necesario para que entren en acción los medios de extinción.

Estas dos fases, así como la eficacia de los servicios públicos de extinción (efectivos, material, formación) constituyen lo que se llama tiempo necesario para iniciar la extinción y evidentemente es necesario tenerlo en cuenta para la evaluación del riesgo. Se disminuirá cualquier determinado riesgo de incendio, no solamente mejorando las medidas de prevención sino también y muy especialmente, por medidas complementarias tales como la reducción del tiempo necesario para iniciar la extinción. Esta es la finalidad de las instalaciones automáticas de protección contra incendio (instalaciones de detección y de extinción de incendios).

La decisión relativa a las medidas adecuadas de protección contra incendios es frecuentemente muy difícil de tomar. Por una parte, se trata de determinar si es necesario y económicamente soportable, reducir el riesgo de incendio con medidas que afecten a la construcción o a la explotación (por ejemplo, construcción de muros corta fuego, adopción de determinado sistema de almacenaje). Por otra parte se debe juzgar si es necesario establecer una instalación automática de protección contra incendio (detección-extinción). En determinados casos puede imponerse una mejora de efectivos de intervención (por ejemplo la organización de un cuerpo de bomberos de empresa).

La finalidad de una evaluación sistemática del riesgo de incendio consiste en obtener magnitudes numéricas que permitan decidir razonablemente, en función de todos estos factores.

Fundamento del cálculo del riesgo de incendio

La acción destructora del fuego se desarrolla en dos ámbitos distintos:

Los edificios y su contenido

El **riesgo del edificio** estriba en la posibilidad de que se produzca un daño importante: la destrucción del inmueble. Depende esencialmente, de la acción opuesta de dos factores:

- La intensidad y duración del incendio.
- La resistencia de la construcción.

El **riesgo del contenido** está constituido por el daño a las personas y a los bienes materiales que se encuentran en el interior del edificio.

Los dos riesgos están hasta tal punto unidos el uno al otro que, por una parte, la destrucción del edificio lleva consigo también, generalmente, la destrucción de su contenido mientras que, inversamente, la carga térmica liberada por su contenido representa, muy frecuentemente, el principal peligro para el edificio. De todos modos, estos dos riesgos pueden existir también independientemente uno del otro. Así un gran riesgo para el edificio puede no representar más que un riesgo insignificante para el contenido, pudiendo ocurrir también que el contenido sufra un perjuicio muy importante antes de que se produzca un daño apreciable en el edificio.

De ello resulta que el riesgo total no puede representarse por un sólo valor numérico. Un estudio utilizable prácticamente requiere por lo menos dos sumandos distintos, a saber, la componente del riesgo del edificio y la del riesgo del contenido. El razonamiento siguiente nos muestra claramente que tal distinción es indispensable: efectivamente, la finalidad del sistema consiste en deducir, de la evaluación del riesgo, las medidas de protección contra incendios, necesarias en cada caso. Si, por ejemplo, el riesgo del edificio predomina, las medidas adecuadas son diferentes de las que hay que tomar cuando el riesgo del contenido es mayor.

En el primer caso, se puede tolerar cierto margen al incendio; pues lo importante, sobre todo, es que no se supere un límite determinado. Si la posibilidad de intervención humana no está en condiciones de garantizarlo, el inmueble está en peligro por lo que se impone la adopción de una instalación de "sprinklers". Si se trata por el contrario de conseguir la evacuación de las personas en un tiempo determinado o de la conservación de instalaciones de valor muy elevado, de bienes preciosos o irremplazables, el objetivo no puede ser alcanzado, por regla general, más que con una instalación de predetección. Pero semejante diferenciación solamente es posible si representamos el riesgo total por la suma de dos componentes. Esto se obtiene de una manera práctica, con la ayuda de un gráfico sobre el cual se llevan los dos valores como abscisas y ordenadas respectivamente. A cada combinación de riesgo para el edificio, GR y para el contenido IR, corresponde así un punto preciso en el gráfico. Este diagrama comprende zonas correspondientes a las diferentes medidas de protección. Estas zonas determinan si el riesgo es tolerable o si son necesarias instalaciones automáticas de extinción o de predetección, o incluso las dos conjuntamente.

Si el edificio comprende varias zonas o sectores corta fuegos que se diferencian claramente unos de otros, es necesario que el cálculo de GR y de IR se realice separadamente para cada zona. Se puede llegar así a medidas de protección diferentes para cada una de las zonas corta fuegos. Si no es posible llegar a una normalización, por ejemplo a consecuencia de un cambio en la concepción, se deberá considerar la combinación de varios tipos de instalaciones de protección contra incendio para un mismo edificio. Este será muy frecuentemente el caso para edificios de grandes dimensiones.

Cálculo del riesgo del edificio GR

Aumentan el peligro en relación con el riesgo del edificio los siguientes factores principales:

La carga térmica (Q) y la combustibilidad (C). La carga térmica se compone de la carga térmica del contenido (Q_{in}) y la carga calorífica del inmueble (Q).

La situación desfavorable y gran extensión del sector corta fuegos (B) considerado.

Largo período de tiempo para iniciar la actuación de los bomberos y eficacia de intervención insuficiente comprendidos en el coeficiente de tiempo necesario para iniciar la extinción (L).

Por el contrario favorecen la disminución del riesgo:

Una gran resistencia al fuego de la estructura portante de la construcción (W).

Numerosos factores de influencia secundaria (por ejemplo focos de ignición, almacenaje favorable que hay que tener en cuenta como factores de reducción del riesgo (R_r)).

De acuerdo con los factores mencionados anteriormente, se puede calcular el riesgo del edificio de la manera siguiente:

$$OR = \frac{(Q_m) \cdot C + Q_i}{W \cdot R_i} \cdot B \cdot L$$

Q_m = Coeficiente de carga calorífica.

C = Coeficiente de combustibilidad.

Q_i = Valor adicional correspondiente a la carga calorífica del inmueble.

B = Coeficiente correspondiente a la situación e importancia del sector corta fuegos.

L = Coeficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción.

W = Factor correspondiente a la resistencia al fuego de la estructura portante de la construcción.

R_i = Coeficiente de reducción del riesgo.

Explicación y apreciación de los diferentes coeficientes

Q_m = Coeficiente de carga calorífica del contenido. La carga calorífica o carga térmica se mide en Mcal/m². De la tabla 1 puede obtenerse el coeficiente correspondiente.

Escala	Mcal/m ²	Q _m
1	0 – 60	1,0
2	61 – 120	1,2
3	121 – 240	1,4
4	241 – 480	1,6
5	481 – 960	2,0
6	961 – 1.920	2,4
7	1.921 – 3.840	2,8
8	3.841 – 7.680	3,4
9	7.681 – 15.360	3,9
10	>15.361	4,0

Valor numérico del coeficiente Q_m de la carga calorífica del contenido

C = Coeficiente de combustibilidad. Desde el punto de vista técnico de la protección contra incendio, se toma como base, para la determinación del coeficiente de combustibilidad, la clasificación de materiales y mercancías, establecida de acuerdo con la lista publicada por el Servicio de Prevención de Incendio (SPI) y el CEA (4). De la tabla 2 puede obtenerse el coeficiente correspondiente.

Escala	Clase de riesgo del material	C
1	Fe VI (peligro mínimo)	1,0
1	Fe V	1,0
1	Fe IV	1,0
2	Fe III	1,2
3	Fe II	1,4
4	Fe I (peligro máximo)	1,6

Valores establecidos para el coeficiente de combustibilidad C

Porcentaje del material de mayor combustibilidad con respecto al peso total	Repercusión sobre la clase de peligro
Hasta 10%	La clase de peligro del material de mayor representación es determinante.
10 al 25%	Se aumenta 1 grado la clase de peligro del material de más fuerte representación.
25 al 50%	Es determinante la clase de peligro del material de menor representación.

Q_i = Valor suplementario para la carga calorífica del inmueble. No se tendrán en cuenta los revestimientos interiores. Su valor puede obtenerse en la práctica de las tablas de M. Gretener (2). El coeficiente correspondiente se toma don arreglo a la tabla 3.

Escala	Mcal/m ²	Q _i
1	0 - 80	0
2	84 - 180	0.2
3	184 - 280	0.4
4	284 - 400	0.6

Valores del coeficiente Q_i para la carga calorífica del inmueble

B = Coeficiente correspondiente a la situación y superficie del sector corta fuego. Tiene en cuenta el incremento del riesgo resultante, por una parte, de la dificultad de acceso del equipo de intervención (sótano, planta superior) y por otra la posibilidad de propagación del incendio a todo el sector. Su valor puede obtenerse en la tabla 4.

Escala	El objeto presenta las características siguientes:	B
1	- superficie del sector corta fuego inferior a 1500 m ² . - o como máximo tres plantas - o altura del techo 10 metros como máximo	1.0
2	- superficie del sector corta fuego comprendida entre 1500 y 3000 m ² . - o de 4 a 8 plantas - o altura de techo comprendida entre 10 y 25 m - o situado en el primer sótano	1.3
3	- superficie del sector corta fuego comprendida entre 3000 y 10000 m ² . - o más de 8 plantas - o altura del techo superior a 25 m - o situado en el segundo sótano o más bajo	1.6
4	- superficie del sector corta fuego superior a 10000 m ²	2.0

Valores del coeficiente B correspondiente a la influencia del sector corta fuego

L = Coeficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción. Comprende el tiempo necesario para la entrada en acción de los bomberos y la medida en que su intervención será más o menos eficaz. Puede obtenerse de la tabla 5.

Escala de calificación	Tiempo de intervención Distancia en línea recta	Distancia (K.m)			
		10' (1K.m)	10'-20' (1-6K.m)	20'-30' (6-11K.m)	30' (11K.m)
1	Bomberos profesionales, Bomberos de empresa.	1.0	1.1	1.3	1.5
2	Puesto de policía Bomberos de empresa dispuestos a intervenir siempre.	1.1	1.2	1.4	1.6
3	Puesto de intervención de bomberos.	1.2	1.3	1.6	1.8
4	Cuerpo local de bomberos sin retén Escala de intervención	1.4	1.7	1.8	2.0
		(a)	(b)	(c)	(d)

Valores del coeficiente L correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción

* Los cuerpos de bomberos en España pueden catalogarse por comparación. Utilizar las definiciones incluidas en el Anexo 4 del Método de M. Gretener (2).

W = Coeficiente de resistencia al fuego de la construcción. Tiene en cuenta la disminución del riesgo del edificio, cuando éste presenta una estabilidad adecuada en caso de incendio. La tabla 6 indica los valores de W correspondientes a los diferentes grados de resistencia al fuego.

Escafa	Clase de resistencia al fuego	W	Correspondiente a una carga calorífica de (aproximadamente) Mcal/m ²
1	F-30	1.0	-
2	F 30	1.3	148
3	F 60	1.5	240
4	F 90	1.6	320
5	F 120	1.8	450
6	F 180	1.9	620
7	F 240	2.0	720

Valores de W correspondientes al grado de resistencia al fuego

La tabla térmica será cuando menos el valor correspondiente al de la columna de la derecha.

R_i = Coeficiente de reducción del riesgo. Coincide conceptualmente con el riesgo de activación incluido en el método del riesgo intrínseco (Ver NTP 36 y NTP 37). Su valor se tomará en base a la tabla 7.

Escafa	Apreciación	R_i	Datos
1	Mayor que normal	1.0	Inflamabilidad facilitada por almacenaje extremadamente abierto o poco compacto de las materias combustibles. Combustión previsible generalmente rápida. Número de focos de ignición peligrosos mayor que normal.
2	Normal	1.3	Inflamabilidad normal debida a almacenaje medianamente abierto y poco compacto de las materias combustibles. Combustión previsible normal. Focos de ignición habituales.
3	Menor que normal	1.5	Inflamación reducida por almacenaje de una parte (25 a 50%) de la materia combustible en recipientes incombustibles o muy difícilmente combustibles. Almacenaje muy denso de los materiales combustibles. Desarrollo muy rápido de un incendio poco probable. En principio al edificio es de una sola planta de superficie inferior a 3000 m ² . Condiciones muy favorables de evacuación del calor.
4	Muy pequeño	2.0	Muy débil probabilidad de ignición debido al almacenaje de las materias combustibles en recipientes cerrados, de chapa de acero o de un material equivalente por su resistencia al fuego y almacenaje muy denso (libros). En principio, probabilidad de combustión lenta (fuegos latentes).

Valores del coeficiente de reducción R_i

Cálculo del riesgo del contenido IR

Como hemos indicado, el riesgo del contenido puede considerarse como una cuestión prácticamente independiente del riesgo del edificio, en cuanto a la elección de medidas de protección complementarias. Su cálculo es mucho más sencillo que el del riesgo del edificio y está condicionado esencialmente por las consideraciones siguientes:

En caso de incendio, ¿hasta qué punto existe un peligro inmediato para las personas que se encuentran eventualmente en el edificio?

O en el mismo caso, ¿hasta qué punto existe un peligro inmediato para los bienes, bien porque presenten un gran valor, o porque sean irremplazables o particularmente sensibles a los productos de extinción?

Y también, ¿en qué medida el humo incrementa, todavía más, el peligro para las personas y los bienes?

El estudio de estos tres factores de influencia nos da la siguiente fórmula:

$$I R = H \cdot D \cdot F. \text{ (fórmula 2)}$$

H = Coeficiente de daño a las personas.

D = Coeficiente de peligro para los bienes.

F = Coeficiente de influencia del humo.

Cálculo de los diferentes factores

Teniendo en cuenta que no hemos establecido ninguna relación directa con el riesgo del edificio, no es necesario establecer una relación directa entre los factores precitados y GR. Por el contrario, los tres valores H, D, F, deben presentar entre ellos una relación lógica. Para el peligro para las personas se ha escogido un margen comprendido entre 1 y 3 y para el humo entre 1 y 2.

H = Coeficiente de peligro para las personas. Para determinación son importantes los siguientes puntos:

¿Hay normalmente personas en el edificio?

¿Cuántas y por cuánto tiempo?

¿Están familiarizadas con las salidas de socorro?

¿Pueden salvarse por sí solas en caso de incendio?

¿Cómo son las salidas de socorro?

Es evidente que los hospitales, las residencias de ancianos y las casas de maternidad representan un peligro particularmente elevado para las personas. También los hoteles, especialmente los de construcción muy antigua, pueden presentar un peligro acrecentado. Este peligro es frecuentemente, todavía mayor debido a que la señalización es insuficiente. La tabla 8 muestra los valores numéricos atribuidos.

Escala	Grado de peligro	H
1	No hay peligro para las personas.	1
2	Hay peligro para las personas, pero éstas no están imposibilitadas para moverse (pueden eventualmente salvarse por sí solas).	2
3	Las personas en peligro están imposibilitadas (evacuación difícil por sus propios medios).	3

Valores del coeficiente H del peligro para las personas

D = Factor de peligro para los bienes. Hay que tener en cuenta; por una parte, la concentración de bienes y la posibilidad de reemplazarlos (bienes culturales, pérdidas que constituyen una amenaza para la existencia de la empresa, etc.) y por otra, su destructibilidad. La tabla 9 indica la clasificación.

Escala	Grado de peligro	D
1	El contenido del edificio no representa un valor considerable o es poco susceptible de ser destruido (por sectores corta-fuego).	1
2	El contenido del edificio representa un valor superior a Fr. 5 250.000/m ² o bien un valor total superior a 2.000.000 en el interior del sector corta fuego y es susceptible de ser destruido.	2
3	La destrucción de los bienes es definitiva y su pérdida irreparable (bienes culturales); es decir, los valores destruidos no pueden ser reparados de manera rentable, o bien representan una pérdida que constituye una amenaza para la existencia de la empresa.	3

Valores del coeficiente D correspondiente a la destructibilidad

F = Factor correspondiente a la acción del humo. Comprende el efecto agravante del humo para las personas y los bienes. Por una parte el humo es tóxico y por consiguiente, directamente nocivo para las personas. Por otra parte los bienes pueden resultar inutilizados sin estar en contacto con el fuego, sino simplemente por efecto del humo o de los productos corrosivos resultantes de la combustión. El humo puede también provocar el pánico y por consiguiente, un peligro indirecto para las personas. Además dificulta el trabajo de las fuerzas de extinción, lo que en principio acrecienta también el peligro para el edificio. Pero es incuestionable que el peligro directo a las personas y a los bienes es el más importante. La evaluación de la posibilidad de que los diferentes materiales puedan producir humo (fu), productos tóxicos (Tx) o fuerte corrosión (Co) durante su combustión puede obtenerse del SPI (CEA) (Ver bibliografía) desde el punto de vista de la protección contra incendio. La tabla 10 muestra la clasificación.

Escala	Datos	F
1	Sin peligro particular de humos o corrosión.	1,0
2	Más de 20% del peso total de todos los materiales combustibles son materiales que desprenden mucho humo o productos de combustión tóxicos, o bien edificios o zonas corta fuego sin ventanas.	1,5
3	Más del 50% del peso total de los materiales combustibles son materias que desprenden mucho humo o productos de combustión tóxicos, o más del 20% del peso total de todos los materiales combustibles son productos que desprenden gases de combustión corrosivos.	2,0

Valores numéricos del factor F para el humo

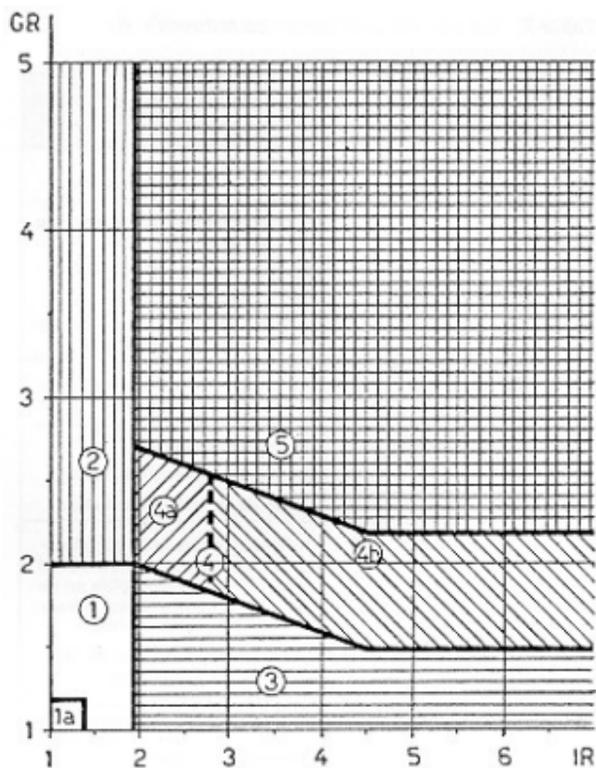
Diagrama de medidas

Después de haber calculado los valores de GR y de IR, se llevan como ordenadas y abscisas, respectivamente, al diagrama de medidas. A cada combinación de GR y IR corresponde un punto en una zona determinada del diagrama de medidas que reproducimos.

La orientación suministrada por el diagrama de medidas, no es más que una primera etapa. Será necesario examinar después, si los datos prácticos obtenidos permiten considerar de manera válida la instalación de un sistema de protección contra incendio o si por el contrario, se impone una mejora de las medidas de prevención. Además el diagrama de medidas indica simplemente, por ejemplo: "instalación automática de extinción" o "Predetección". Pero sin precisar el sistema más adecuado en cada caso.

Si se trata de un sistema automático de extinción hay que determinar cuál es el que debe emplearse: Instalación de "sprinklers" (húmeda o seca), instalación de inundación total o bien instalación de extinción por CO₂. En determinados casos será necesario considerar también los más recientes procedimientos de extinción tales como espuma, polvo seco o compuestos halogenados.

En cuanto a las instalaciones de predetección la elección del sistema es también muy importante. Existe en efecto una gran variedad de detectores, entre otros por ejemplo, los de ionización, los de llama, detectores ópticos de humos (absorción y luz difusa). Junto a su comportamiento ante los fenómenos que acompañan al fuego, es necesario examinar las posibilidades eventuales de falsas alarmas



- 1) Una instalación automática de protección contra incendio no es estrictamente necesaria, pero si recomendable. En el sector 1a, el riesgo es todavía menor, en general, son superfluas las medidas especiales. 2) Instalación automática de extinción necesaria; instalación de predetección no apropiada al riesgo. 3) Instalación de predetección necesaria; instalación automática de extinción ("sprinklers") no apropiada al riesgo. 4) Doble protección (por instalación de predetección y extinción automática) recomendable si, se renuncia a la doble protección, tener en cuenta la posición límite:
- 4a) Instalación de extinción.
 4b) Instalación de predetección.
- 5) Doble protección por instalaciones de predetección y de extinción automática necesarias.